



Предиктивная аналитика технических систем

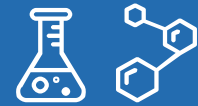
Центр технологий хранения и анализа больших данных МГУ
Муха Илья Рэмович



Центр технологий хранения и анализа больших данных МГУ

В 2018 году в МГУ был организован Центр технологий хранения и анализа больших данных в рамках НТИ. В рамках центра реализуются следующие ключевые направления

Проектная деятельность



Реализация 9 проектов в рамках решения задач по применению больших данных в следующих направлениях:

Технические системы и промышленные технологии, безопасность информации, анализ текстовых массивов, охрана окружающей среды, хемометрический анализ, математические методы работы с большими данными, мониторинг развития и стандартизации больших данных

Образовательное направление



- Специальности и направления подготовки
- Программы дополнительного образования
- Учебные курсы, модули учебных курсов
- Научное руководство

Инфраструктурное направление



- Мощный вычислительный сегмент
- Применение суперкомпьютера МГУ в проектной деятельности
- Формирование массивов и баз данных в предметных областях



Наши компетенции

Направления работ

Исследование

Изучаем новые методы анализа данных и перспективные технологии

Разработка

Разрабатываем уникальные решения для ключевых задач промышленных партнеров

Внедрение

Интегрируем аналитические решения в ИТ-инфраструктуру

Понимание промышленной специфики

Наличие специалистов широкого профиля и промышленных центров

Наша экспертиза

Анализ данных

Применяем передовые методы для определения важной информации

Машинное обучение

Разрабатываем и обучаем алгоритмы для решения задач

Обработка естественного языка

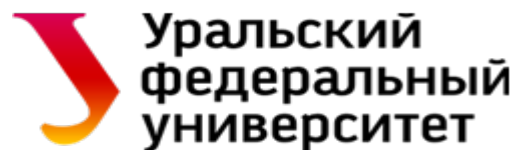


Консорциум проекта



Центр технологий анализа больших данных МГУ

- Партнеры по интеграции и разработке программного обеспечения полного цикла
- Компетенции по автоматизации производства



- Компетенции по анализу данных и искусственному интеллекту
- Управление и ведение проектов

- Компетенции в области проектов по цифровым двойникам и физическому моделированию оборудования



- Экспертная база в области неисправностей промышленного оборудования

- Компетенции в области анализа данных и построения моделей



Описание продукта

Программный комплекс и набор моделей по предиктивной аналитике для прогнозирования отказов оборудования и повышения эффективности производства



8 НЕДЕЛЬ

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ГИПОТЕЗЫ

Разработка прототипа цифровой модели для прогнозирования отказов

8-12 НЕДЕЛЬ

ПИЛОТНОЕ РЕШЕНИЕ

Разработка решения с основными сценариями использования

12-16 НЕДЕЛЬ

ПРОДУКТ

Внедрение модели для оперативного управления отказами готовой продукции и технологического оборудования

ПОДГОТОВКА И ПОСТРОЕНИЕ
АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

ВЕРИФИКАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ
ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

ВНЕДРЕНИЕ В ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННУЮ
ЭКСПЛУАТАЦИЮ

КЛЮЧЕВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

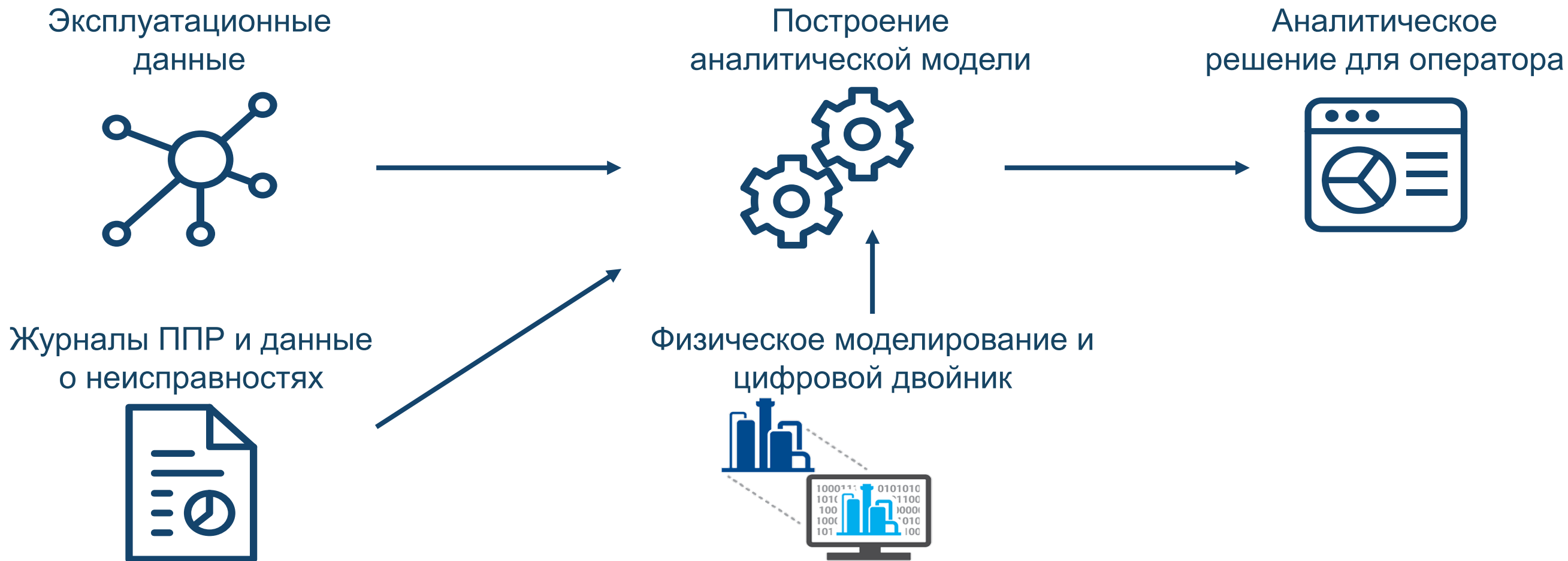
- Получение первичных данных и документаций
- Построение гипотез
- Разработка моделей для подтверждения гипотез
- Проверка гипотез
- Оценка экономического эффекта от внедрения

- Разработка полноценных моделей для контроля работы оборудования
- Верификация моделей
- Проведение тестирования и дообучения моделей
- Разработка интерфейса пользователя

- Интеграция аналитического решения с производственными системами и системами сбора данных
- Тестирование аналитического решения в рамках ОПЭ
- До настройка моделей по результатам ОПЭ
- Обучение пользователей

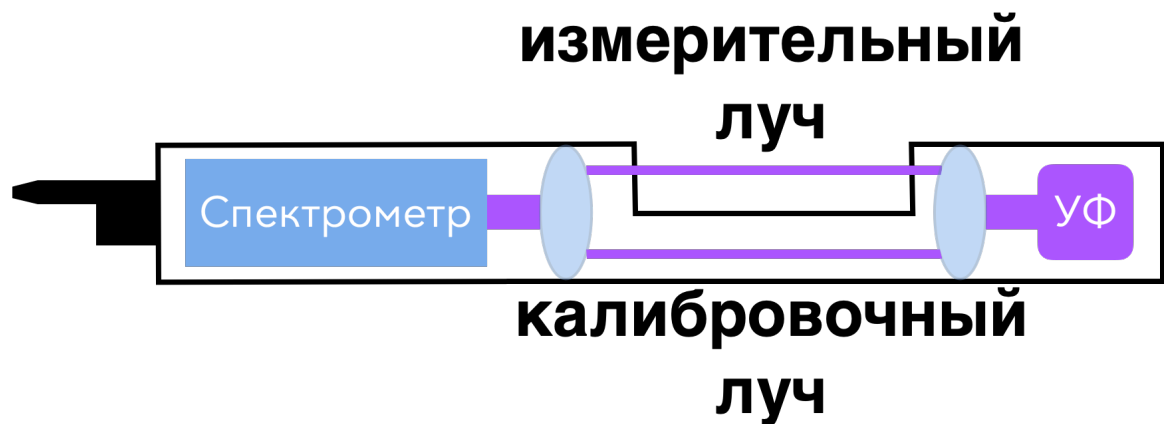
Описание решения

Успех от использования предиктивной аналитики в обслуживании технологического оборудования зависит от качественной подготовительной работы и взаимодействия с бизнес экспертами, для выполнения **ключевых 4х этапов работ**:



Предиктивная аналитика на базе спектроскопии сточных вод

Прибор на основе UV-VIS спектрометра



- Себестоимость \$9К*
- Внедряется в любую стадию очистки воды
- Выявляет превышение ПДК по комплексным параметрам

* измерительная часть. Прибор может быть интегрирован в различные измерительные комплексы.

Предприятие



Промышленные стоки

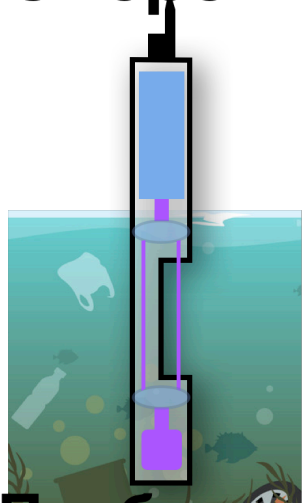


Пример параметров

- ▶ NO_3 - нитрит
- ▶ NO_2 - нитраты
- ▶ COD - ХПК
- ▶ BOD - БПК
- ▶ TOC - общий органический углерод
- ▶ DOC - растворенный органический углерод
- ▶ Cl и HS. - хлориды и ион сероводорода
- ▶ Color - цвет
- ▶ TSS - взвешенные частицы
- ▶ АПАВ - анионные ПАВ
- ▶ UV254 - поглощение на 254нм

1

Измерение



**Прибор на
основе
спектрометра**

2

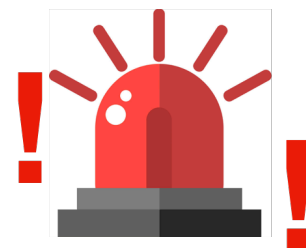
Анализ



**Облачная
платформа**

3

**ПДК
выше нормы**



**Предупрежд
ение
о
превышении
ПДК**

4

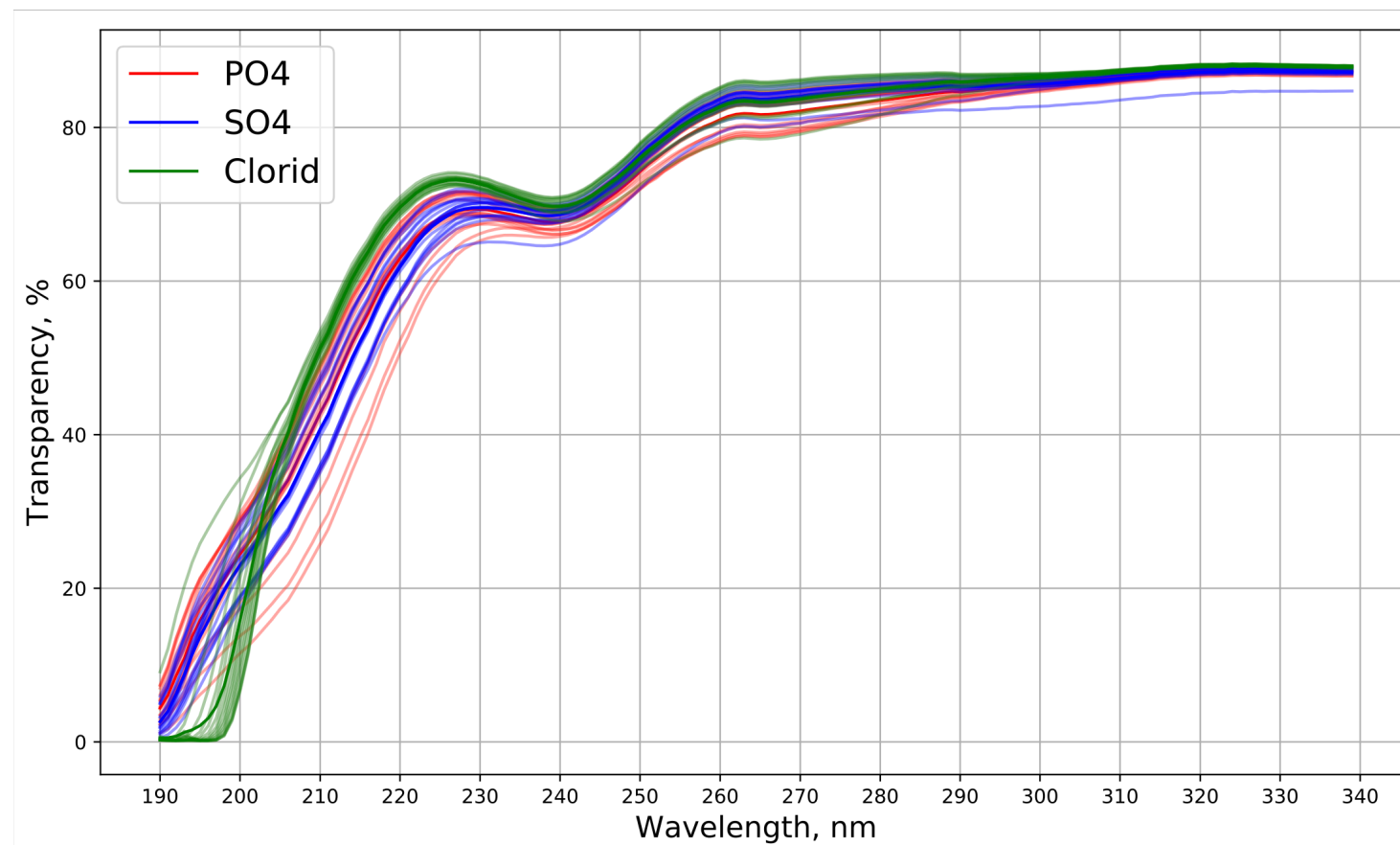
Lab Test



**Анализ
пробы
в лаборатор
ии
X**

Машинное обучение + оптическая спектроскопия

- Каждое загрязняющее вещество обладает своим характерным спектром поглощения.
- Выявление превышения ПДК происходит по оптическому спектру с помощью машинного обучения.

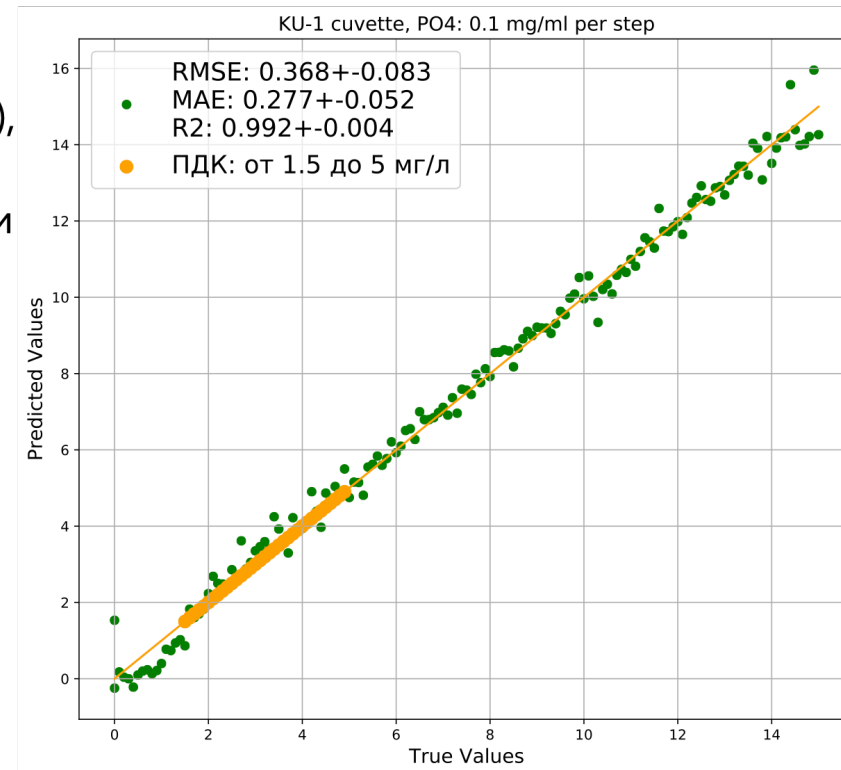


Спектры пропускания растворов с разной концентрацией солей хлорида, сульфата и фосфата

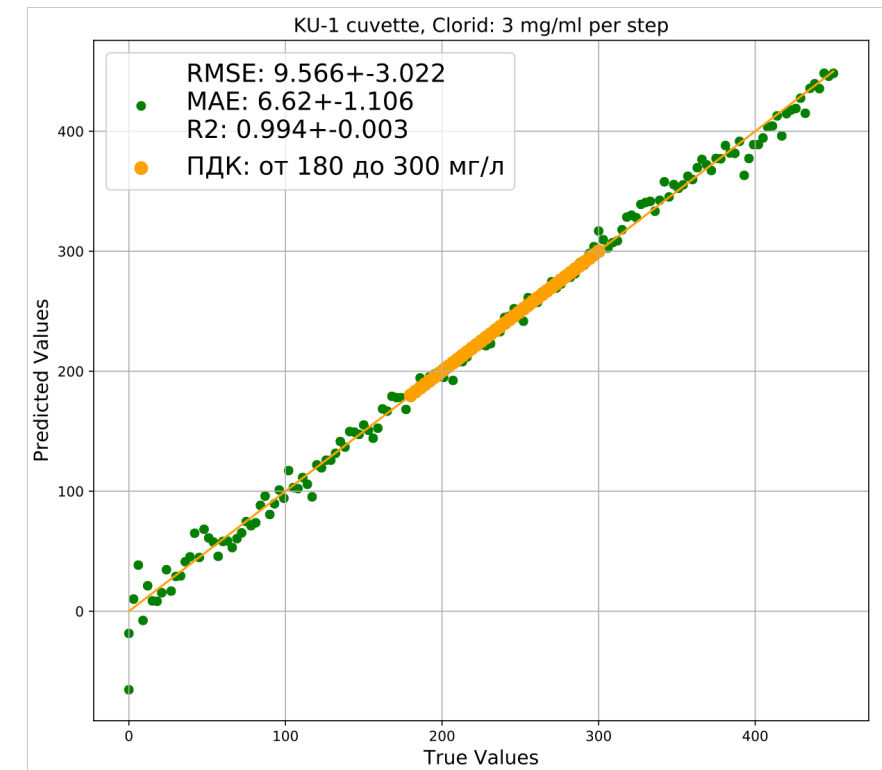
Пример работы системы

Определение концентрации фосфатов и хлоридов

- В эксперименте изменялась концентрация солей фосфатов (0-15 мг/л), хлоридов (0-450 мг/л) и сульфатов (0-300 мг/л). Для каждой соли подготовлено 150 растворов и проведены спектроскопические измерения.
- Оптические спектры обработаны с помощью машинного обучения. Построена модель, позволяющая определять концентрации солей в растворе дистиллята.



Фосфат

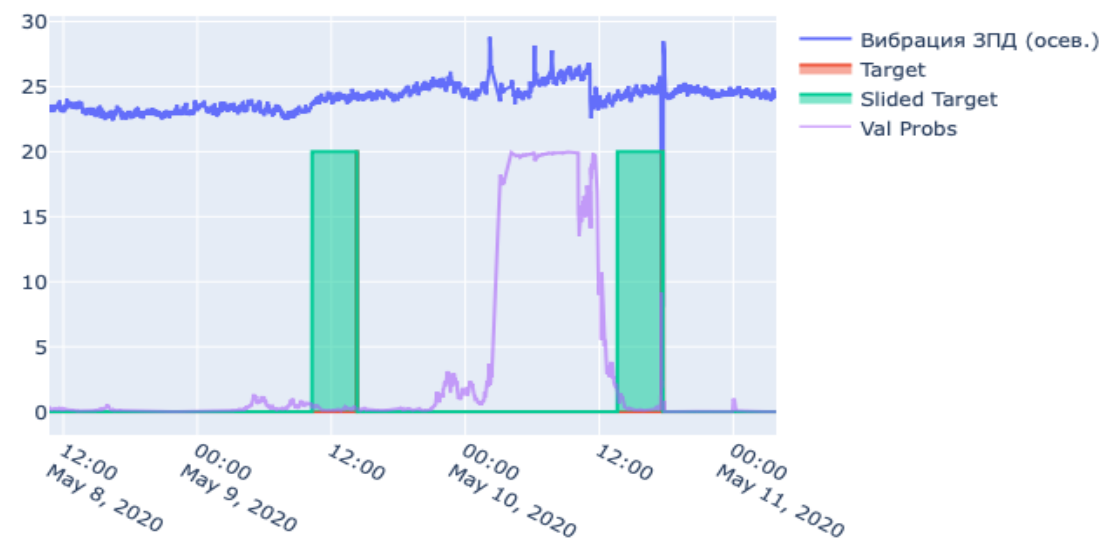
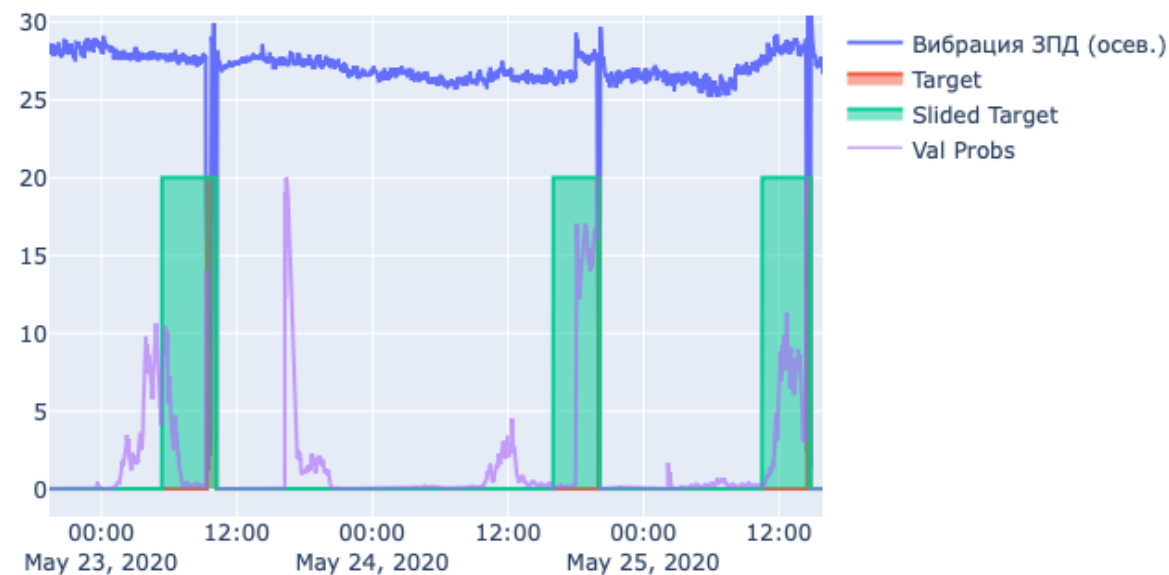
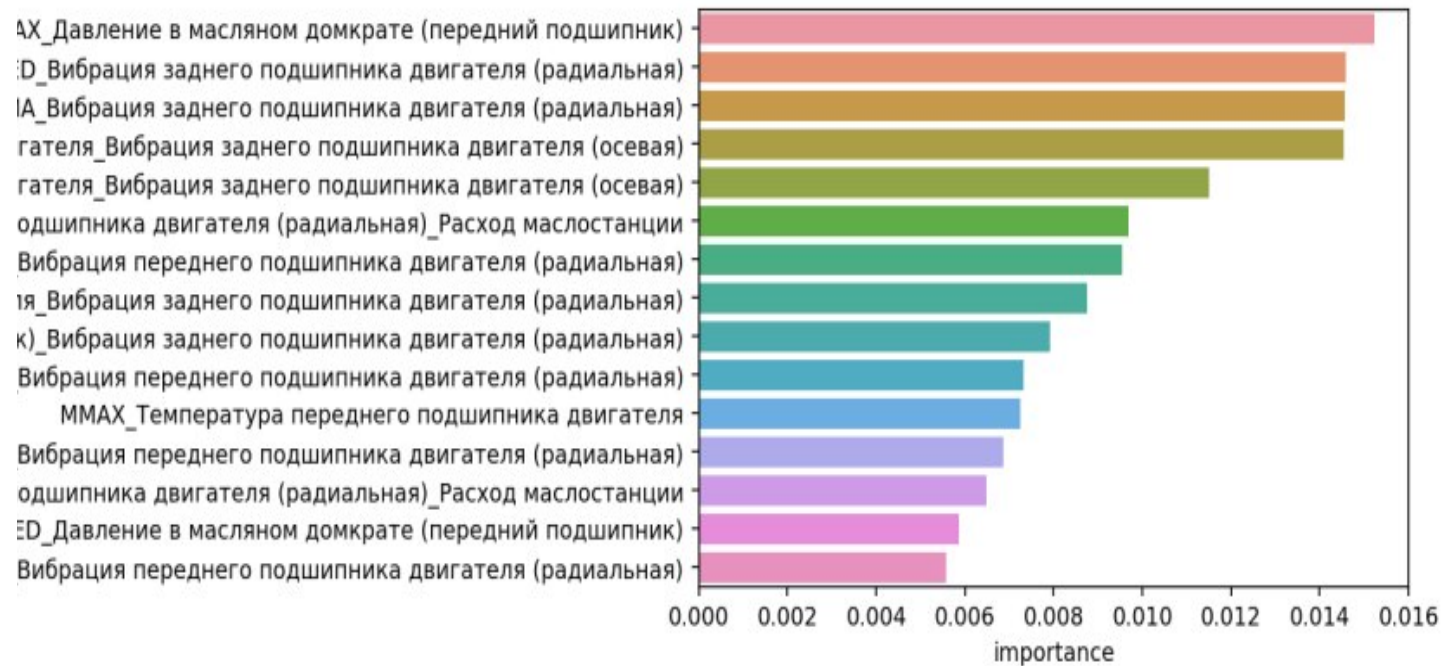


Хлорид

Опыт реализации проектов по предиктивной аналитике для ПАО «Северсталь»



Было проанализировано более 150 различных параметров и разработана модель для раннего оповещения оператора

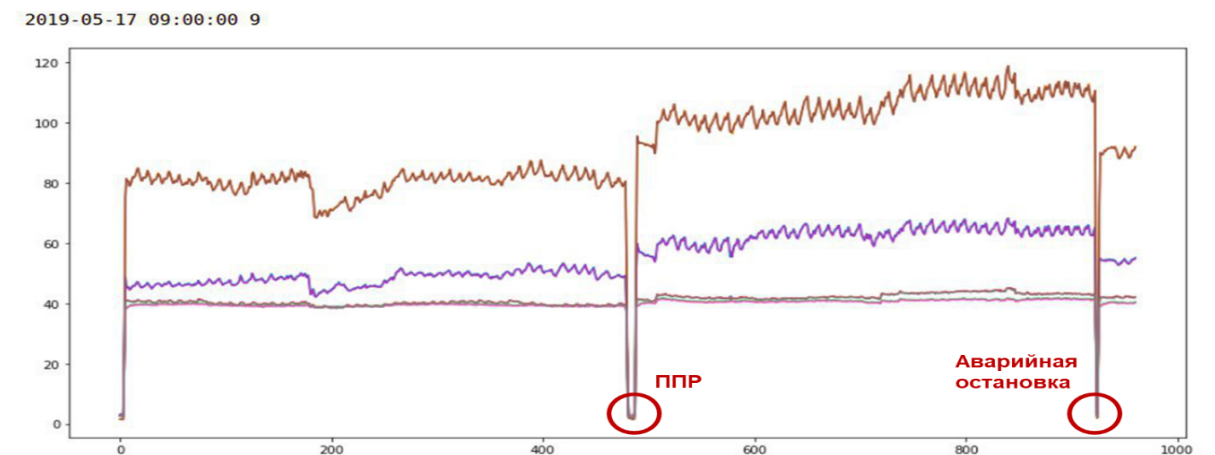
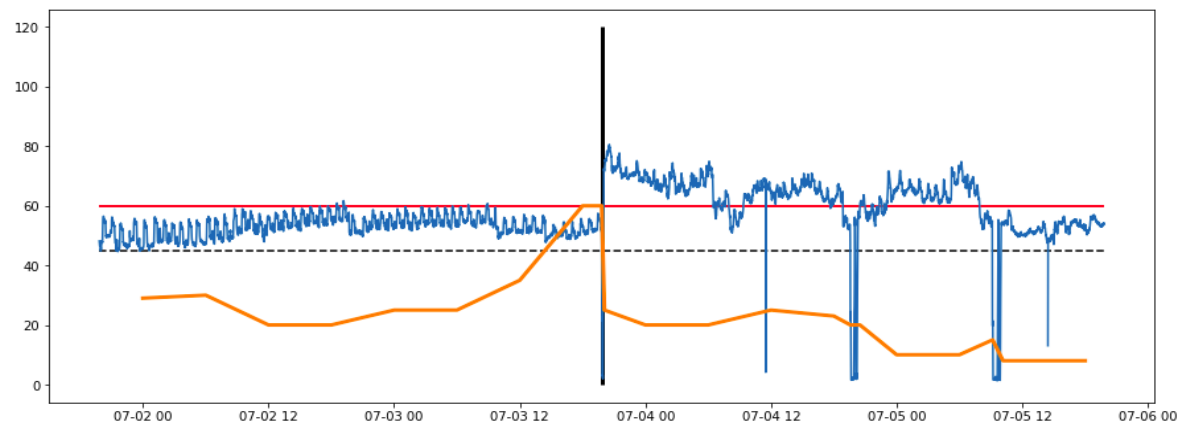


Опыт реализации проектов по предиктивной аналитике для ПАО «Северсталь»



Была разработана прогностическая модель для контроля отказов Нагнетателей газовых конвертеров

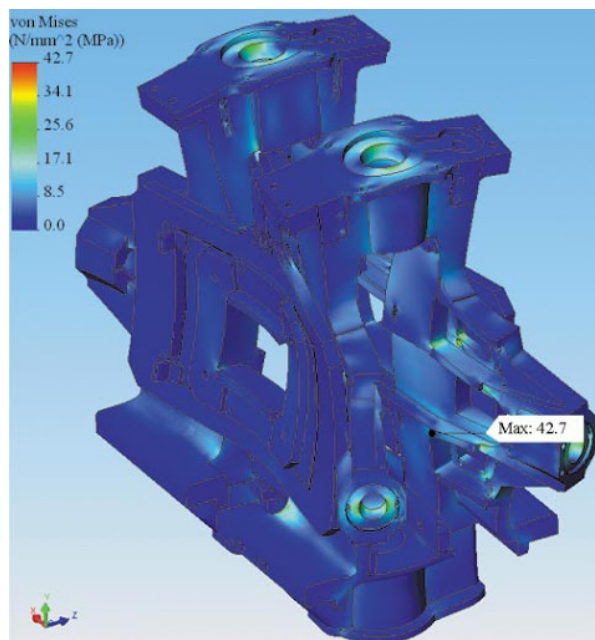
- Разработаны прогностические модели для различных типов оборудования на сталепрокатном производстве с горизонтом прогнозирования в **1-3 суток**
- Разработана система метрик, позволившая сократить число проводимых ППР на **55 часов в год**
- Доказан факт возможности снижения времени простоя оборудования **более чем в 2 раза**
- Доказана возможность **снижения** аварийных отказов на **30%**
- Экономическая выгода от внедрения моделей на момент может составлять до **60-70 млн рублей в год на одном типе оборудования**



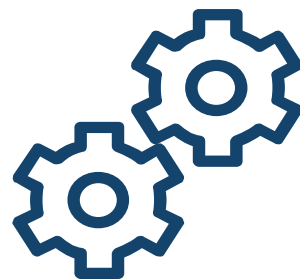
Реализация концепции цифровой двойник

Была разработана концепция внедрения цифрового двойника для симулирования работы клетки стана горячей прокатки и определения критических нагрузок при прокатке и моделирования различных неисправностей

Цифровая модель
клетки



Симулирование
дефектов



Реальные
эксплуатационные данные



Аналитическое
решение



Опыт реализации аналогичных проектов ПАО «РОСНЕФТЬ»

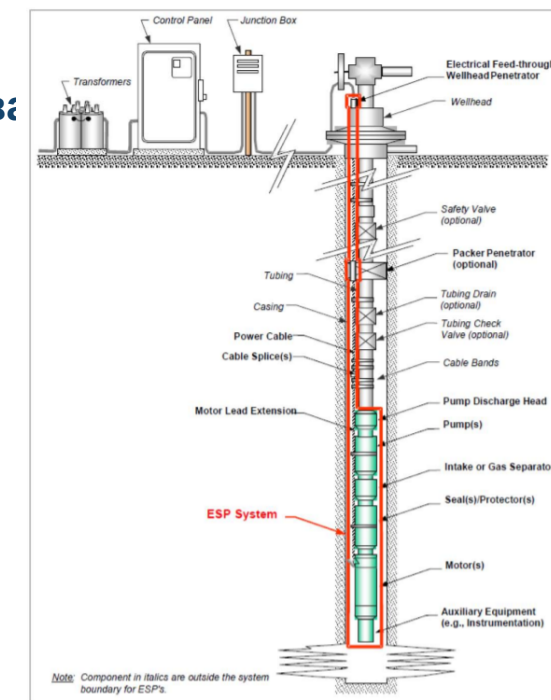
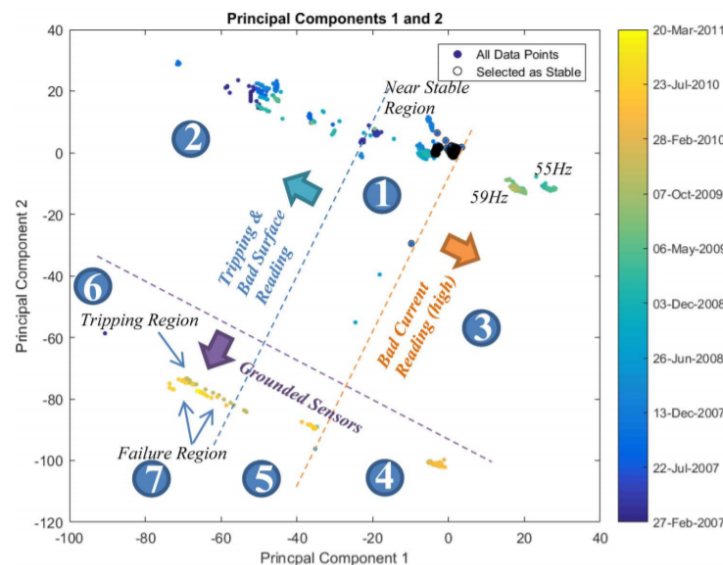


В 2019 году совместно с НК Роснефть был выполнен НИР по теме использования методов предиктивной аналитики для решения задач мониторинга состояния работы оборудования на месторождениях



РОСНЕФТЬ

- Были рассмотрены применения различных моделей для диагностирования отказов погружных насосов. Было доказано, что для данных обладающих высокой степенью корреляции, отлично зарекомендовали себя модели, работающие по принципу метода главных компонент
- Была разработана и предложена система метрик, определяющая стабильный диапазон работы параметров оборудования
- Была оценена экономическая эффективность применения моделей для различного оборудования на нефтяном промысле





Предложение по взаимодействию



Определить оборудование и ключевые задачи для тестирования



Предоставить набор данных для первичного анализа



Выделить ответственного специалиста для консультаций и решения вопросов, возникающих при анализе данных



Контакты

Контактное лицо: Муха Илья Рэмович

**Центр Хранения и Анализа Больших
Данных МГУ**

E-mail: Ilyamkh@gmail.com

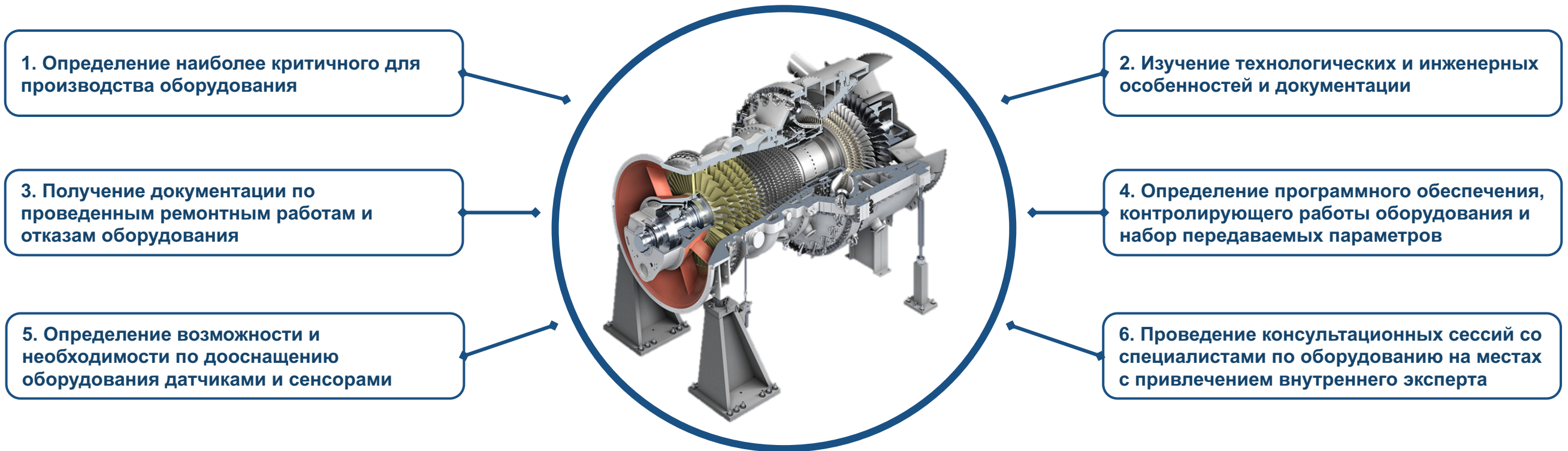
Тел: 8-962-987-82-89



Приложения

Выбор критического оборудования

Первоочередная задача прогнозного обслуживания – **обеспечить надежность критического оборудования**, выход из строя которого может привести не только к экономическим потерям на производстве, но и создать опасные ситуации.



На данном этапе определяются возможные поломки и причины отказа оборудования. А также события, которые могут приводить к отказам оборудования:

- Отказы (Механические, материальные, электрические и прочие)
- Причины (Дефект конструкции, операционные, фабричный дефект, неправильная транспортировка и установка)



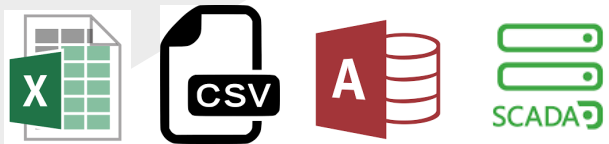
Статические данные

- Техническая документация
- Отчеты о неисправностях
- Нормативная документация
- План ремонтных работ
- Метрики работы оборудования



Динамические данные

- Данные о телеметрии, поступающие в режиме реального времени
- Накопленные исторические данные о работе оборудования
- Данные АСУТП и из ERP-систем



Подготовка данных

- Оцениваются имеющиеся источники данных и возможность получения исторических данных
- В случае необходимости, предлагаются решения по дооснащению оборудования новыми датчиками
- Выгруженные табличные данные подвергаются параметризации и структурируются
- Выделяется важная информация из статических данных, путем распознавания картинок и текстов
- Все ключевые данные трансформируются и формируется БД для дальнейшей работы на этапе анализа

Результат сбора данных

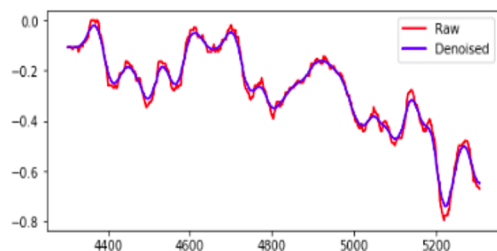
- ✓ Проведен аудит имеющихся данных
- ✓ Получен доступ к данным
- ✓ Данные приведены в единый формат для дальнейшего анализа

Предобработка данных

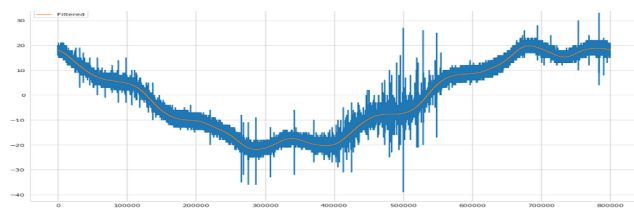
Шум

- Сглаживание фильтрами (mean, median)
- Отсеивание высокочастотной компоненты сигнала с помощью FFT

Сглаживание

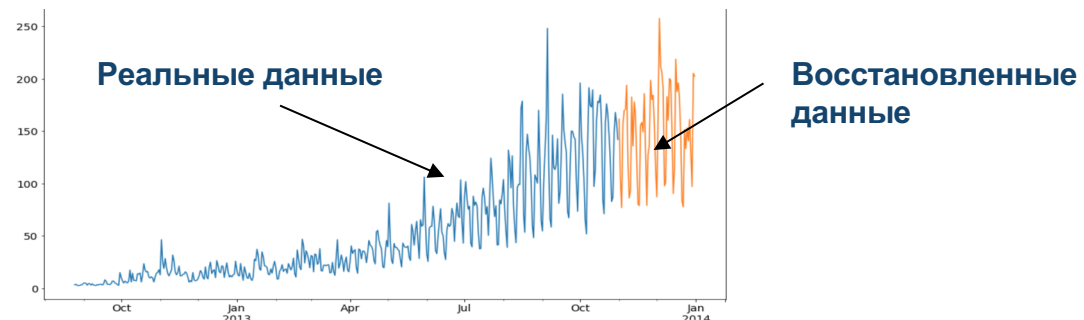


Отсеивание высоких частот



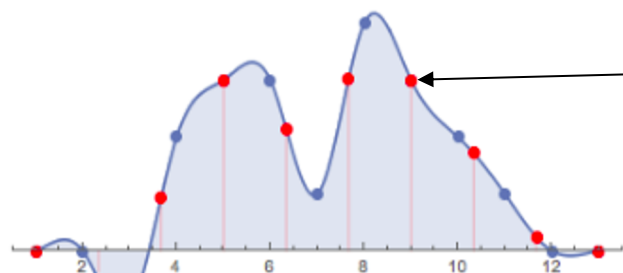
Пропуски в данных

- Авторегрессия (линейная, нейросети: RNN, LSTM)



Разные частоты измерения

- Интерполяция (линейная, сплайнами)

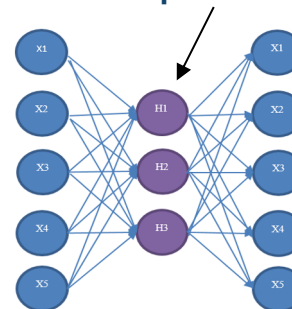


Приведение к нужной частоте кубическими сплайнами

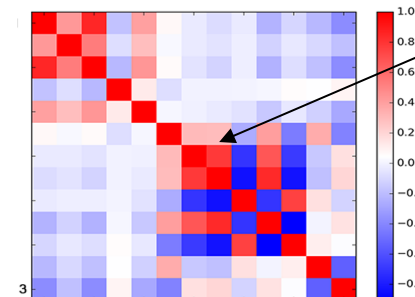
Высокая размерность

- Отбор наиболее значимых признаков
- Уменьшение размерности с помощью PCA
- Снижение размерности с помощью нейросетей

Сжатые нейросетью данные

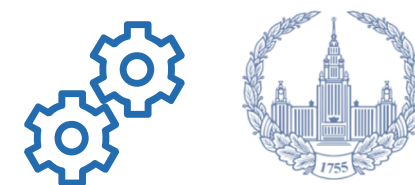


Матрица корреляций рядов



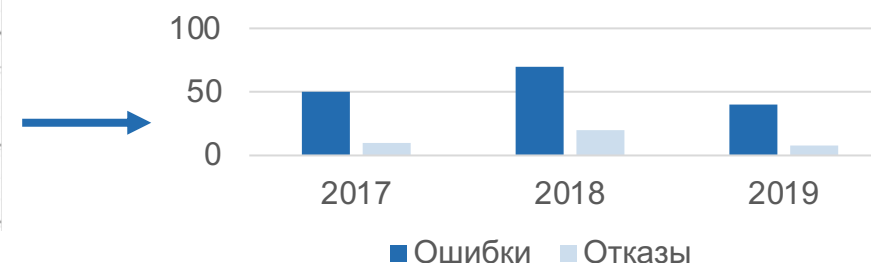
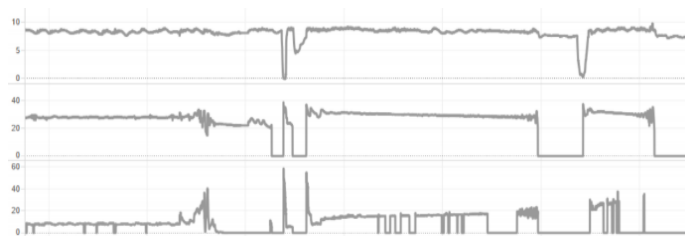
Отсев самых коррелированных

Подход по анализу данных



Определение аномалий

Анализируются исторические данные для определения случаев отказа оборудования и ошибок (сбоев), которые не без должного внимания оператора приводили к отклонениям работы оборудования от нормы. Определяются ключевые параметры и их расчетные производные, которые используются для построения моделей.



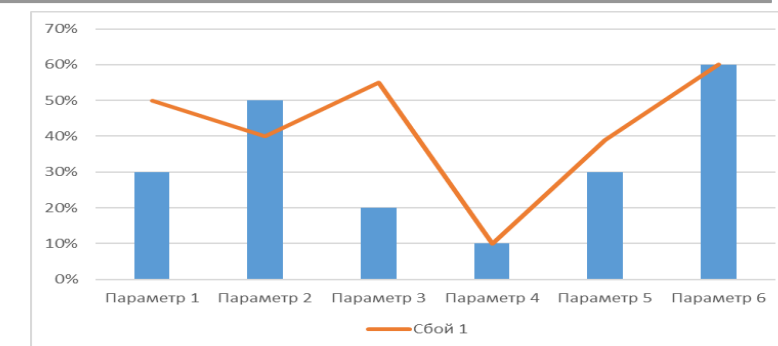
Аналитическая модель

Подбираются подходы для анализа временных рядов и статистической информации в зависимости от имеющихся данных. Могут быть задействованы рекуррентные нейронные сети (LTMS RNN и их аналоги), метод главных компонент, индекс хоттелинга и другие методы. Аналитическая модель позволяет предсказывать сбои в работе оборудования в последующие моменты времени.

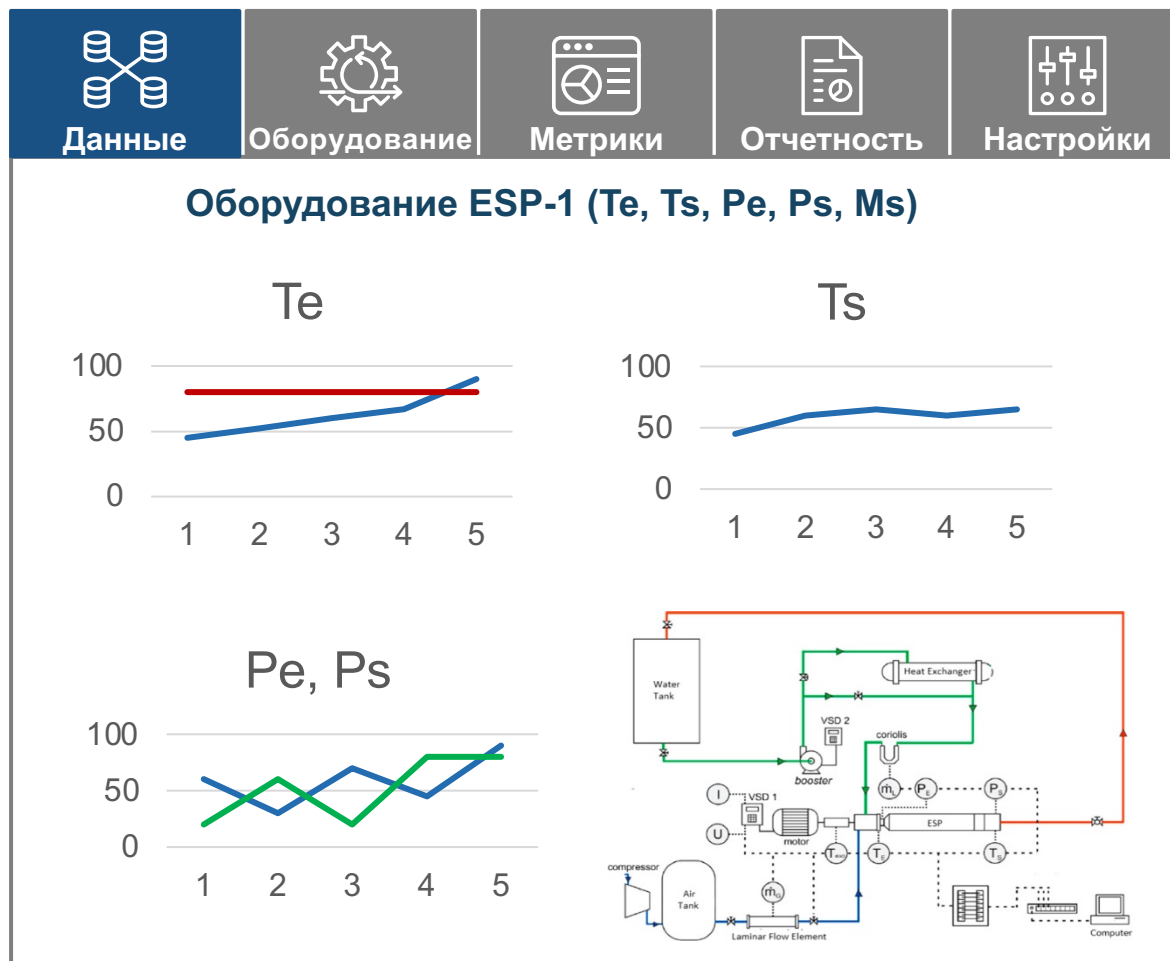
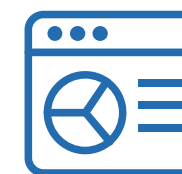


Анализ причин и оптимизация параметров

На основании построенных моделей и проведенного анализа определяются диапазоны стабильной работы для каждого параметра. В случае отказа или сбоя оборудования возможно установление какой параметр или элемент оборудования являлся первопричиной сбоя



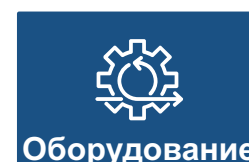
Интерфейс пользователя и ключевые инструменты



Данные

Доступ к данным поступающим в режиме реального времени, собираемого с датчиков на оборудовании и систем АСУТП. Используется для визуального наблюдения и описания математической модели процесса. Описывает текущее состояние оборудования.

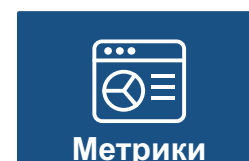
Уровень использования: Специалист по оборудованию, Аналитик по данным



Оборудование

Показывает состояние компонентов оборудования на схеме. Содержит информацию о проведенных ремонтных работах и запросы на закупку новых компонентов. Планирование регламентных работ на основании текущих параметров.

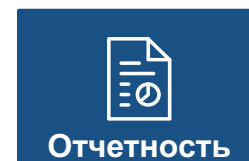
Уровень использования: Специалист по оборудованию, Специалист ТОиР



Метрики

Диагностическая модель работы оборудования, показаны ключевые метрики и информация об отклонении от штатного режима работ. Ключевые параметры эффективности позволяют оптимизировать работу оборудования

Уровень использования: Специалист по оборудованию, Начальник отдела

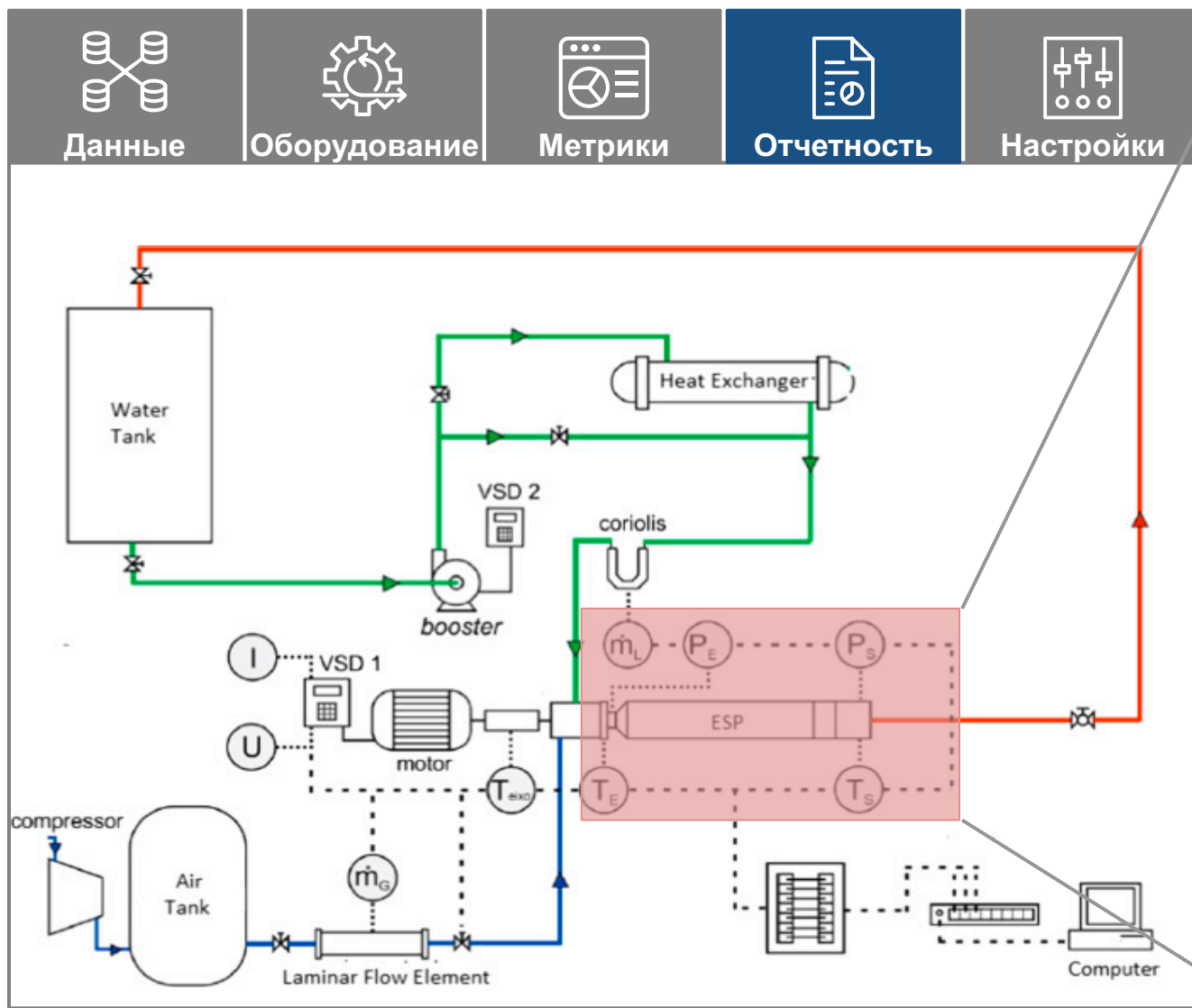
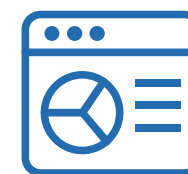


Отчетность

Предписательные рекомендации для поддержки принятия решения. Предоставление анализа о характере сбоев и набора действий для предотвращения и устранения неполадок. Отчет создается автоматически и доступен в системе и на почте сотрудника.

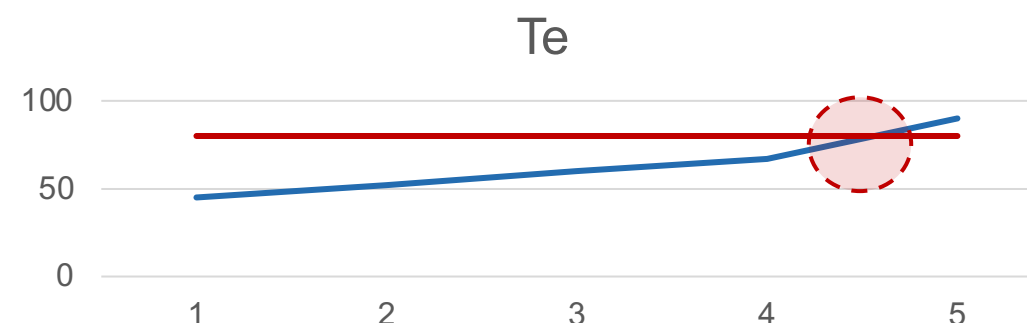
Уровень использования: Специалист по оборудованию, Начальник отдела, Начальник производства

Пример рекомендательных отчетов



Отчет о состоянии оборудования: Electrical Submersible Pump на дату 12.03.2019

- Проверить давление на выходе из насоса
- Наблюдаются повышенные вибрации в центрифуге насоса в течении 25 часов
- Температура (T_e) головки насоса повышается в следствии повышенных вибраций, требуется внимание специалиста





Пример реализованных проектов в области анализа больших данных

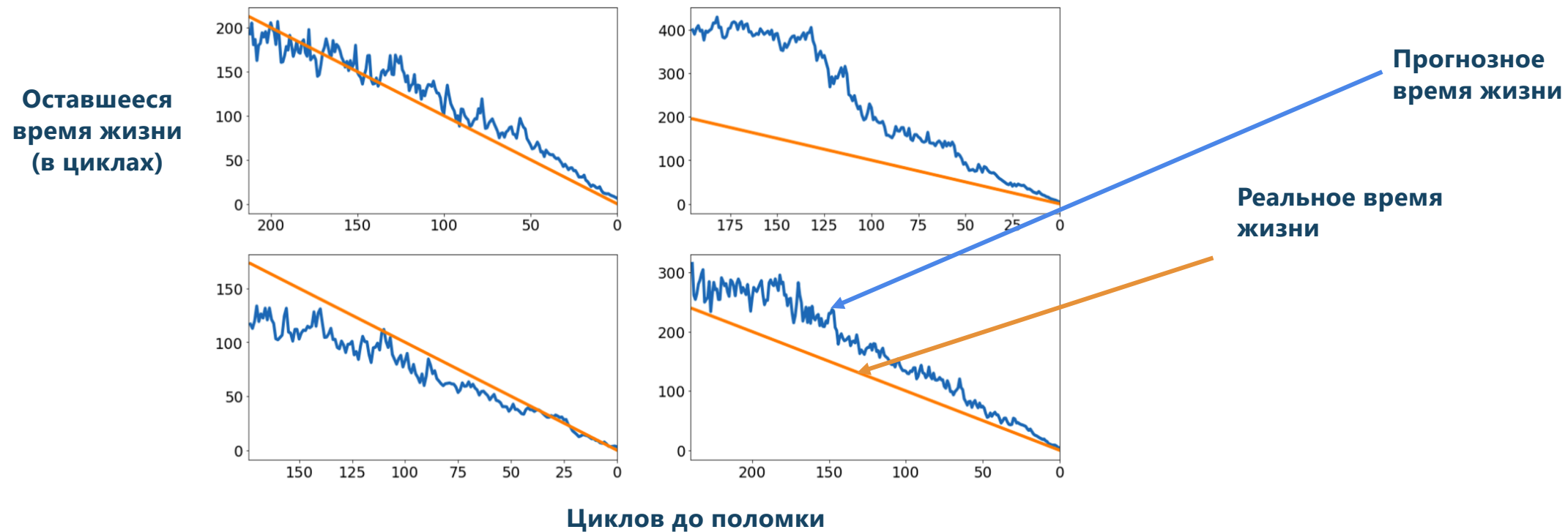


Пример работы модели по предсказанию поломок

ЗАДАЧА:

Прогнозируется время жизни турбовентиляторных двигателей

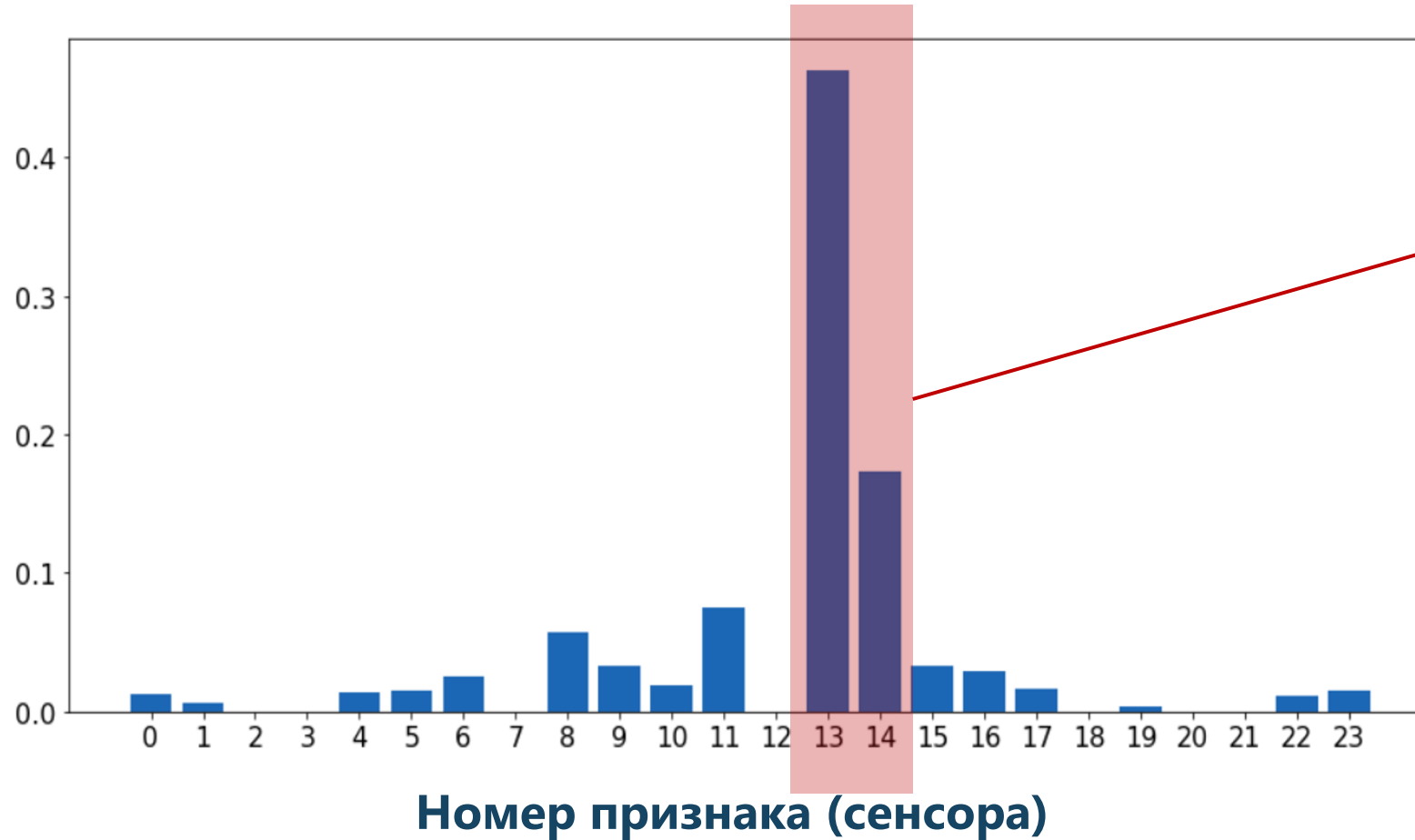
Задача: предсказывать сколько турбине осталось отработать циклов до поломки



Пример работы модели по предсказанию: Анализ влияния параметров на отказ



Вклад признака в прогноз



Лучше всего о будущей поломке говорят сенсоры 13 и 14

Поломка чаще всего связана с физическим параметром, связанным с этими сенсорами

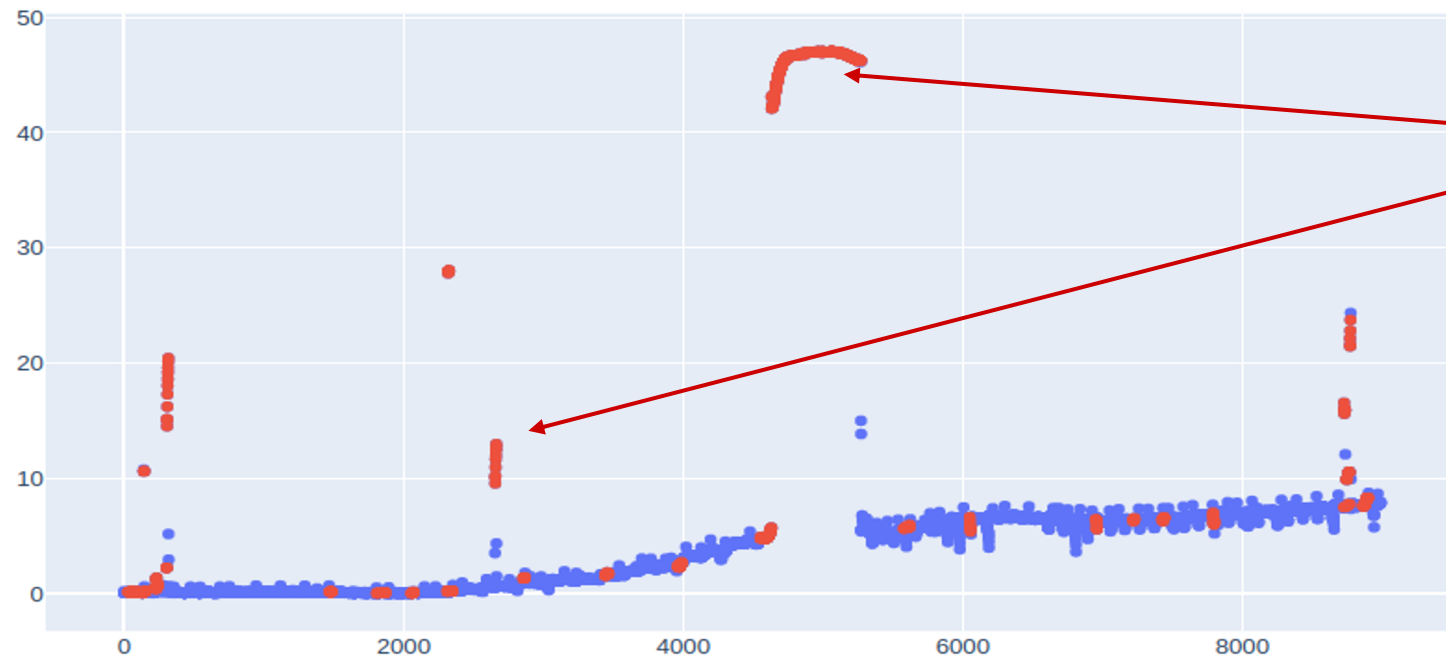


Пример: Локализация кибератак на оборудование

ЗАДАЧА:

Выявляется аномальное поведение оборудования под влиянием серии кибератак

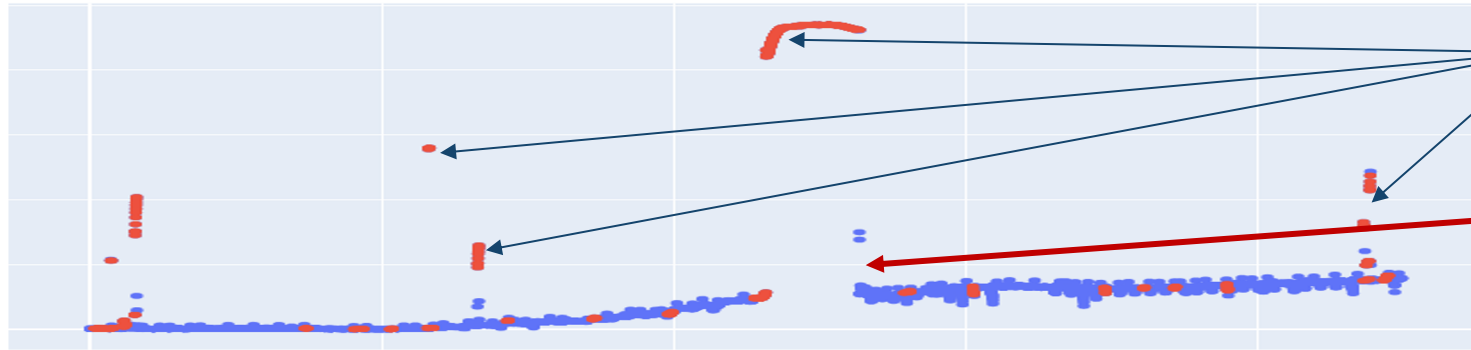
Задача: выявлять атаки и их возможные последствия



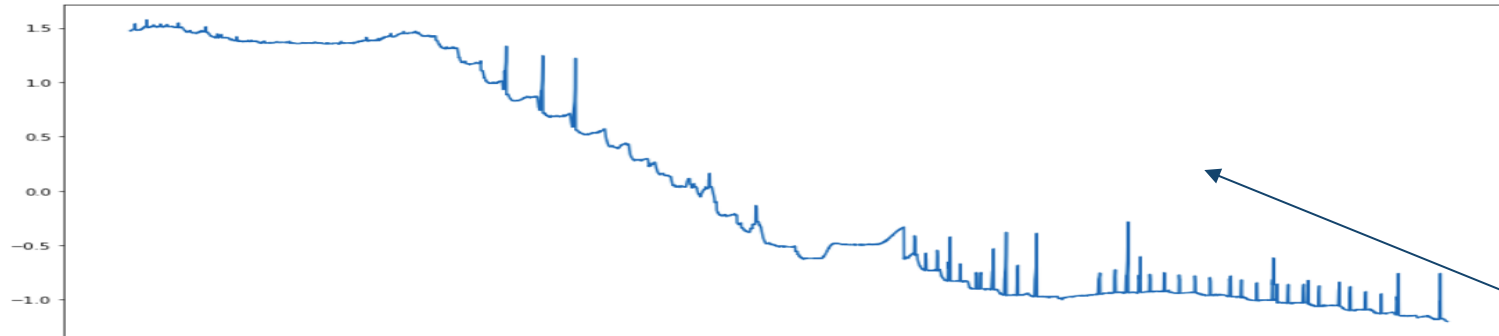
Кибератака

Красные точки - разладка модели во время атак, синие - в остальное время

Определение аномалий: выделение отклонения признаков от нормы



Зафиксировано отклонение от нормального поведения после одной из атак, высокая ошибка в сенсоре 'AIT202'



Синим отображён 'AIT202'
- Сложное визуальное выделение среди общего набора сенсоров

