

# EnergoGo

## Цифровая трансформация в ПАО «Т Плюс»

Огородников В.А.  
Руководитель направления  
цифровизации и автоматизации

# Цифровой ландшафт ПАО «Т Плюс»

## ЦИФРОВОЙ Т ПЛЮС

Портал и личный кабинет

Мобильное приложение

Цифровое рабочее место

Управление талантами

ESG и управление процессами

## ЦИФРОВОЙ УЗЕЛ Т ПЛЮС

### ЭНЕРГОСБЫТ+

### ЦИФРОВАЯ СЕТЬ

### ЦИФРОВАЯ СТАНЦИЯ

### ПРОИЗВОДСТВО

СГД

CRM

Интеллектуальный  
ЛКК

Когнитивный агент

Речевая аналитика

Платежный  
модуль

Цифровой биллинг

ЭНЕРГОТРЕЙД+

Контактный центр

АСУТ

ТСС

Предбиллинг

Мобильный  
контролер

МПТС

Единая ГИС

МИиМ

ЭлПАС

СУПД

АИИСТиКУ

Умные счетчики

Единая SCADA

ТОиР

Оптимизация режимов

Инженерные модели

Прогностика

АС ТЭП

Цифровой склад

Динамическое  
планирование

Здоровый сотрудник

Цифровой паспорт

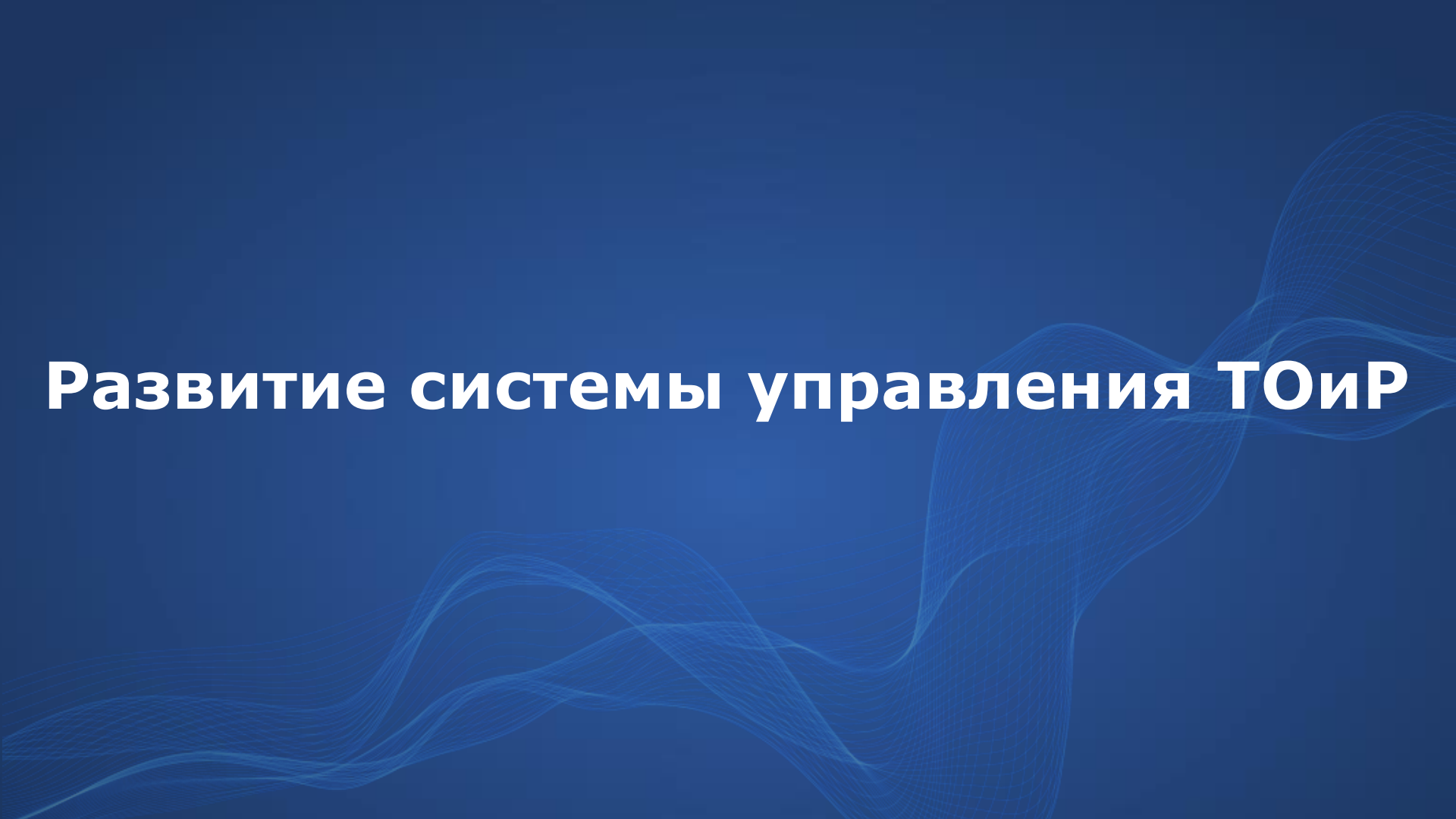
Электронный НД  
(наряд допуск)

Мониторинг СИЗ

Иммерсивные  
технологии

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

# Развитие системы управления ТОиР

The background of the slide is a solid dark blue. Overlaid on this background are several abstract, wavy lines in a lighter shade of blue. These lines flow from the bottom left towards the top right, creating a sense of movement and depth. The lines are composed of many thin, overlapping strokes, giving them a textured, ethereal appearance.

# Ключевые изменения управления

Как было

Структура различна у различных предприятий

Отсутствует база нормативов

Трудозатраты не планируются

Ручное планирование

Экспертная приоритезация, различные подходы у предприятий

Ручной расчёт ИТС

Как будет

Единый подход к ведению структуры оборудования

База нормативов. Формирование объемов работ на основании технологических карт

Планирование трудозатрат хоз. способа

Автоматическое планирование ТР, СР, КР

Автоматическая приоритезация всей программы ремонтов согласно методике

Автоматический расчёт ИТС

# Новый функционал

Автоматический расчет сроков и видов обслуживания (предназначен для определения плановых дат и плановых видов обслуживания на горизонте 5 лет)

Установить сроки ПЛНПредупрТОРО: План стратегии...

Запуск Запуск в цикле Перезапуск Отзыв вручную

План-предупр ТОРО "200000000000" ППР Турбины 1

Запланированные отзывы Отзывы вручную Параметры КалендарПланир

Счетчик 1734587 НАРАБОТКА

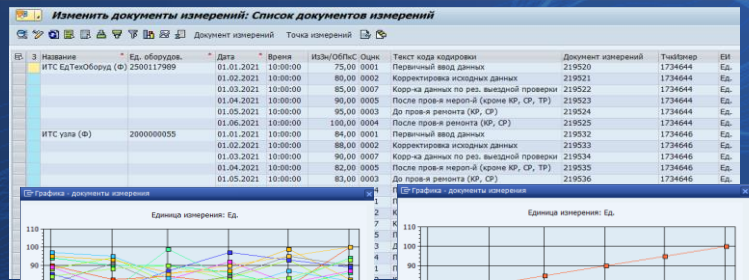
ОбщПоказанияСчетчи 42634 ЧАС

СписокКалендарПланиров

Н... ЗапланДата Дата отзв... Очереди... Вид КалендПланиров

|    |            |    |                     |
|----|------------|----|---------------------|
| 1  | 19.03.2022 | TO | Запуск/отзыв        |
| 2  | 17.04.2022 | TR | запланир., отозвано |
| 3  | 16.05.2022 | TO | запланир., отозвано |
| 4  | 14.06.2022 | TO | запланир., отозвано |
| 5  | 14.07.2022 | TO | запланир., отозвано |
| 6  | 12.08.2022 | TO | запланир., отозвано |
| 7  | 10.09.2022 | TO | запланир., отозвано |
| 8  | 09.10.2022 | TR | запланир., отозвано |
| 9  | 07.11.2022 | TO | запланир., отозвано |
| 10 | 06.12.2022 | TO | запланир., отозвано |
| 11 | 05.01.2023 | TO | запланир., отозвано |
| 12 | 03.02.2023 | TO | запланир., отозвано |
| 13 | 04.03.2023 | TO | запланир., отозвано |
| 14 | 02.04.2023 | TR | запланир., отозвано |
| 15 | 01.05.2023 | TO | запланир., отозвано |

Автоматический расчет ИТС



Ранжирование мероприятий.

Принцип ранжирования состоит в расчете ранга по каждому заказу ТОРО как суммы произведений: Вес параметра \* Значение параметра

Таблица №02 НСИ для ранжирования основного оборудования и оборудования для которого осуществляется расчет ИТС

| №  | Наименование параметра                              | Вес параметра (K1) | Перечень принимаемых значений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Числовое значение (K2) |
|----|-----------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1. | Группа оборудования по степени использования        | 0,10               | Базовое<br>Пиковое<br>Обеспечение резерва                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 100<br>50<br>0         |
| 2. | Влияние на выработку электрической/тепловой энергии | 0,16               | Критичное оборудование, приводящее в случае отказа к снижению мощности энергетической установки до нуля.<br>Критичное оборудование, приводящее в случае отказа к частичному снижению мощности энергетической установки и/или технико-экономических показателей и/или снижает степень резервирования.<br>Оборудование не критично, в случае отказа последствия не влияют выработку электрической/тепловой энергии. | 100<br>50<br>0         |
| 3. | Наличие предписаний                                 | 0,19               | Имеется предписание<br>Предписания отсутствуют                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 100<br>0               |

Изменение заказов ТОРО: список заказов

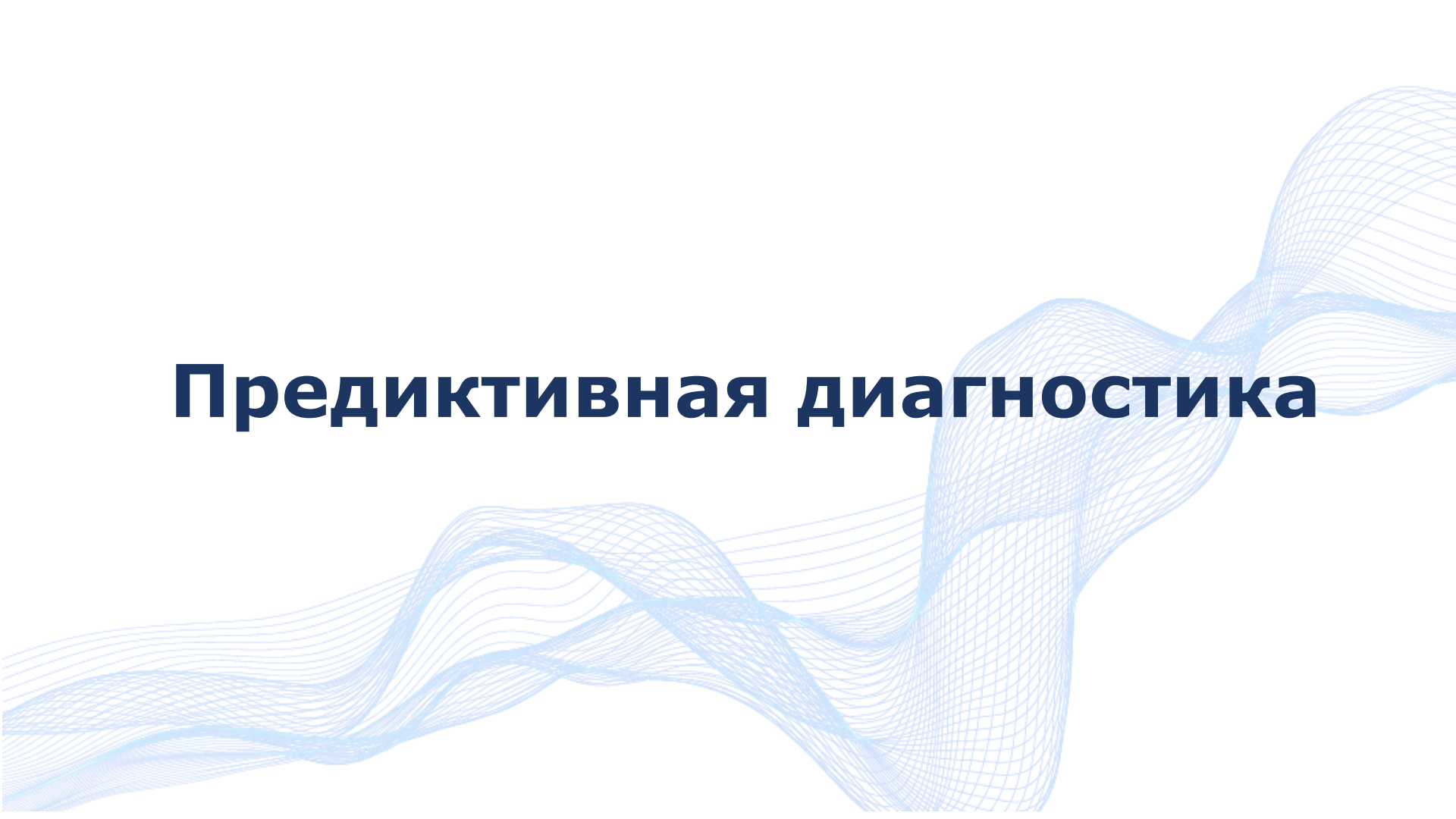
| Завод | Отраб/Р  | Техническое место | Ед. оборуд.  | Вид        | Заказ        | БазНачало  | БазОконч   | ВРТ | Краткий текст            | Остаточный статус        | Польза... |
|-------|----------|-------------------|--------------|------------|--------------|------------|------------|-----|--------------------------|--------------------------|-----------|
| 7571  | 1130-001 | K6606-T01-001-008 | 5000000021   | PLN        | 999900001784 | 01.04.2022 | 02.04.2022 | CP  | Сеть ГВС Безназальная    | ОТКР ККМР ДИМП ПКАЛ СРНА | СОЗД      |
| 7571  |          | K6606-T01-001-008 | 5000000020   |            | 999900001785 | 01.04.2022 | 02.04.2022 | CP  | Сеть Конденсат Надр.     | ДЕБЛ ККМР ДИМП ПКАЛ      | СОПР      |
| 7571  |          | K6606-T01-001-008 | 5000000020   |            | 999900001786 | 01.04.2022 | 02.04.2022 | TO  | Сеть Конденсат Надр.     | ДЕБЛ ККМР ДИМП ПКАЛ      | СОПР      |
| 7571  |          | K6606-T01-001-008 | 5000000020   |            | 999900001787 | 01.04.2022 | 02.04.2022 | CP  | Сеть Конденсат Надр.     | ОТКР ККМР ДИМП ПКАЛ СРНА | СОЗД      |
| 7571  |          | K6606-T01-001-008 | 5000000021   |            | 999900001788 | 01.04.2022 | 02.04.2022 | CP  | Сеть Конденсат Надр.     | ОТКР ККМР ДИМП ПКАЛ СРНА | СОЗД      |
| 7571  |          | K6606-T01-001-008 | 5000000020   |            | 999900001789 | 03.04.2022 | 03.04.2022 | CP  | ППР сети Конденсат под.  | ОТКР ККМР ДИМП ПКАЛ СРНА | СОЗД      |
| 7571  | KT-00    | K6606-K01-001     | 999900001780 | 01.01.2022 | 31.01.2022   | TR         | test       |     | ОТКР ККМР ДИМП ПКАЛ СРНА | СОЗД                     |           |

Программа обеспечения технического состояния Филиала "Свердловский" ПАО "Т Плюс" на 2021 - 2023 год

| Наименование в КС | Наименование периода | Степень риска | Дата (год) последнего ремонта | Состояние оборудования на 31.12.2020         | ИТС на 31.12.2020 | Учт. износ/ремонт ПНР | Дата начала | Дата окончания | наименование                                    | ИТС/УПР | ИТС после реализации мероприятий | ранжирование |
|-------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|----------------|-------------------------------------------------|---------|----------------------------------|--------------|
| Котел паровой №1  | ТП-35                | 1             | 2019                          | Отклонен от норматива нет                    | 65,0              |                       | 01.05.2021  | 30.05.2021     | ТР типовый ремонт (наименование Заказа ТОРО 1)  | РП      | 70,00                            | 1,00         |
| Котел паровой №1  | ТП-35                | 1             | 2019                          | Уточнение стены ВЗ-127, 26% ЭПБ ПНР30-2018-Т | 65,0              |                       | 01.08.2021  | 30.08.2021     | Замена ВЗК 1 штуки (наименование Заказа ТОРО 2) | РП      | 76,00                            | 1,00         |

ИТС оборудования и узлов рассчитывается автоматически по данным из системы SAP. Посмотреть динамику изменения рассчитанного ИТС (как планового, так и фактического) можно в системе при помощи отчета. Рассчитанный плановый индекс по оборудованию используется при приоритизации заказа ТОиР. Фактический ИТС, после пересчета, может быть выгружен в файл и загружен в систему АС СиОИ.

# **Предиктивная диагностика**

The background of the slide features a series of overlapping, wavy, light blue lines that create a sense of motion and depth, resembling a stylized wave or a data visualization. These lines are more densely packed in some areas, creating a mesh-like effect, and more sparse in others, giving the overall design a modern, technological feel.

# Продукт и технология

## Описание продукта

Программная платформа для предиктивной аналитики оборудования и оптимизации технологических процессов

## Описание технологии, лежащей в основе продукта

Технология платформы основана на методах **машинного обучения** и вычислениях тензорного представления данных.

В основе платформы лежит **технология «гибридного моделирования»**, которая позволяет дополнять модели, построенные на исторических данных, результатами физико-математического моделирования, что делает прогнозы более точными и верными.

При разработке подсистем оборудования в них закладываются **физические знания о процессах**, выраженные в выборе входных и выходных параметров, а так же в описание уравнений в явном виде.

Сконфигурированные подсистемы обучаются на **реальных данных оборудования**, что позволяет масштабировать разработанную подсистему на все юниты, в которых она имеется.

## Инновационная составляющая продукта

**AutoML.** Гибридное моделирование с автоматическим подбором оптимальной архитектуры нейронной сети на заданном наборе исторических данных.

**Дообучение.** Технология Transfer Learning, позволяющая обучать модели на небольшом объеме данных с возможностью переноса информации из ранее обученных суррогатных моделей.

**Физмодели.** Методика физического моделирования на базе методов машинного обучения.

**Классификатор неисправностей.** Анализ многомерных разладок моделей и телеметрии для диагностирования дефектов.

**Оптимизатор.** Анализ управляющих воздействий, позволяющий проводить оптимизацию выходных параметров с помощью методов машинного обучения

## Типы задач, решаемых системой:

### Диагностика

Классификация дефектов и аномальных режимов работы оборудования, расчет ИТС (индекс технического состояния), **прогноз ИТС**

### Регрессионная оптимизация

Рекомендация по управляющим воздействиям для соблюдения технического регламента

### Классовая оптимизация

Рекомендация по управляющим воздействиям для минимизации доли дефектов в процессе производства

# Технология проекта и преимущества гибридного моделирования



## Конкуренты работают по принципу «План-факт»

Разладка между показаниями телеметрии и моделью говорят о неисправности оборудования

- ❗ **Низкая точность**  
большое число ложных срабатываний
- ❗ **Повышенные издержки**  
на отделы инжиниринга и внеплановые осмотры даже при высокой ценности решений
- ❗ **Плохая обобщенность**  
необходимость переобучать модели и следить за их качеством

## Точность моделей улучшает предиктивную диагностику

- ✓ **Разделение дефектов**
- ✓ **Раннее обнаружение**
- ✓ **Прогноз развития дефектов**
- ✓ **Рекомендации по оптимизации**

Мы используем **ГИБРИДНЫЕ МОДЕЛИ**, они позволяют улучшить качество моделей за счет обобщения информации по модельному ряду оборудования



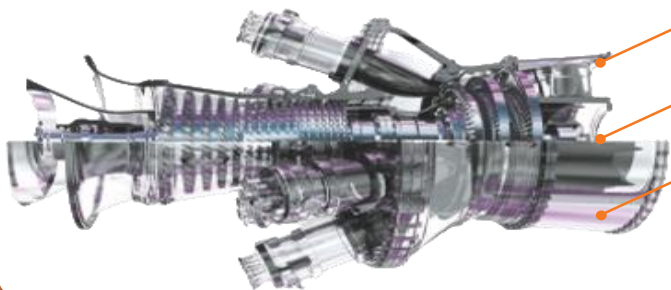
**Высокая надежность моделей** – нет нужды в частом переобучении

**Масштабируемость на новые единицы** – моментально за счет обобщенной модели

**Достоверность** – низкое число ложных срабатываний

# Принцип работы классификатора дефектов. Газотурбинная установка

## Газотурбинная установка



## Контролируемые параметры

Давление воздуха на выходе из компрессора

Давление газов на выходе из турбины

Температура газа на выходе из турбины

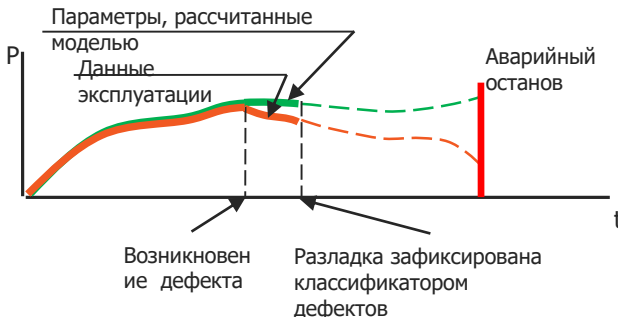
**Дефект**

**Загрязнение турбины**

**Загрязнение компрессора**

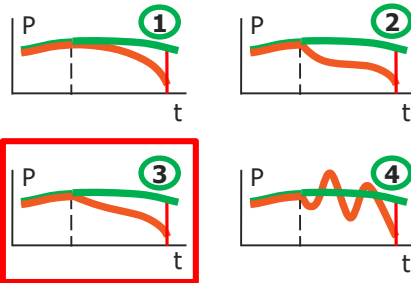
## Принцип работы классификатора

### Мониторинг технического состояния



Сигнал о превышении порога невязки

### Классификатор дефектов



Обнаружен дефект X  
Предупреждающее сообщение:  
«Повышенное значение... Проверьте ...»

# Кейс на Академической ТЭЦ

**22.02.2022 произошла авария ГДК-1.**

ГДК-1 отключен защитой «Давление утечки газа 2 ступени ниже аварийного».  
Давление утечки газа 2 ступени – давление утечки на свечу 2-й ступени

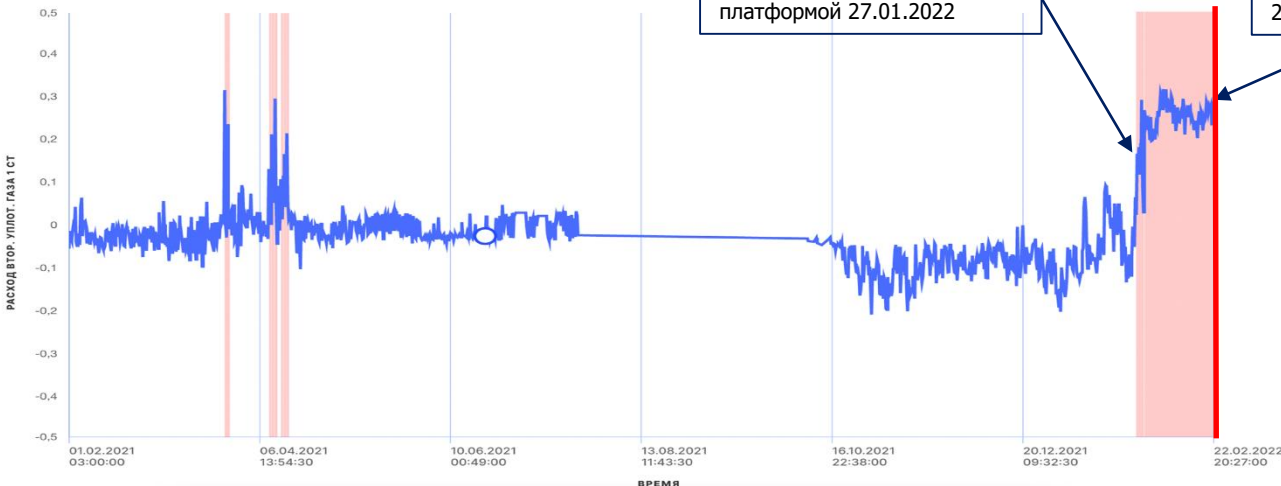
**По актам дефектации ГДК-1 после аварии:**

- Степень деградации на уплотнении 1 ступени выше, чем на 2 и 3 ступенях.
- Повреждения лопаток колеса 1 ступени могли произойти во время разрушения уплотнения.

Потенциальный дефект -  
произошло **разрушение**  
**уплотнения на 1 ступени**  
**компрессора.**

Обнаружение неисправности  
платформой 27.01.2022

Момент аварии  
22.02.2022



**По результатам анализа параметров:**

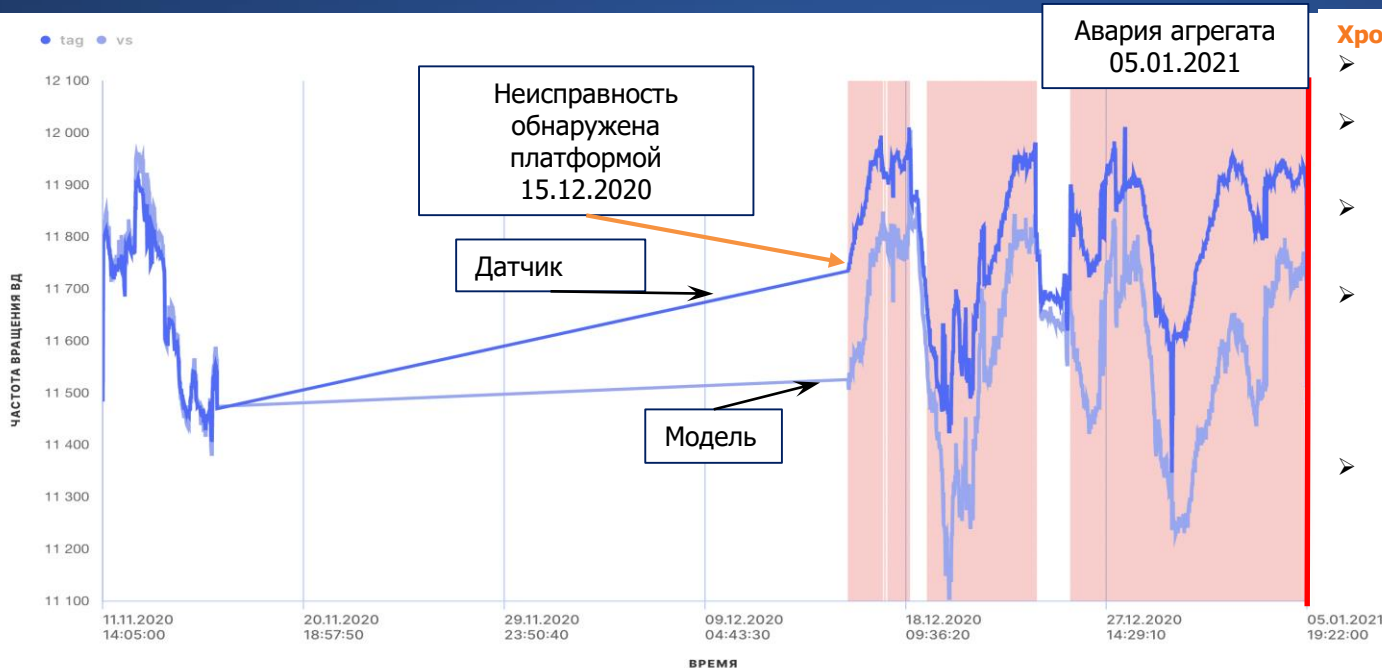
- Виден сильный рост расхода вторичного уплотнительного воздуха 1 ступени компрессора.
- По параметрам уплотнений 2,3 ступеней сильного роста утечек, падения давлений не отмечается.

# Кейс на газоперекачивающем агрегате

При работе ГТУ произошёл помпаж.

После останова наблюдались многочисленные разрушения лопаток компрессора, стружка в масле. Потребовалась полная замена агрегата.

Разладка модели по показаниям датчика и модели (по частоте вращения)



## Хронология событий:

- **Отклонение параметров** от нормы впервые произошло 15.12.2020 в 17:48.
- **Разладка была обнаружена** математической моделью проточной части через 11 мин.
- **Платформа выдала оповещение** о деградации проточной части компрессора до критических значений.
- **Платформа зафиксировала отклонение** от нормы 4 параметров: оборотов ротора высокого давления, оборотов ротора низкого давления, температуры за турбиной низкого давления и давления за компрессором.
- **05.01.2021 произошла авария:** разрушение лопаток компрессора и подшипниковых опор. Агрегат потребовал полной замены.

# Сравнение платформ

| Платформа                                    | ПАО «Т Плюс»<br> | АО «ПОТЕК»<br> | GE (Predix)<br> | AVEVA (PRiSM)<br> | Siemens<br> |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Машинное обучение                            |                  |                |                 |                   |             |
| Классификатор дефектов                       |                  |                |                 |                   |             |
| Использование гибридных моделей оборудования |                  |                |                 |                   |             |
| Готовые библиотеки моделей оборудования      |                  |                |                 |                   |             |
| Наличие в реестре российского ПО             |                  |                |                 |                   |             |
| Мультирежимный мониторинг                    |                  |                |                 |                   |             |

# Огородников Виктор Анатольевич

Регалии



<https://www.tplusgroup.ru/>



[Viktor.Ogorodnikov@tplusgroup.ru](mailto:Viktor.Ogorodnikov@tplusgroup.ru)



+7 (912) 360-62-18



+7 (912) 360-62-18



+7 (912) 360-62-18