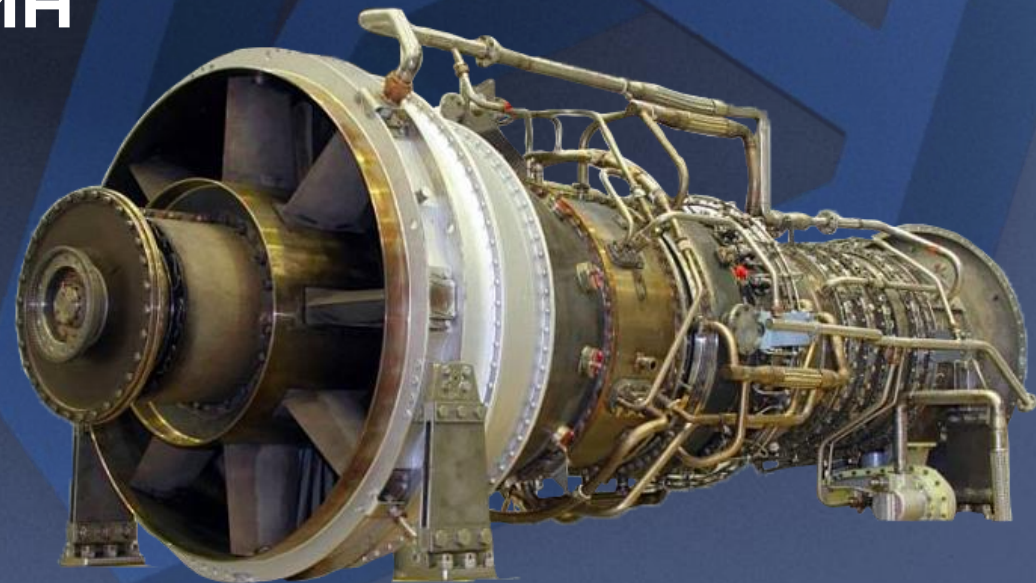


Опыт применения предиктивной аналитики для повышения надежности энергетических и промышленных газовых турбин

Гаврилов И.Ю.
к.т.н., тех. руководитель проектов ООО «Сайберфизикс»



СYBERSTUDIO



Платформа для предиктивной аналитики оборудования и оптимизации технологических процессов

Решаемые проблемы



Аварии
и неисправности
на предприятии



Неоптимальные
режимы работы
оборудования



Низкая прозрачность
тех. состояния
оборудования

Для кого



Машиностроительные
предприятия



Предприятия непрерывного цикла:
нефтегаз, химия, металлургия, энергетика

Суть решения

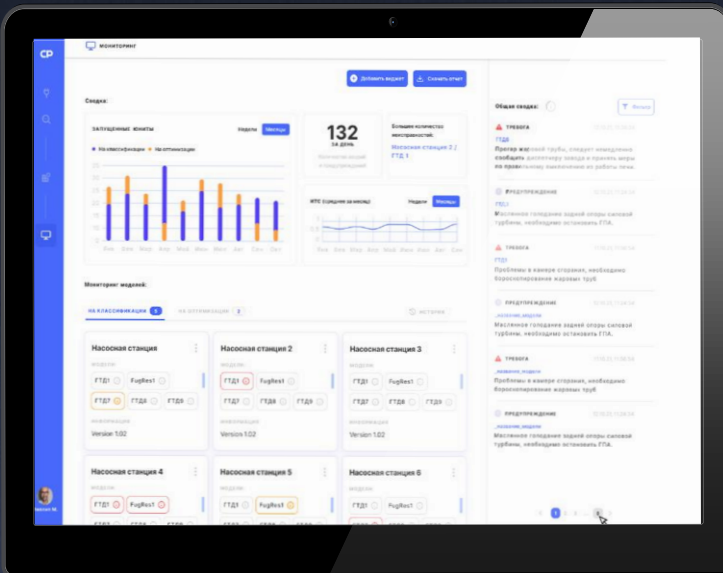
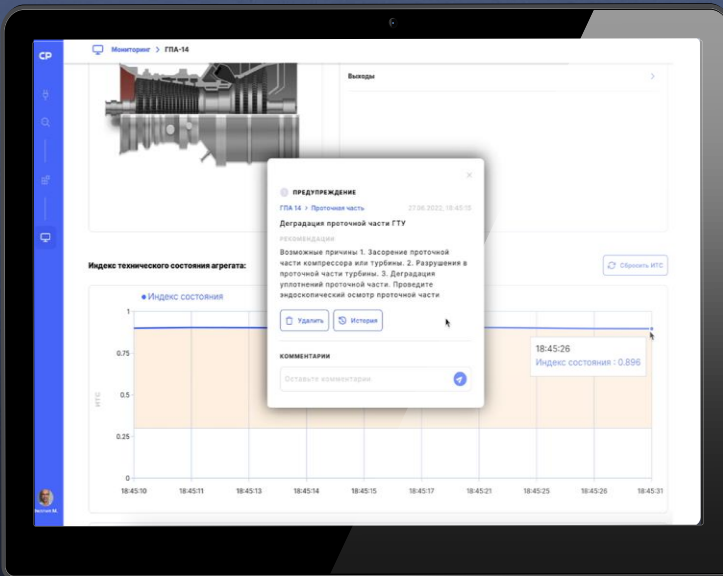


Построение и использование цифровых моделей с применением прикладного ИИ для оборудования



Переход к управлению производством на основе цифровых моделей

Наши клиенты



ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ CYBERSTUDIO

1 ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА

Раннее диагностирование
развивающихся дефектов
и аномалий

Анализ и прогноз
технического состояния

Снижение затрат
на ремонты оборудования

2 ОПТИМИЗАЦИЯ

Быстрая разработка
цифровых двойников
технологических процессов

Контроль выхода технологического
процесса за допустимый регламент

Локализация узких мест производственных
процессов с последующими рекомендациями на улучшение



cyberphysics



Снижение финансовых
затрат на **цифровую**
трансформацию компании



Увеличение скорости
внедрения за счет **библиотеки**
преднастроенных моделей



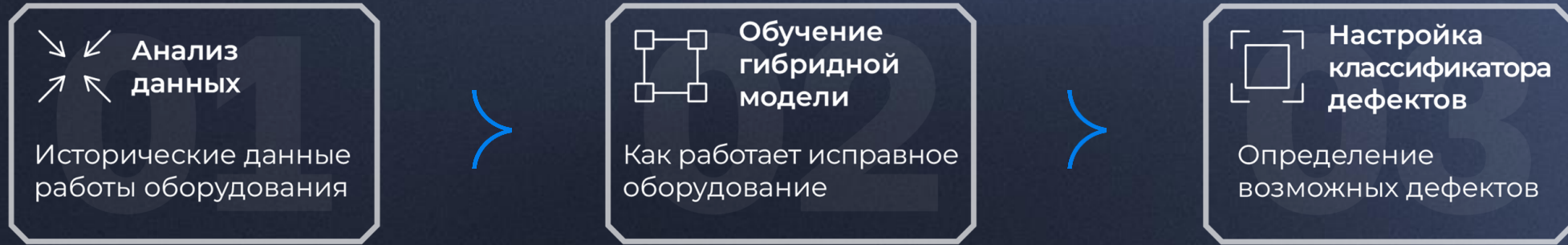
Повышение эффективности
производственного процесса
за счет рекомендаций



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ CYBERSTUDIO



ПРИНЦИП РАБОТЫ ПО CYBERSTUDIO



Детектирование и классификация
типа дефекта



Демонстрация предупреждения
о развитии дефекта



Устранение неполадки
на раннем этапе
без потерь и простоев



Без платформы CYBERSTUDIO
Аварийный останов








Позднее обнаружение дефекта



Развитие до критического состояния и аварийный останов

СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ

СР



Админ

СОЗДАНИЕ СЕКЦИЙ

Добавить секцию

Фильтр

Запустить

Остановить

СЕКЦИЯ	ОБОРУДОВАНИЕ	ИНФОРМАЦИЯ
<input type="checkbox"/> ГПА тест	Нет созданного оборудования	Нет созданных подсистем
<input type="checkbox"/> ГПА 03	ГПА 03	Запущено 1/1 подсистем

Редактировать

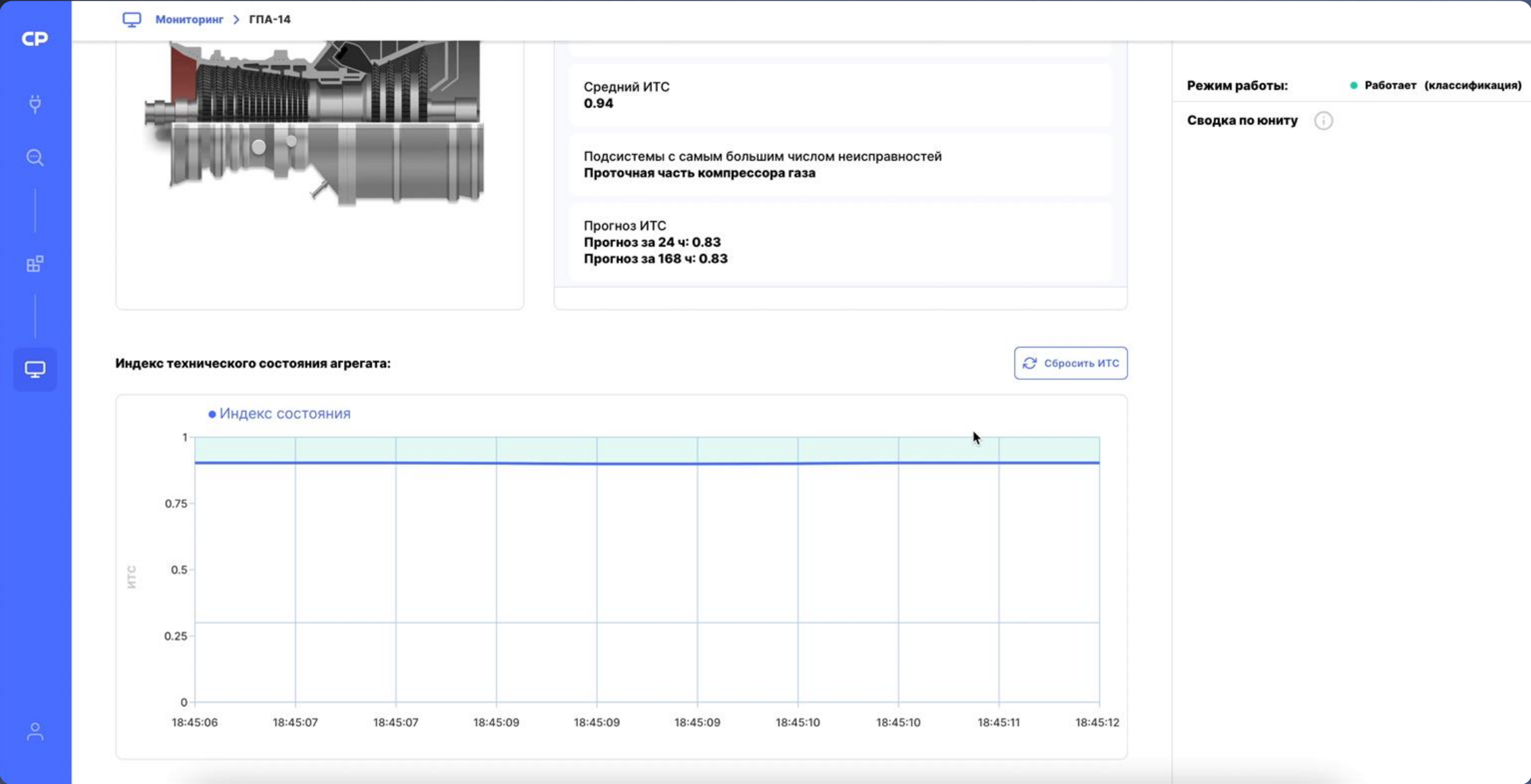
Переименовать

Дублировать

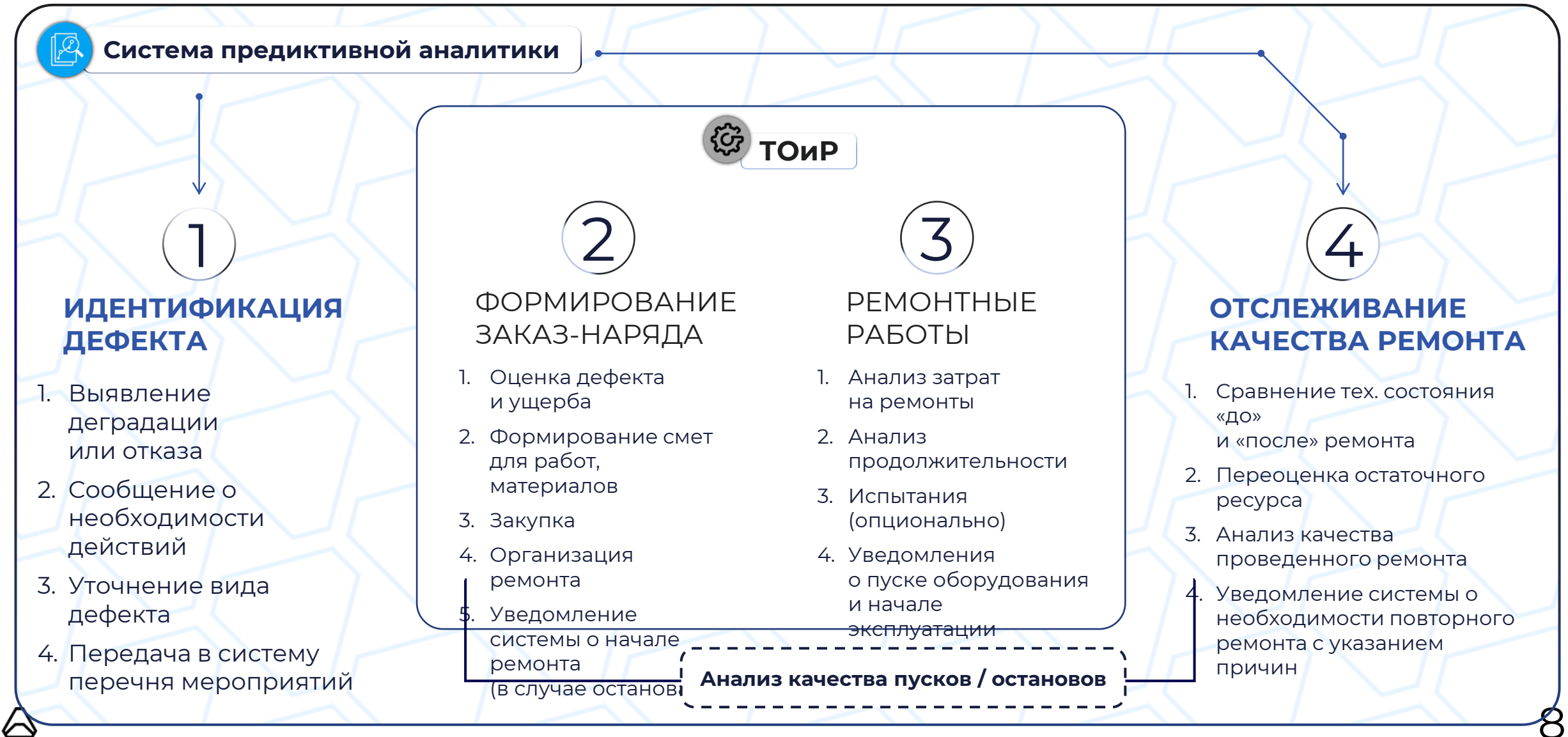
Удалить



МОНИТОРИНГ



СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ: ИНТЕГРАЦИЯ С СИСТЕМАМИ ТОиР



ИМЕЮЩИЕСЯ ТЕХНОЛОГИИ



Аналоги сталкиваются
с **РАЗОБЩЕННОСТЬЮ МОДЕЛЕЙ**



AVEVA



SIEMENS

! **Низкая скорость внедрения**
каждая модель обучается заново

! **Долгое масштабирование**
требуется большее количество
инженеров и их времени
для построения моделей —
дополнительные затраты

! **Плохая обобщенность**
отсутствует передача
информации между единицами

VS

ТЕХНОЛОГИЯ САЙБЕРФИЗИКС



Мы используем **ПРЕДОБУЧЕННЫЕ
МОДЕЛИ** и **ТРАНСФЕРНОЕ ОБУЧЕНИЕ**

Высокая надежность моделей

Нет нужды в частом переобучении

Масштабируемость на новые единицы

Моментально за счет обобщенной модели

Высокий уровень обобщённости

Обмен информации между единицами —
оптимизация работы всего цеха



Трансферное обучение повышает
точность моделей





Примеры кейсов для ТЭЦ

Предиктивная диагностика энергогенерирующего оборудования ТЭЦ

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА



Задачи

- **Раннее диагностирование** дефектов оборудования ТЭЦ
- **Снижение количества** незапланированных остановов для ремонта оборудования
- **Повышение эффективности** работы персонала по ремонту и тех. обслуживанию оборудования
- **Повышение общей эффективности** работы генерирующего и вспомогательного оборудования



Проблемы



Дефекты оборудования



Внеплановые остановки оборудования

Реализация проекта по предиктивной аналитике оборудования ТЭЦ

Самый большой по масштабу проект внедрения системы предиктивной аналитики оборудования в России

Рамки проекта:

- внедрение и апробация ПО на 1 станции
- масштабирование на 11 станций
- масштабирование на весь периметр ТЭЦ Заказчика

РЕШЕНИЕ

Интеграция Сайберфизикс и Цифра



Производственные мощности



Общая установленная мощность электростанций — более 15,7 ГВт



Ежегодная выработка электроэнергии — более 55 млрд кВтч

**Принято решение
о масштабировании**



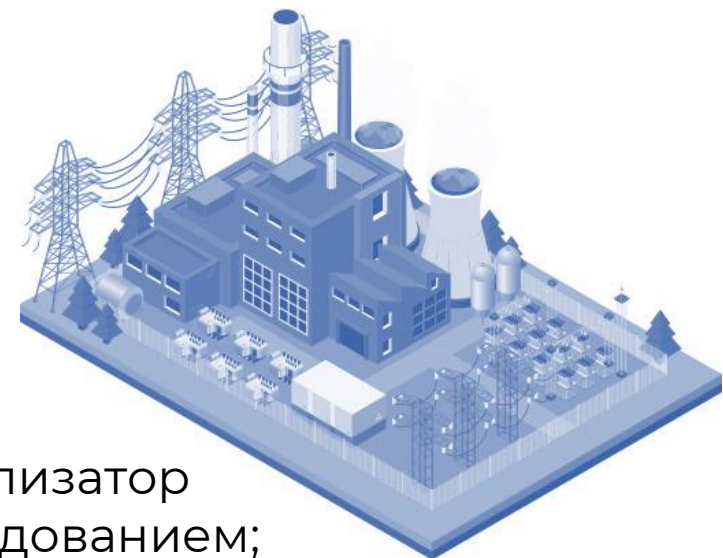
Создание моделей и классификатора дефектов для оборудования ТЭЦ с блоком ПГУ

- Газовая турбина с генератором и вспомогательным оборудованием;

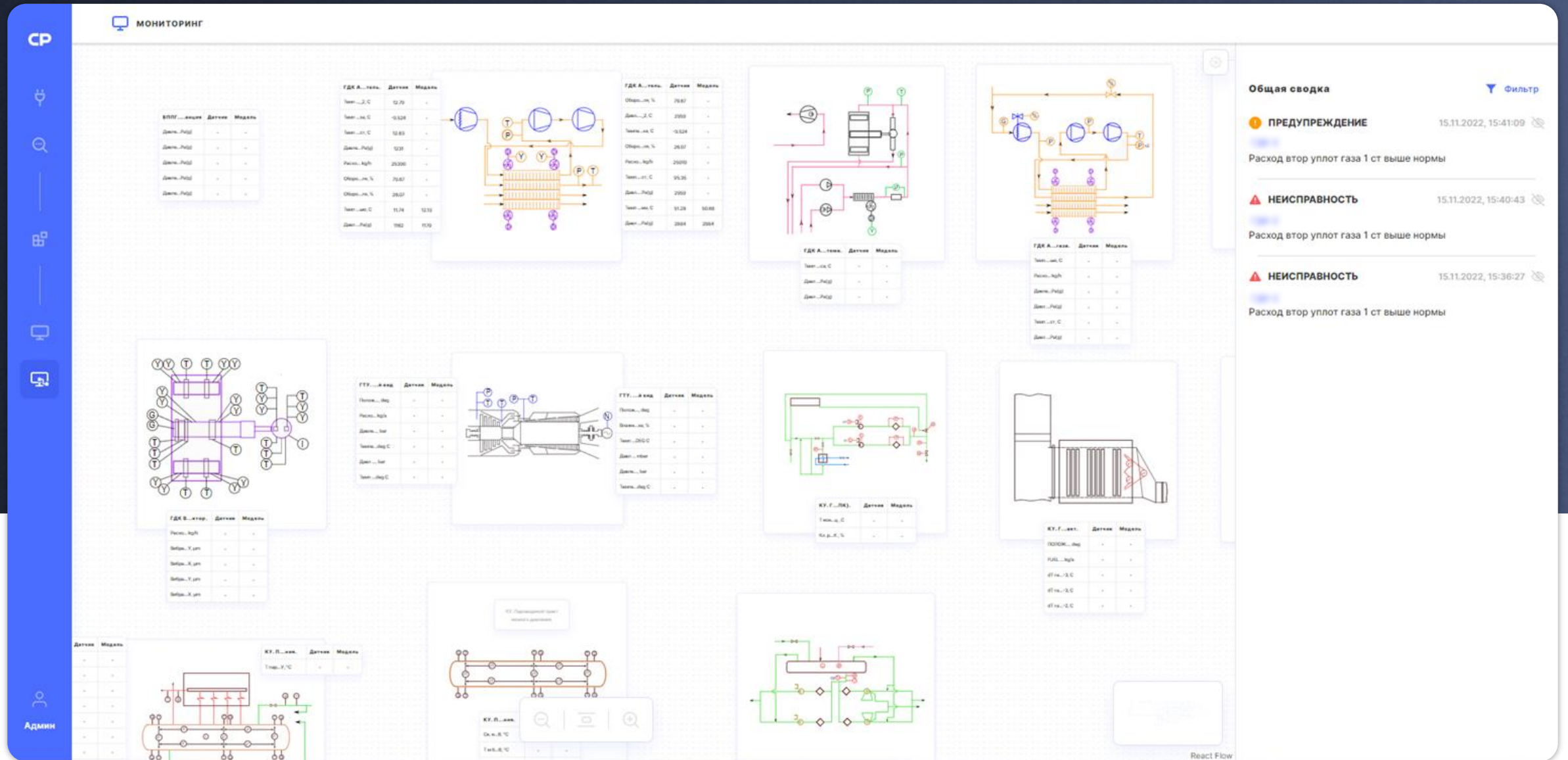
- Двухконтурный котёл-утилизатор с вспомогательным оборудованием;

- Дожимная компрессорная станция из двух трехступенчатых осерадиальных компрессоров;

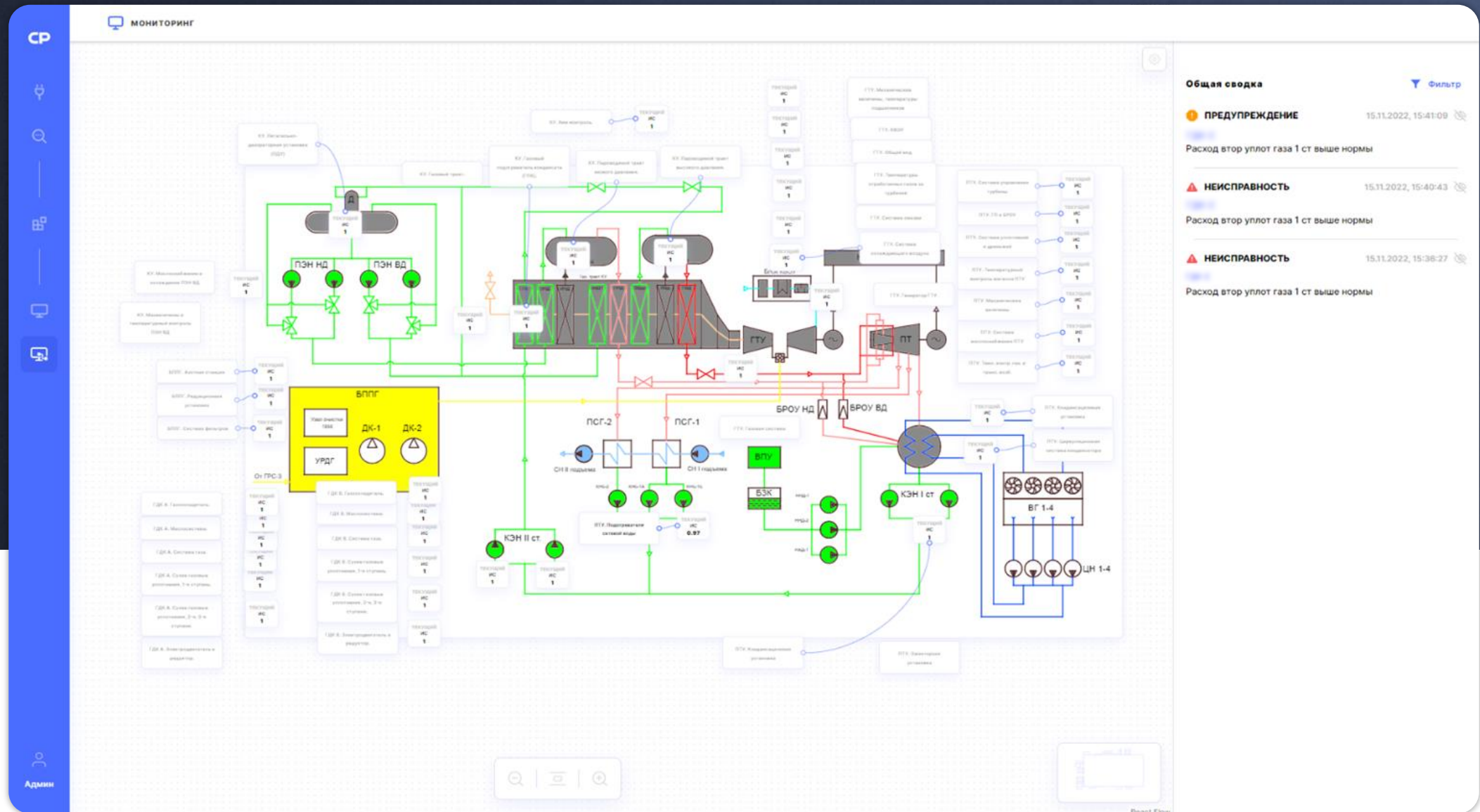
- Паротурбинная установка с вспомогательным оборудованием и генератором



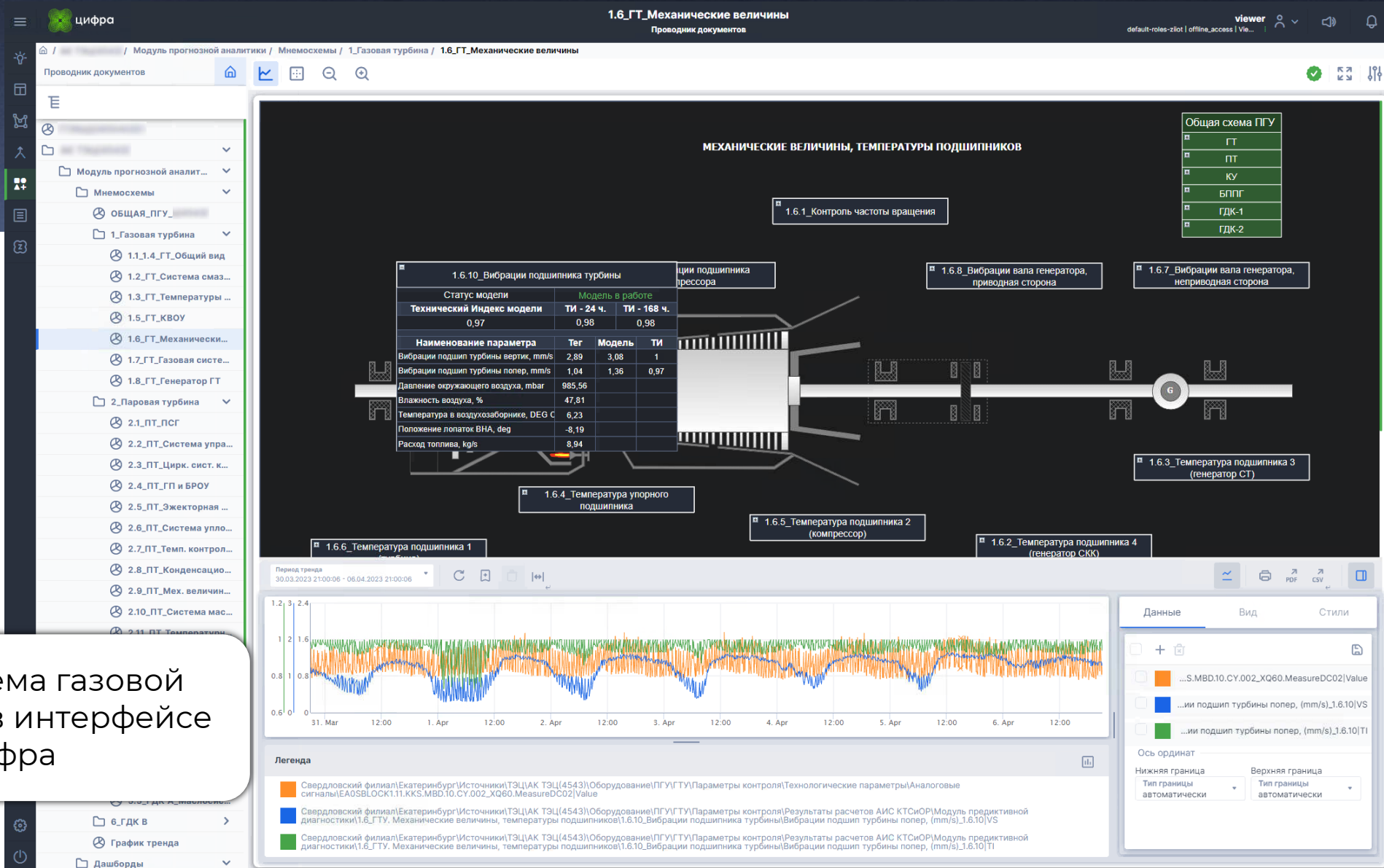
ОБЩАЯ СХЕМА МОДЕЛЕЙ ТЭЦ



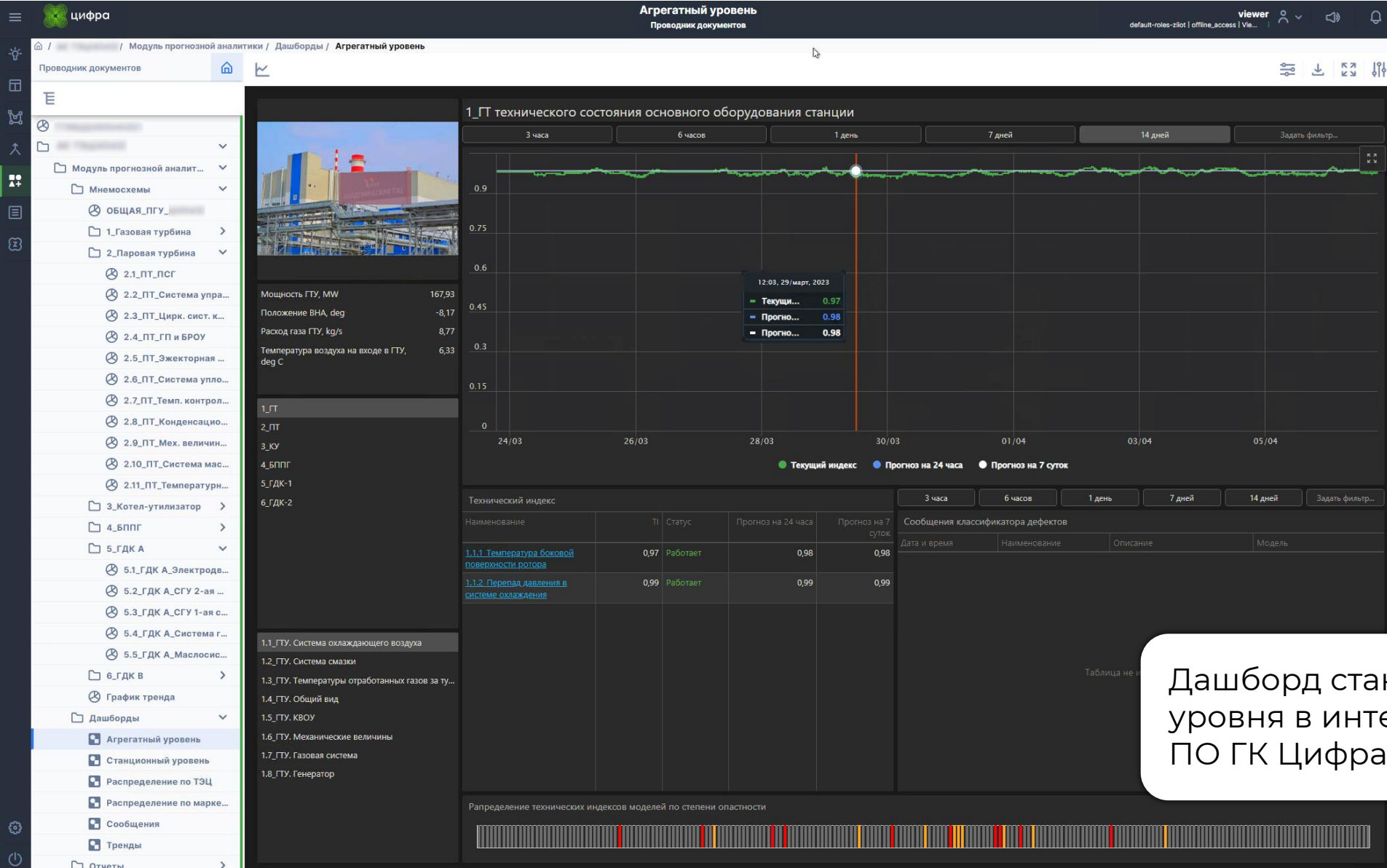
МНЕМОСХЕМА МОДЕЛЕЙ ТЭЦ



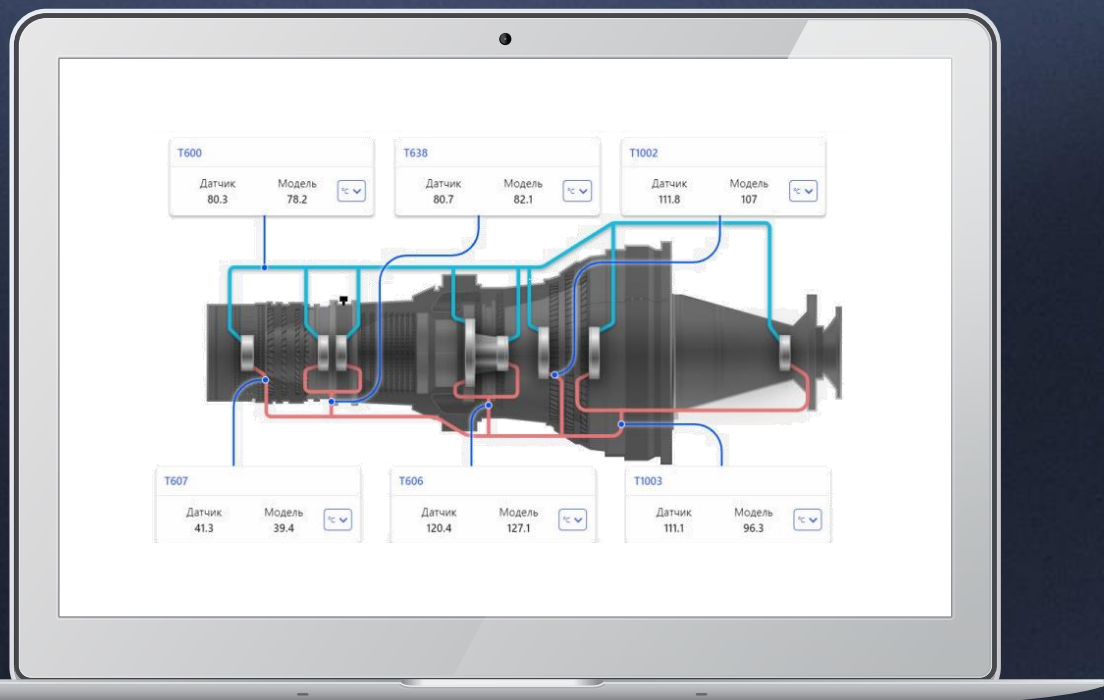
МНЕМОСХЕМА МОДЕЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ



ДАШБОРД



Дашборд станционного уровня в интерфейсе ПО ГК Цифра



Система предиктивной аналитики для Газпромнефть

Предиктивная аналитика технического состояния компрессора и турбины ГТУ и компрессоров газа ГПА для Блока разведки и добычи


КОНТУРЫ ПРОЕКТА ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ


Оборудование



- Турбина и компрессор ГТУ
- Компрессор ГПА

Задачи

 **Создание предиктивных моделей** для оборудования газоперекачивающих агрегатов ГПН

 **Предиктивная аналитика** тех. состояния компрессора и турбины ГТУ и компрессоров газа ГПА для Блока Разведки и Добычи



Решение

Создание моделей с помощью ПО CyberStudio



Контур проекта

Разработка моделей

Физико-математическая модель турбины и компрессора ГТУ
Физико-математическая модель компрессора (КВД 1, КВД 2)
Гибридные модели ГТУ

Разработка трансферных моделей на основе технологии Transfer Learning на платформе CyberStudio (разработка классификатора дефектов)

Интеграция ПО на объекте ПАО «Газпром нефть»

Апробация работы платформы CyberStudio на онлайн данных ПАО «Газпром нефть»

Проведение испытаний платформы CyberStudio с предиктивными моделями турбины и компрессора ГТУ и компрессоров ГПА.

Проведение испытаний на локальных серверах заказчика платформы CyberStudio с предиктивными моделями турбины и компрессора ГТУ и компрессоров ГПА

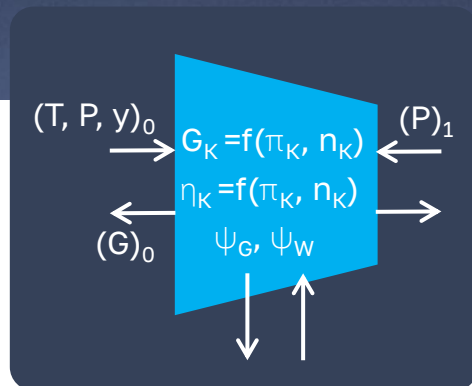
Реализовано

Следующие
шаги

ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ

Краткое описание содержания моделей

Физическая модель



Генерация данных

Обучение суррогатной модели



Мониторинг

Сообщение

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Unit_name > subsystem_name

12.10.21, 11:24:34

Масляное голодание задней опоры силовой турбины

РЕКОМЕНДАЦИИ

Необходимо остановить ГПА. И проверить работоспособность системы подачи масла в заднюю опору силовой турбины

Удалить

История

КОММЕНТАРИИ

Оставьте комментарий...

1

Елена К.

Я думаю стоит уточнить рекомендации у старшего техника



Данные для решения

Показания физико-математической модели

Дообучение на реальных данных



Модели

- Компрессор
- Камера сгорания
- Проточная часть турбины ГТУ
- Поле температур за турбиной
- Вибрации ГТУ
- Перепад давлений на фильтре КВОУ
- Перепад давлений на масляных фильтрах
- Масляный насос
- Температуры подшипников ГТУ
- Фильтр системы подачи топлива

ДЕМОНСТРАЦИЯ КЛАССИФИКАТОРА НА ПРИМЕРЕ 1 МОДЕЛИ

График невязки по параметру

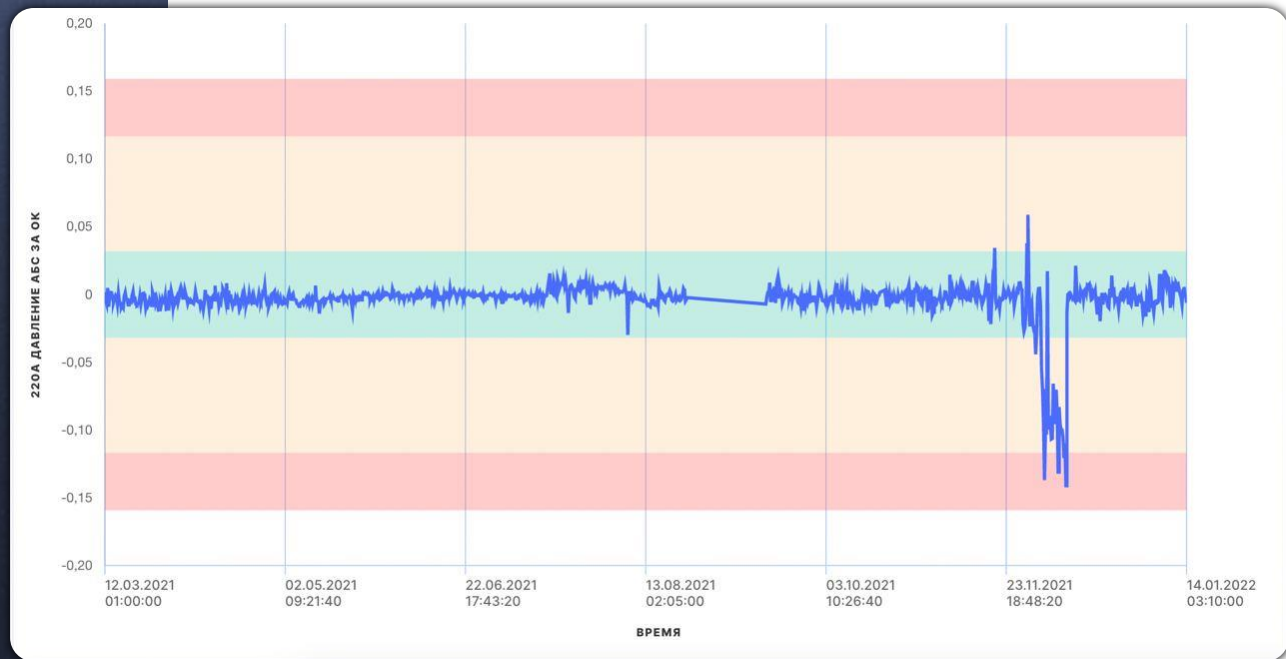
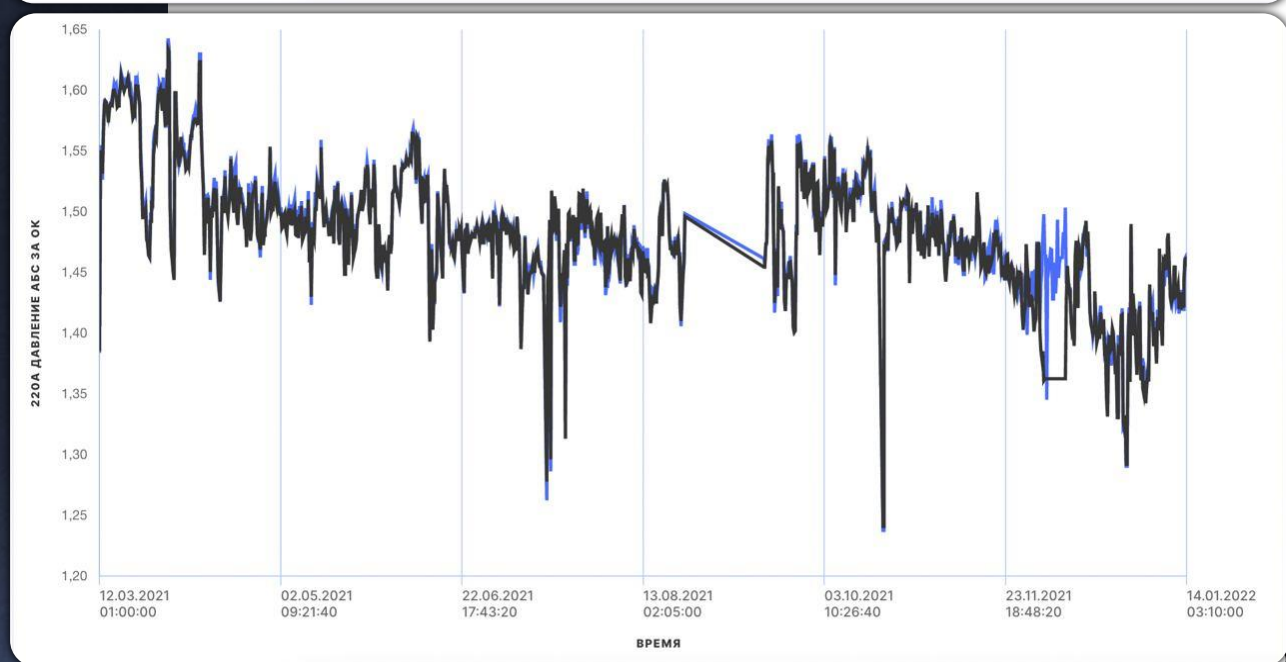


График датчик/модель



Модель: КОМПРЕССОР,
КАМЕРА СГОРАНИЯ

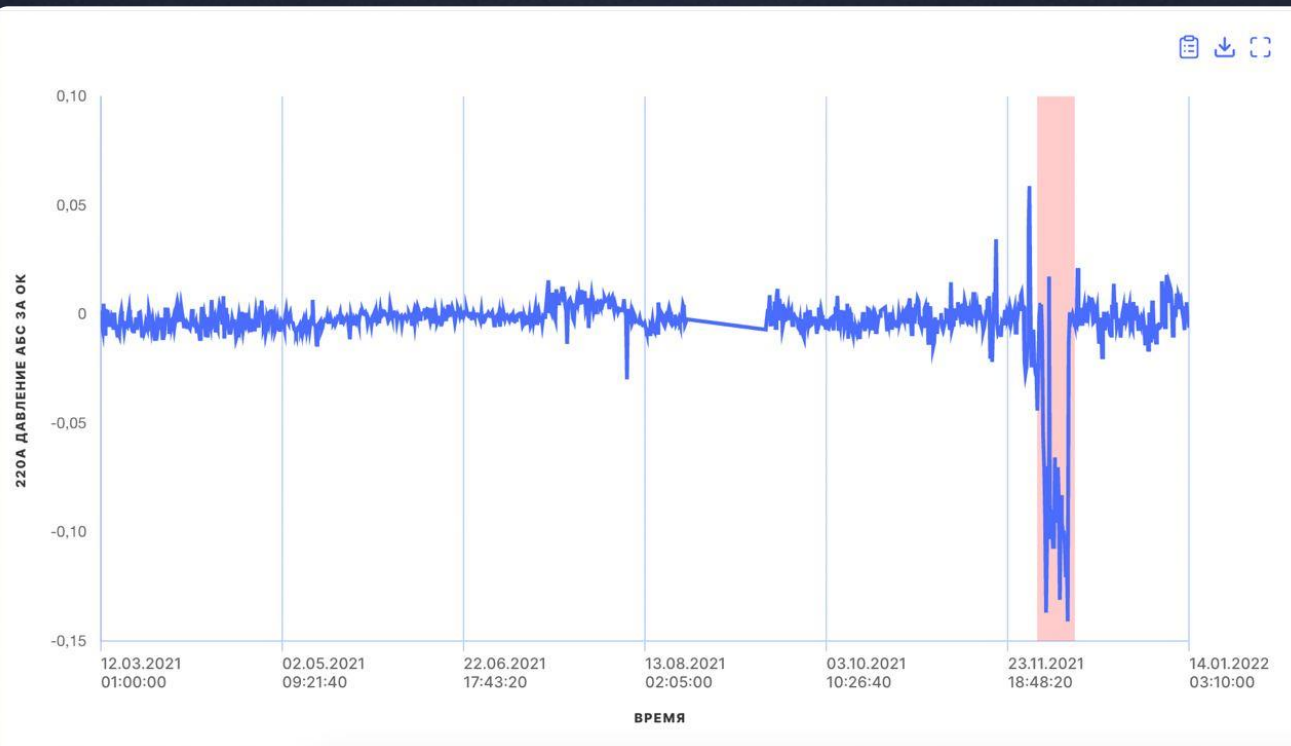
Параметр: 220А Давление АБС за ОК

Разладка: из-за выхода датчика из строя



ДЕМОНСТРАЦИЯ КЛАССИФИКАТОРА НА ПРИМЕРЕ 1 МОДЕЛИ

Обнаружение платформой неисправности



Сообщение классификатора дефектов

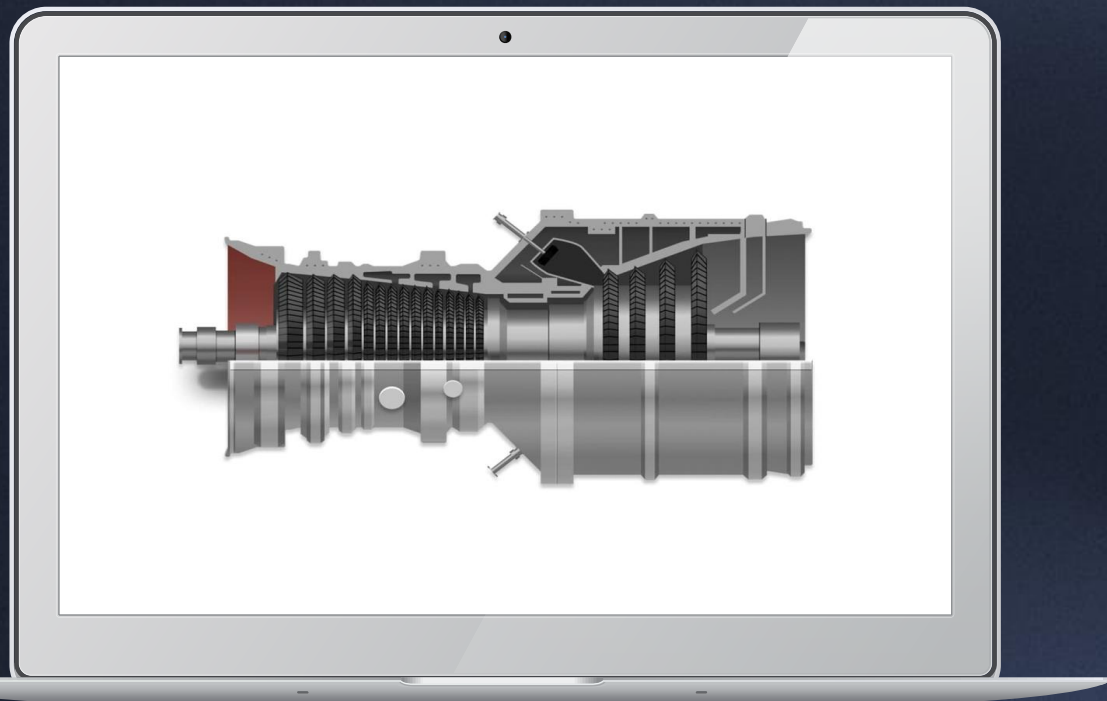
▶▶ **Давление воздуха за компрессором
(т. А) ниже нормы.**

Параметры: Размер окна: 500; Количество срабатываний: 50; Количество пропусков: 290

Рекомендации: 1. Разрушение элементов проточной части компрессора. 2. Загрязнение проточной части компрессора.

Модель: КОМПРЕССОР, КАМЕРА СГОРАНИЯ
Параметр: 220А Давление АБС за ОК
Разладка: из-за выхода датчика из строя

ПРИМЕРЫ ПРОЕКТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ



Система предиктивной аналитики для ОДК Авиадвигатель

Тестирование программного продукта ПО CyberStudio
для предиктивной аналитики газовых турбин ГТЭС-25ПА

КОНТУРЫ ПРОЕКТА


ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ

Оборудование




4 газотурбинных двигателя
в составе ГТЭС-25ПА

Проблемы

 Изучение возможности применения предиктивных моделей для оборудования

Задачи

 **Создание математической модели**
для диагностики технического состояния газотурбинных двигателей в составе ГТЭС-25ПА



Решение

Анализ исторических данных работы оборудования и построение моделей работы



Контурь проекта

Реализовано

Установлено ПО «CyberStudio» во внутренней сети заказчика без интеграции с реальными данными

Проведены испытания на тестовой выборке

Подключение к системе сбора данных

Следующие
шаги

Пуско-наладочные работы, разработка доп. моделей

Опытная эксплуатация

РЕШЕНИЕ

АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКИХ ДАННЫХ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ РАБОТЫ 4 ГТД В СОСТАВЕ ГТЭС-25ПА

в специализированном ПО CyberStudio:



187131003B4



187131005B5



187131006B5P1



187141009B2



Данные для решения

Данные с датчиков оборудования

Уставки срабатывания сигнализации,
блокировок и защит ГТЭС-25ПА

Журналы диагностики оборудования



Модели

- Для 4 рассматриваемых двигателей было построено 18 моделей.
- Это регрессионные модели на основе архитектуры полносвязной нейронной сети.
- Двигатели являются однотипными, поэтому структура моделей для них одинаково, отличаются только источники данных, на основе которых эти модели были построены.



Вибрации

Воздушная система

Выхлопной тракт

Компрессор охлаждения
опоры ТНД

Маслоохладитель АВОМД

Насос ОЖ

Параметры масляной системы

Проточная часть ГТУ

Температура охлаждающей
жидкости на выходе из АВО

Температура воздуха в блоках

Температура за силовой
турбиной

Топливная система

Угол поворота ВНА

Фильтр топливного газа

Фильтры ВОУ

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Модели обнаруживают ряд аномалий в данных, связанных с теми или иными работами, производимыми на двигателях, которые свидетельствуют не только о развитии неисправностей, но и о возможном изменении характеристик работы системы

Демонстрация цифрового решения на исторических данных

Наблюдается невязка в следующих моделях:

- В период между промывками увеличивается невязка в моделях фильтров ВОУ
- Модели реагируют на не критические неисправности узлов



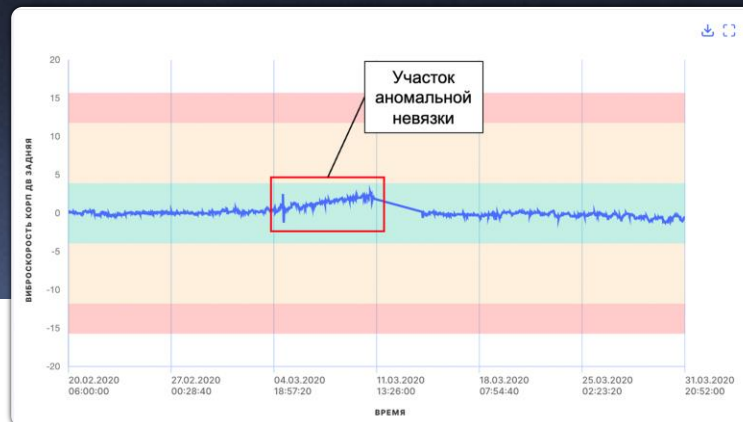
РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Модель вибраций — Двигатель 3В4. 1 год

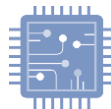
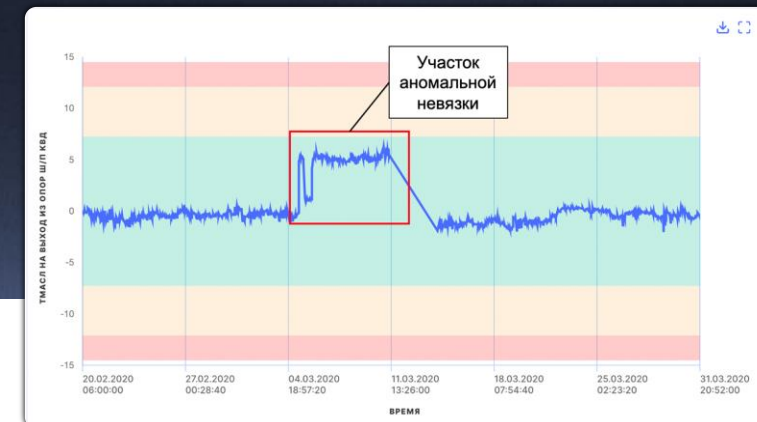
Виброскорость корпуса двигателя передняя



Виброскорость корпуса двигателя задняя



Температура масла на выходе из опор ш/п КВД



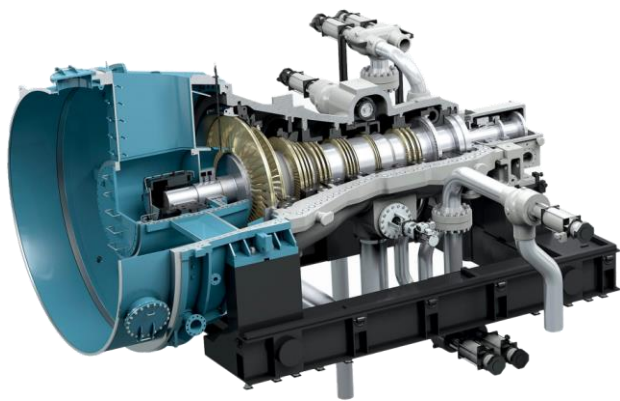
Модель обнаруживает две аномалии по вибрациям ((O))

Первая наблюдается по вибрациям передней опоры с 4.03.2020 по 15.03.2020.

Аномалия по вибрациям совпадает по времени с аномально высокой температурой масла на выходе из шарикового подшипника КВД.

После останова вибрации и температура масла одновременно возвращаются к нормальным значениям. Невязок по проточной части в этот интервал времени не наблюдается. Можно предположить, что рост вибраций и температур масла вызван аномалией в работе шарикового подшипника КВД.





Разработка программного модуля для ПАО «Силовые машины»

Для интеллектуального мониторинга и прогностического моделирования
технического состояния паровой турбины и турбогенератора

КОНТУРЫ ПРОЕКТА


ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ

Оборудование

 **Паровая турбина** К-1200-6,8/50

 **Турбогенератор** ТЗВ-1200-2АУЗ

Проблемы

 Отсутствие возможности создавать модели для разного типа оборудования (для АЭС)

Задачи

 **Разработка программного комплекса (ПК)** для интеллектуального мониторинга и прогностического моделирования технического состояния паровой турбины и турбогенератора



Контурь проекта

Разработан ПК

- Программные компоненты загрузки и подготовки данных
- Компоненты настройки и расчета модели анализа данных
- Модуль управления вычислением и обменом данных
- БД для хранения данных мониторинга технического состояния оборудования

Разработаны модели для оборудования

- Паровая турбина
- Турбогенератор

Проведено обучение сотрудников работе с ПО

Разработан комплект документации, согласно ТЗ

ПК подключен к реальным данным и введен в тестовую эксплуатацию

Реализовано

ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ



Разработка моделей для оборудования в **CyberStudio**



Модели

Паровая турбина

Турбогенератор



Данные для решения

Данные с датчиков оборудования

Уставки срабатывания датчика

Журналы диагностики оборудования



Примеры элементов пользовательского интерфейса ПК

1

ИМПОРТИРОВАНИЕ МОДУЛЕЙ И КОНФИГУРАЦИИ БЛОКНОТА

```
In [1]: import os
import sys, importlib
sys.path.append(os.path.join(os.path.split(os.getcwd())[0]))

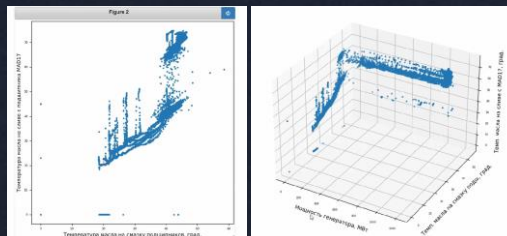
In [2]: import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from functools import reduce, partial
```

2

ЗАГРУЗКА И НАСТРОЙКА ПОДСИСТЕМ

3

ЗАГРУЗКА И ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ



Пример: диаграмма рассеяния для пары указанных тегов



Пример: отрисовка всех данных системы

4

ИНСТРУМЕНТЫ ВЫБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ

Пример: выделение стационарного режима



5

ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИ

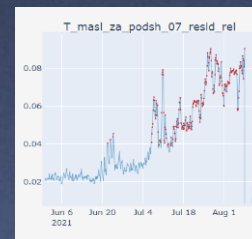
6

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

График температуры по датчику и модели



График разладки



ПРИМЕР ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

Модель температуры масла за подшипником MAD17 опорный подшипник турбины 7

График температуры
по датчику и модели

График разладки

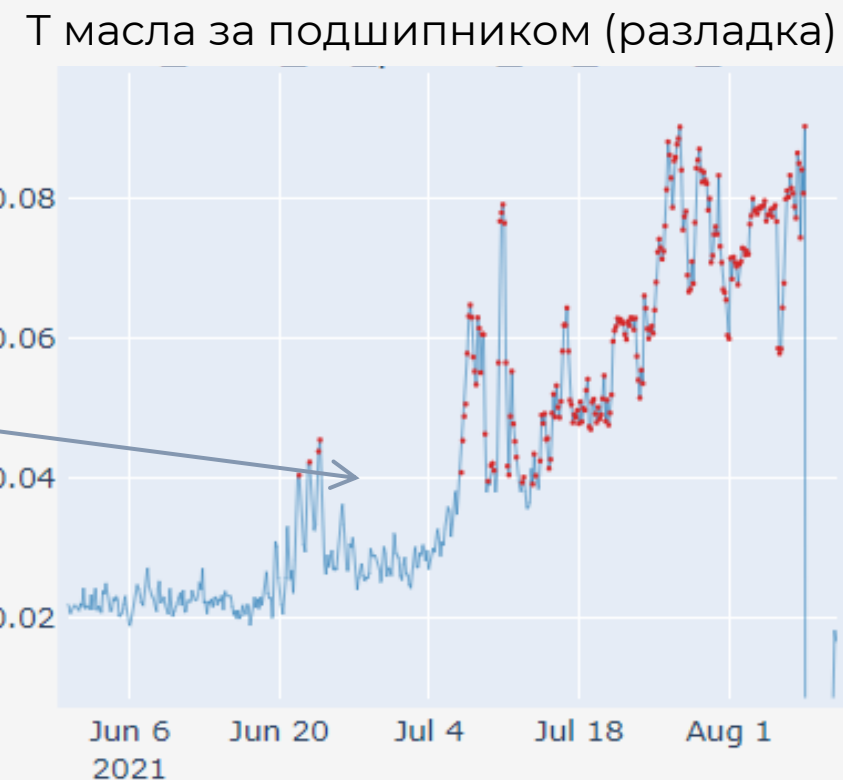
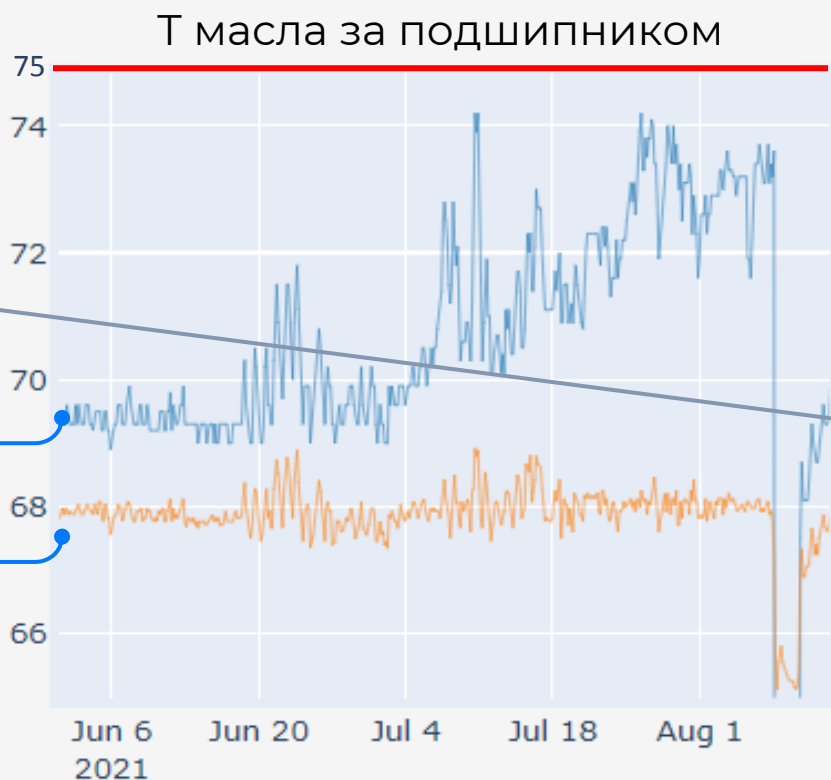
Уставка датчика

Превышение разладки

Реальные значения (по датчику)

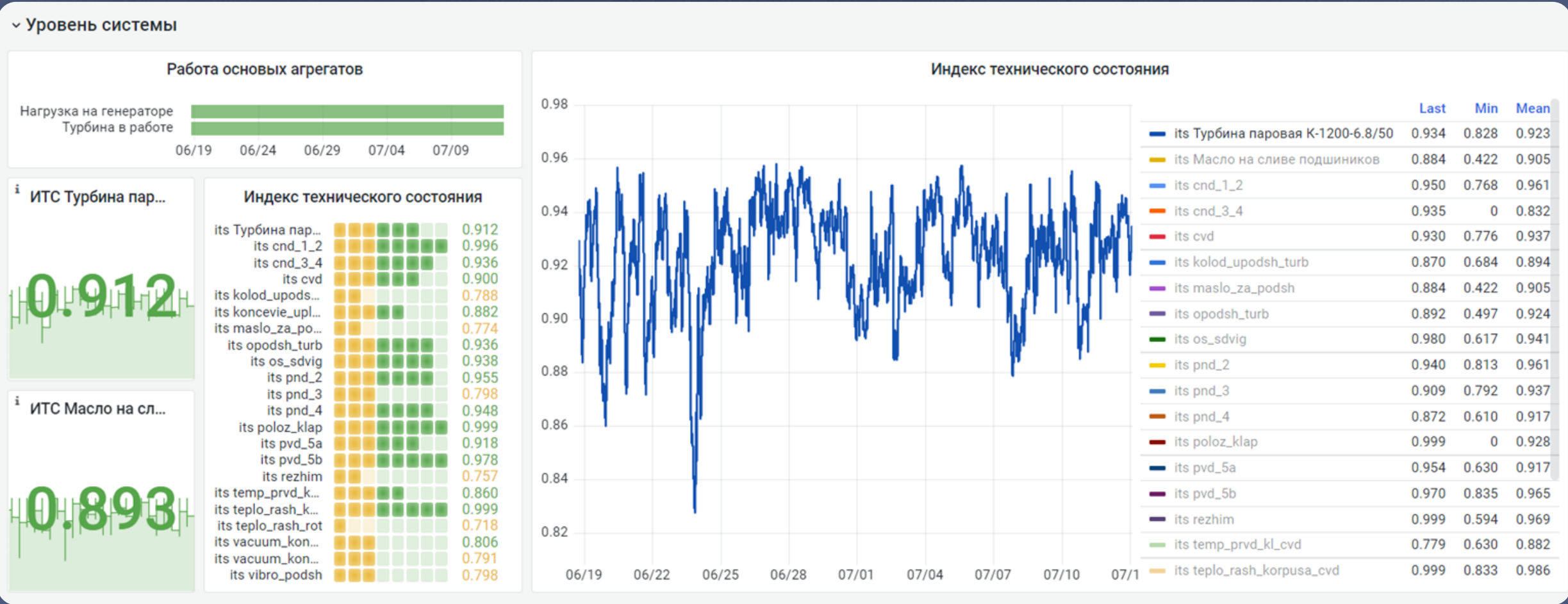
Идеальные значения (по модели)

— T_masl_za_podsh_07
— T_masl_za_podsh_07_mod
— T_masl_za_podsh_07_resid_rel
• dang_lvl



ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

(визуализация выполнена сотрудником АО «Силовые машины» в системе Графана)



ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Уровень подсистемы



Визуализация выполнена сотрудником АО «Силовые машины» в системе Графана

ВЫВОДЫ

- △ Предиктивная аналитика может помочь заранее выявлять аномалии и дефекты и предотвратить аварийные остановки
- △ Необходимо взаимодействие с производителями оборудования
- △ Пользователями ПД должны быть инженеры по надёжности и эксплуатации
- △ Необходимо внедрять регламенты для методов предиктивной аналитики
- △ Необходимо разработать регламенты и протоколы обмена данными между эксплуатантами и производителями

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРЕДИКТИВНЫЕ И ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПЛАТФОРМЕ CYBERSTUDIO



Газоперекачивающий агрегат



Шаровые мельницы



Печи



Паротурбинная установка



Электродвигатели



Турбины



Электродвигатель



Турбовоздуходувка

ПРИМЕРЫ КЕЙСОВ CYBERPHYSICS

Предиктивная диагностика тех. состояния на парке газоперекачивающих агрегатов



- Распознавание дефекта за **400 часов** до поломки
- Предсказана аварийная остановка — **50-60 млн руб.**

Оптимизация расхода газа в печах



- Экономия расхода газа — **10%**;
- **1 млн руб./мес.** на 1 печь

Предиктивная диагностика энергогенерирующего оборудования ТЭЦ



- Внедрение ПО для предиктивной диагностики на 10 ТЭЦ

Оптимизация работы цеха **химического производства**



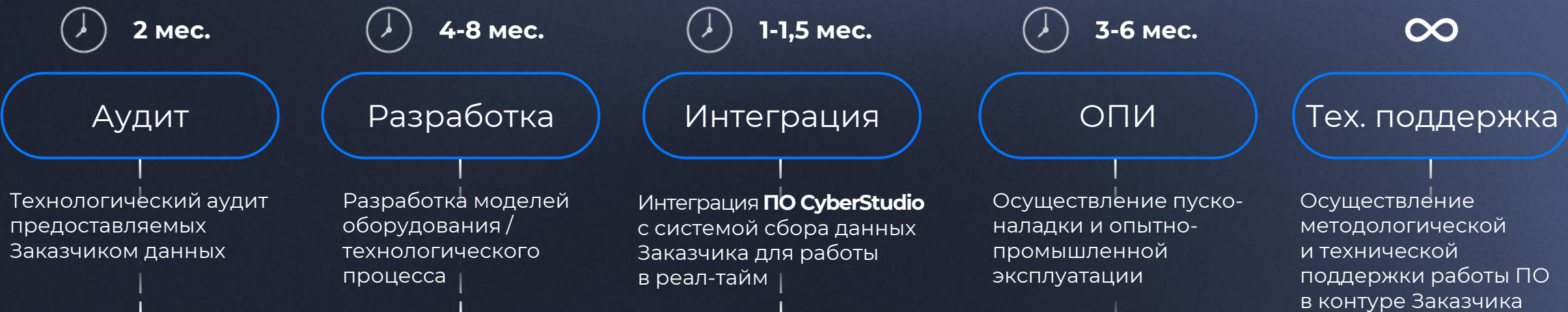
- Оптимизировано **35%** неоптимальных режимов
- Повышение производительности: **40%** времени достигается выработка продукции

Предиктивная диагностика тех. состояния **валкового пресса**



- Экономия от аварийного останова — **50 млн** рублей
- Предотвращено **2 аварийных останова**

ЭТАПЫ РАБОТЫ



РЕЗУЛЬТАТЫ



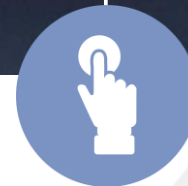
Проведен аудит данных с точки зрения их полноты для дальнейшего использования



Разработаны модели оборудования / технологического процесса



Проведена интеграция для работы в режиме реального времени



Проведены пуско-наладочные работы и ОПИ



На **постоянной** основе



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ CYBERSTUDIO



КОМАНДА



Сергей Николаев

Генеральный директор

к.т.н., эксперт в области
промышленного ИИ



Сергей Белов

Технический директор

Эксперт в области прикладного
искусственного интеллекта и
физического моделирования



Михаил Гусев

Директор по развитию

к.т.н. в прикладной механике
Эксперт по оптимизации
производства



Игорь Ужинский

Научный руководитель

к.ф.м.н., 25-летний опыт работы
в ведущей аэрокосмической компании США



Фабио Каччатори

Стратегическое развитие

Серийный предприниматель,
20 лет в ИТ-бизнесе ЕС:

Компания Intellegent Ideas

19



Команда
разработчиков

20



Команда
инженеров

5



Продажи
и маркетинг

4



Операционный
департамент



МЕЖДУНАРОДНЫЕ РЕШЕНИЯ

Aspen
Mtell



GE
SmartSignal



Aveva
PRiSM



CyberStudio



Дорабатываемый
функционал ПО:

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕДСТАВЛЕНЫ НА РЫНКЕ

- Нейронные сети
- Преднастроенные шаблоны
моделей оборудования
- Прогноз технического состояния
оборудования



● Прогноз технического
состояния оборудования
- комплексный прогноз тех.
состояния
оборудования

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ НА РЫНКЕ

- Физ.-мат. модели, построенные
на основе уравнений и зависимостей
- Функционал оптимизации
режимов вместе
с предиктивным анализом
- Трансферное обучение для
масштабирования на парк
оборудования



Ограниченный
функционал

● Технология Transfer Learning
- позволяет обучать модели
с возможностью переноса
информации из ранее
обученных суррогатных
моделей.

Масштабирование
на уровне цеха
- сейчас возможно
масштабирование
на уровне отдельных единиц
оборудования

● — имеется в ПО ● — не имеется в ПО ● — в доработке



РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРЕДИКТИВНЫЕ И ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Энергетическое оборудование:



Газотурбинная установка



Турбогенератор



Паровой котел



Паротурбинная установка



Газодожимной компрессор

Питательный насос	Барабан	Дутьевые вентиляторы
Деаэратор	Пароперегреватели	
Экономайзер	Газовый тракт	Дымососы

Система управления турбиной	Подшипники турбины	Конденсатные насосы
Проточная часть	Система маслоснабжения	Подогреватели сетевые
Механические величины ротора турбины	Система уплотнений и дренажей	Деаэратор
Эжекторы	Конденсационная установка	Насосы обратной воды

РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРЕДИКТИВНЫЕ И ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



Газоперекачивающий агрегат



Шаровые мельницы



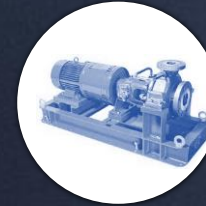
Вентилятор



Печь доменная



Экструдер
производство
полипропиленовых труб



Насос



Печь нагрева
заготовок
Прокатный стан



Валковый пресс
вибродиагностика
подшипников качения,
муфт, зубчатых передач



Теплообменный
аппарат



Прокатный стан



Установка вакуумной
кристаллизации



Электродвигатель



Печь нагрева
клинкера



Компрессор



Турбовоздуходувка

Основные проблемы

Решение
CyberPhysics

Результат

01

Аварийные остановки и простои

Построение гибридной модели

Экономия в среднем от 2 млн руб от одного аварийного останова

Ведущие к повышенным издержкам

На основе анализа вибраций и предиктивных моделей

Не включая стоимость ремонта оборудования

02

Повышенные расходы на обслуживание

Прескриптивный подход

Предотвращен останов и недополучение 2000 тонн продукции – 45 млн рублей

Из-за отсутствия рекомендаций по устранению и профилактике дефектов

Прогноз дефектов, выявление причин и рекомендации по устранению в рамках

03

Низкая прозрачность технического состояния

Real-time прогноз индекса технического состояния

На 80% меньше аварий

Большого количества единиц оборудования

С десятков до единиц аварийных остановов в год



Основные проблемы

Решение CyberPhysics

Результат

01

Аварийные остановки и высокие расходы на обслуживание или ремонт оборудования

До 120 млн руб. в год на 10 агрегатах

Разработка цифровых моделей основных систем

Газовоздушный тракт, масляная система, комплексное воздухоочистительное устройство

Распознавание дефекта для наиболее критичной подсистемы – проточной части – за 400 часов до поломки

Предсказана аварийная остановка 50-60 млн руб.

02

Повышенные затраты

Вызваны невозможностью оперативной локализации узлов и причин дефекта

Классификатор дефектов

Для локализации дефектов в узлах и выдачи рекомендаций

Моделирование работы оборудования с погрешностью менее 2%

Предотвращение аварийных остановок и минимизация потерь на обслуживание

03

Высокое потребление топлива

Неоптимальные режимы работы оборудования

Физико-математическое моделирование

Для отслеживания динамики работы газотурбинных установок в режиме реального времени

До 3% снижение операционных затрат за счет снижения потребления топливного газа

*Снижение на 4% (250 м3 в час – 100 тыс. руб. в сутки на один цех) – в проработке



Основные проблемы

Решение CyberPhysics

Результат

01

При стандартном бурении
Винтовым Забойным
Двигателем процесс работы
двигателя
**слабоконтролируем с
поверхности**

Построение **суррогатной
модели ВЗД** на основе данных
бурения

Преимущество в применении
ВЭД в плане его большей
энергоэффективности

**В среднем энергопотребление
можно снизить на 11%**

02

**Отсутствие обратной
связи**, позволяющей
подбирать более
оптимальные режимы
работы двигателя

Построение **имитационной
модели ВЭД** методом Бонд-
Граф

Возможность увеличения мощности
на долоте **на 25% в критическом
режиме** или **на 43% в номинальном
режиме** при использовании ВЭД

03

**Зависимость работы
от раствора и его физико-
химических свойств**

Сравнение эффективности
процесса бурения **по
потребляемой мощности**

Мощность на долоте позволяет
пропорционально увеличить
скорость проходки



Основные проблемы

Решение CyberPhysics

Результат

01

Пониженная
производительность
оборудования на
производстве
метиленхлорида

Выбор и добавление новых
параметров для управления
выработкой

Повышение производительности
оборудования

**Выработка >38т в течение 40%
времени от заданного периода (1 год)**
вместо 13%

02

Низкая предсказуемость
количества продукта
на выходе из реактора

Достигается более
прецизионное управление
блоками 1,2, позволяющее
повысить выработку и
качество продуктов до
заявленных значений

Увеличение среднего значения
Дихлорметана в смеси

Увеличение доли содержания
с 50% до 65%



Основные результаты

01

Разработаны цифровые модели основных систем

Газовоздушный тракт, масляная система, топливная система, воздушная система, вибродиагностическая модель (как самописный код, так и модели разработанные в ином ПО, например, Amesim)

02

Апробированы методики и алгоритмы конфигурации, уточнения ФМ моделей и создание суррогатных моделей на их основе

Модель может быть сконфигурирована (например, газовоздушный тракт ГТД может быть собран из разных моделей узлов (КНД, КВД, ТНД и т.д.), уточнена под характеристики конкретного реального двигателя, а затем свёрнута для работы в режиме реального времени

03

Апробированы алгоритмы генерации и классификация дефектов

Классификатор дефектов, который определяет их появление в процессе мониторинга и прогнозирования может обучаться как на эксплуатационных данных, так и на данных, сгенерированных на ФМ модели (отклоняются значения основных параметров)

Будущие работы

Интеграция ПО МПТС на стенде

Разработка счётчика ресурса узлов

Повышение точности работы моделей благодаря расширению базы эксплуатационных и расчётных данных



Основные проблемы

Решение CyberPhysics

Результат

01

Перерасход ресурсов
Для производства
пластиковых деталей

Создание цифровой модели
процесса литья пластика под
давлением

Потенциал масштабирования €500
тыс.

02

Сниженная скорость и
малая эффективность
протекания технических
процессов

Использование технологии
глубокого обучения

Более, чем на 200 деталях

Предсказание оптимального режима
за 2 секунды вместо 20 дней

03

Замедленные процессы
подбора и прогноза
оптимального режима литья

Комбинация знаний физики
процесса растекания
пластика
и экспертные знания
Заказчика

Оптимизация расстановки
инжекторов и рекомендация по
изменению режимов



Основные проблемы

Решение CyberPhysics

Результат

01

Аварийные остановки

Отсутствие ассистентов для снижения простоев прокатного стана

Разработка **диагностических моделей** работы оборудования для снижения простоев прокатного стана

Снижение внеплановых простоев работы оборудования на 10-20%

Распознавание 54% всех внеплановых простоев

02

Дефекты производства

Высокая доля дефектов в производимой продукции

Разработка **оптимизационных моделей** для минимизации доли дефектов в производимой продукции

Снижение доли дефектной продукции **на 1-5%**

03

Неоптимальные режимы работы оборудования

Низкая производительность трубопрокатного стана

Выработка рекомендации на управляющие параметры

Повышение производительности стана **на 0.5-2%**



Основные проблемы

Решение CyberPhysics

Результат

01

Повышенный износ
футеровки

Детализованная модель
гидродинамики
перемешивания
и интенсивности износа
футеровки

Снижение износа футеровки до 10%

Средняя экономия 90 млн руб/год

02

Повышенное время
перемешивания стали

Создание подробной
динамической модели
производственных процессов

Увеличение скорости
перемешивания стали с
ферросплавами в 2 раза

03

Низкая производительность

Оптимальные параметры
на основе сочетания
цифровых моделей и
реальных эксплуатационных
данных

Повышение производительности
на 0.5%

Увеличение выпуска продукции
на 40-50 млн руб на 1 вакууматоре в
год



Основные проблемы

Решение CyberPhysics

Результат

01

Неоптимальный выбор
сочетания шлака и футеровки

Использование уникальной
методики физических
испытаний в сочетании
с цифровым моделированием

Увеличение стойкости футеровки
за счет оптимально подобранного
шлака на не менее чем 5 %

До 90 млн руб в год

02

Длинный цикл пуско-наладки
процесса выплавки стали

Из-за испытаний различных
типов футеровки (до 1 месяца)

Платформенное решение в
виде математической модели,
рекомендующей
оптимальный шлак для
данного типа футеровки

Прогноз ресурса огнеупорной
продукции различных поставщиков
на модельных/реальных шлаках

03

Проблема подбора/выбора
поставщиков

Шлак и футеровка, их
комбинация на предмет
эффективности

Уникальное оборудование
собственной разработки для
отработки и уточнения
модели износа футеровки

Рекомендации к химическому
составу шлака для повышения
стойкости огнеупоров при
сохранении технологических
свойств шлака

