



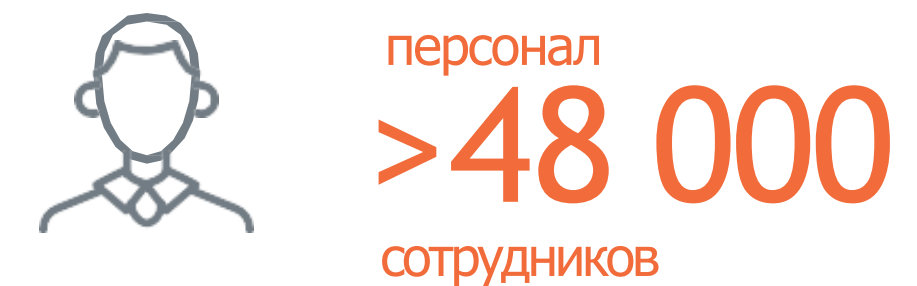
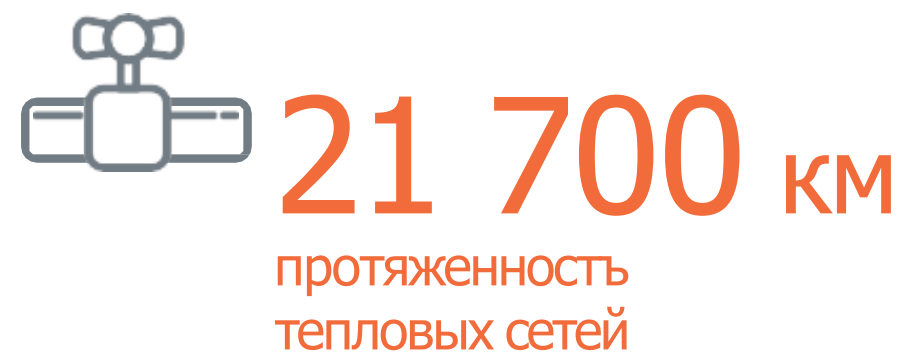
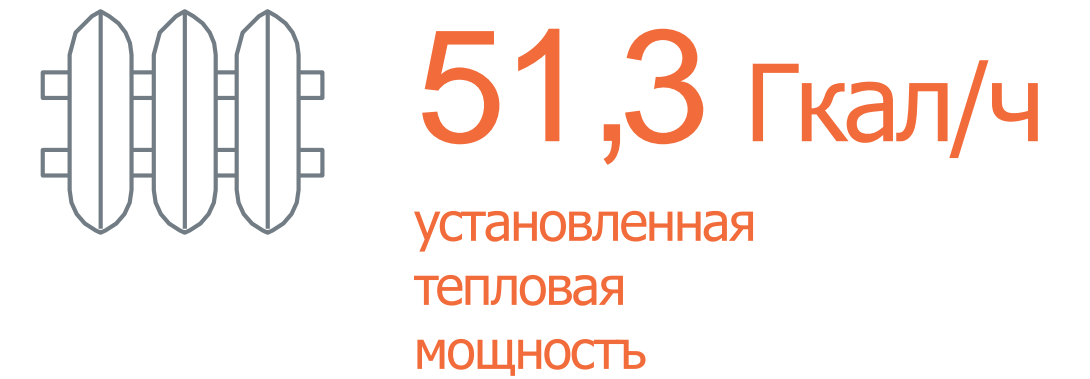
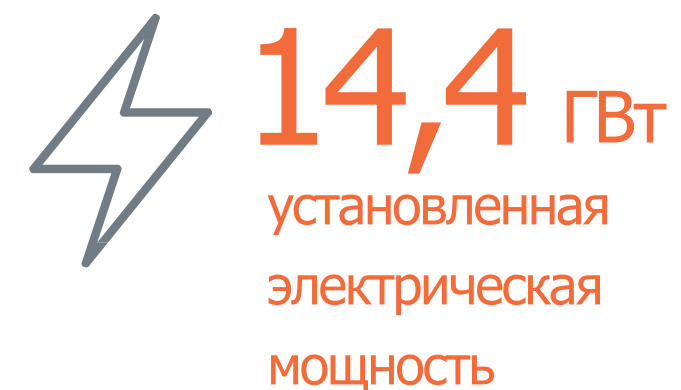
# **ПРОГНОСТИКА**

**Удаленный онлайн мониторинг параметров работы оборудования и прогнозирование технического состояния**



# О КОМПАНИИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

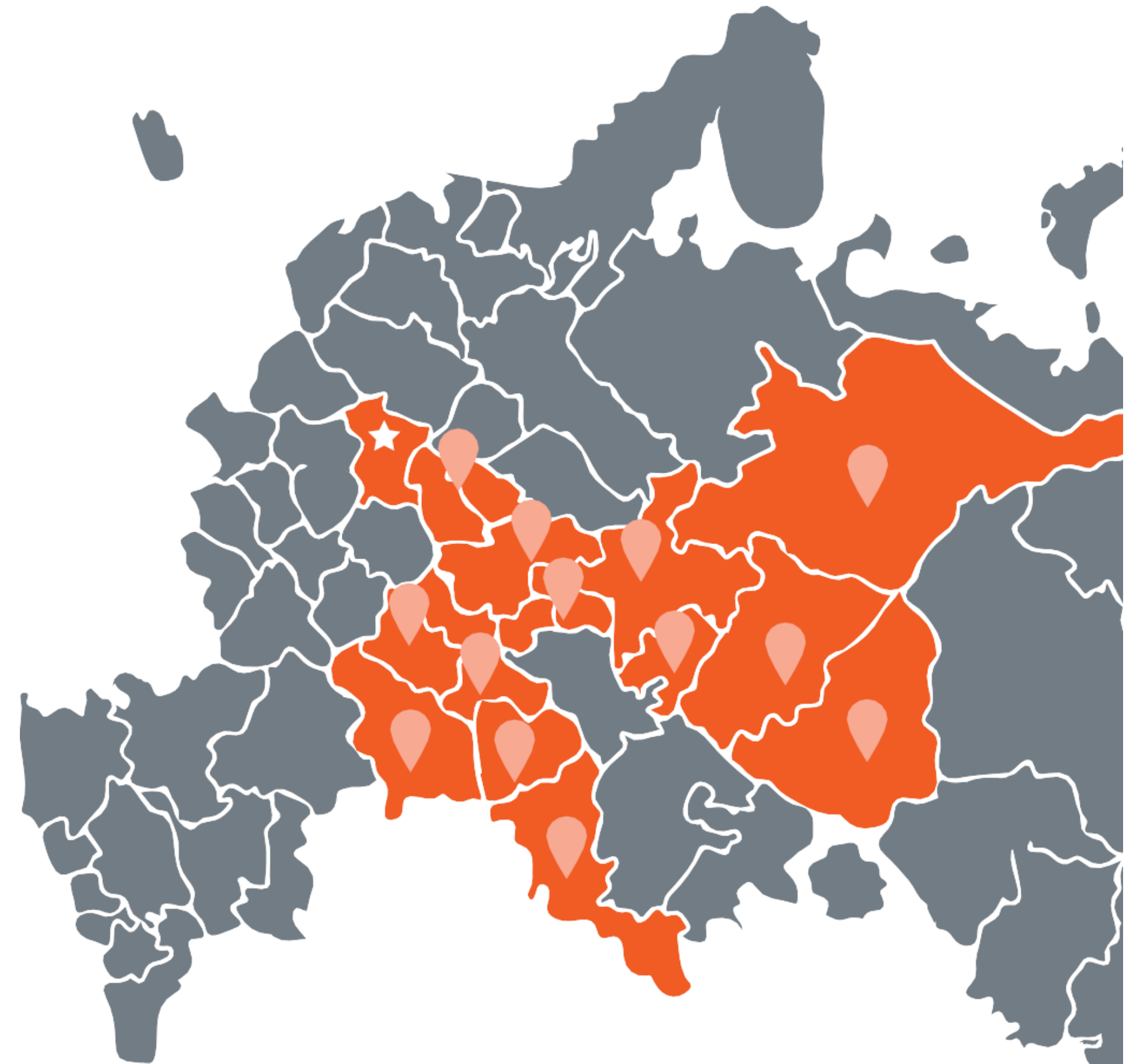
Группе «Т Плюс» принадлежит более 6% установленной мощности электростанций России и более 8% рынка централизованного теплоснабжения страны



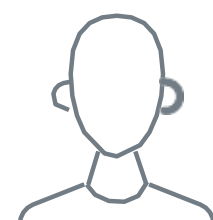
# О КОМПАНИИ. ГЕОГРАФИЯ ПРИСУТСТВИЯ

## ФИЛИАЛЫ:

- |   |   |    |   |
|---|---|----|---|
| 1 | ВЛАДИМИРСКИЙ ФИЛИАЛ<br>3 электростанции       | 8  | ПЕРМСКИЙ ФИЛИАЛ<br>8 электростанций     |
| 2 | КИРОВСКИЙ ФИЛИАЛ<br>4 электростанции          | 9  | САМАРСКИЙ ФИЛИАЛ<br>6 электростанций    |
| 3 | КОМИ ФИЛИАЛ<br>3 электростанции               | 10 | САРАТОВСКИЙ ФИЛИАЛ<br>5 электростанций  |
| 4 | МАРИЙ ЭЛ И ЧУВАШИИ ФИЛИАЛ<br>3 электростанции | 11 | СВЕРДЛОВСКИЙ ФИЛИАЛ<br>7 электростанций |
| 5 | МОРДОВСКИЙ ФИЛИАЛ<br>3 электростанции         | 12 | УДМУРТСКИЙ ФИЛИАЛ<br>2 электростанции   |
| 6 | НИЖЕГОРОДСКИЙ ФИЛИАЛ<br>3 электростанции      | 13 | УЛЬЯНОВСКИЙ ФИЛИАЛ<br>2 электростанции  |
| 7 | ОРЕНБУРГСКИЙ ФИЛИАЛ<br>4 электростанции       |    |   |



## ПОТРЕБИТЕЛИ:



**7** млн

человек получают  
квитанции от компании



**180** тыс.

договоров заключено  
с различными организациями

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ. ПРОГНОСТИКА

## ЦЕЛЬ:

Снижение аварийности на объектах генерирующего оборудования за счет автоматизированного мониторинга и прогнозирования технического состояния

## ЗАДАЧИ:

- » Раннее распознавание дефектов
- » Предотвращение аварийных остановок
- » Снижение стоимости технического обслуживания
- » Оптимизация режимов работы



# ТЕХНОЛОГИИ. ПРОГНОСТИКА

## Описание продукта

Программная платформа для предиктивной аналитики оборудования и оптимизации технологических процессов

## 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 и прогноз ИТС (индекс технического состояния)

### Регрессионная оптимизация

Рекомендация по управляющим воздействиям для соблюдения технического регламента

### Классовая оптимизация

Рекомендация по управляющим воздействиям для минимизации доли дефектов в процессе производства

## 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.

# СТРУКТУРА РЕШЕНИЯ. МОДЕЛИРОВАНИЕ

## Стек технологий

### Платформа:

ZIIoT

### Вычислительное ядро:

Python

### Фронтэнд-бекэнд:

Java Script

### БД:

PostgreSQL

### Разворачивание:

Docker

#### Модуль подготовки данных

Стандартизация, фильтрация и первичный анализ данных

#### Модуль интеграции с системой управления производственными активами

#### Модуль создания цифровых моделей оборудования

Прогностические модели оборудования с расчетом индекса деградации и учетом особенности каждого объекта

#### Модуль предиктивной аналитики

Классификация дефектов в подсистемах и прогнозирование тех. состояния

#### Модуль оптимизации режимов работы

Максимизация функции полезности на основе цифровых моделей с учетом неоднородности и деградации оборудования

#### Модуль настройки классификатора

Диагностические правила и дообучение классификатора дефектов

## Пользовательский путь

01

КОНФИГУРАЦИЯ  
МОДЕЛИ

03

ГЕНЕРАЦИЯ БАЗЫ  
ДЕФЕКТНЫХ СОСТОЯНИЙ

05

МОНИТОРИНГ

02

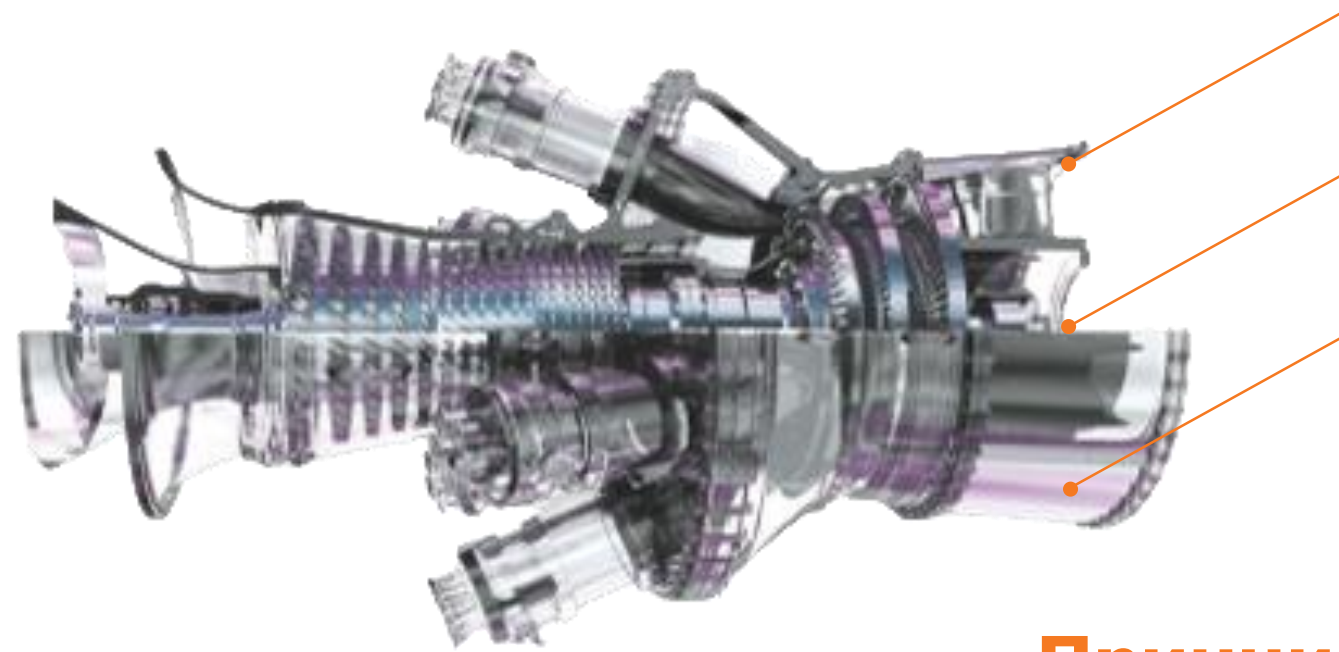
УТОЧНЕНИЕ  
МОДЕЛИ

04

НАСТРОЙКА  
КЛАССИФИКАТОРА  
ДЕФЕКТОВ

# ПРИНЦИП РАБОТЫ. ПРОГНОСТИКА

## Газотурбинная установка



## Контролируемые параметры

Давление воздуха на выходе из компрессора

Давление газов на выходе из турбины

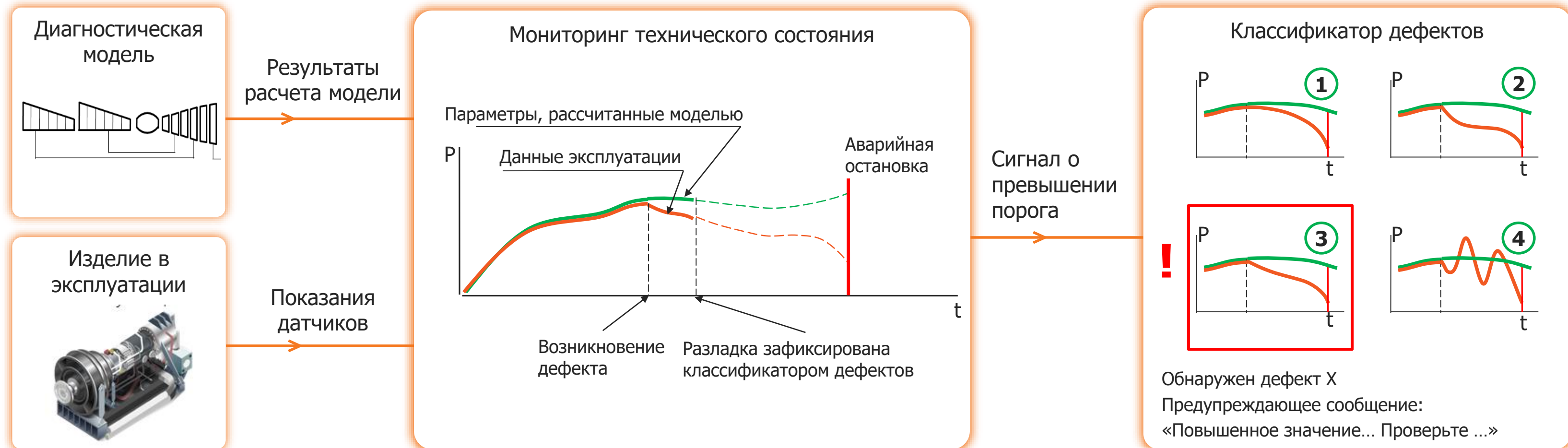
Температура газа на выходе из турбины

Дефект

Загрязнение турбины

Загрязнение компрессора

## Принцип работы классификатора



# ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МОДЕЛИ. ПРОГНОСТИКА

## 1 Физические принципы

Модели включают в себя описание физических процессов в элементах машины как в нормальных условиях их работы, так и в условиях неисправностей (повреждений). В последнем случае часто используют дополнительную модель развития повреждения, также основанную на происходящих физических процессах. Для описания процессов на основе соответствующих физических законов используют методы конечных элементов и другие подходящие способы.

## 2 Статистические модели

Статистические модели основаны на сборе информации о поведении ансамбля однотипных элементов. Поскольку в статистических моделях полученные оценки являются результатом усреднения по ансамблю, они не всегда столь же точны, как оценки, полученные при анализе реального состояния машины (например, с помощью моделей на основе описания физических процессов). Недостаток преодолевается через обновление параметров модели по результатам эксплуатации.

## 3 Эвристические модели

Эвристические модели прогнозируют ожидаемое поведение системы, исходя из некоторого набора общих правил. Такие модели, которые иногда называют моделями на основе знаний, могут быть реализованы в форме экспертных систем, дерева причинно-следственных связей и т.п.

## 4 Модели на основе данных

Модели с использованием методов распознавания образов (с методами машинного обучения), позволяющими сопоставить результаты измерений и полученные на их основе параметры оставшемуся сроку службы по обширной выборке данных об этой зависимости. В практике используются **РЕДКО** только при накоплении значительных массивов информации о неисправностях.

## 5 Гибридные модели

Нередко с помощью какого-либо одного из перечисленных методов невозможно охватить все разнообразие возможных видов отказов для всех элементов машины. В этом случае применяют комбинацию этих методов. Например, для наиболее критичных неисправностей могут быть использованы модели на основе описания физических процессов, а для остальных - модели на основе статистики.