



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Моделирование в инженерном деле»

Система предсказания отказов в промышленности

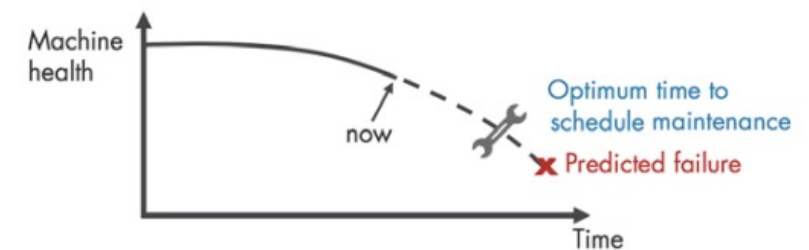
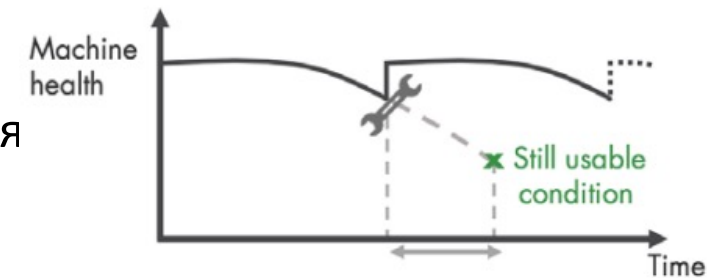
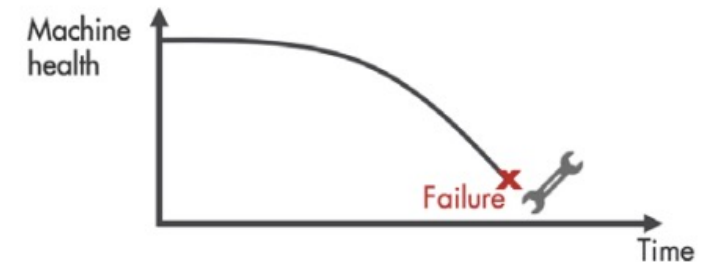
ЦИТМ Экспонента

Анастасия Лесничая

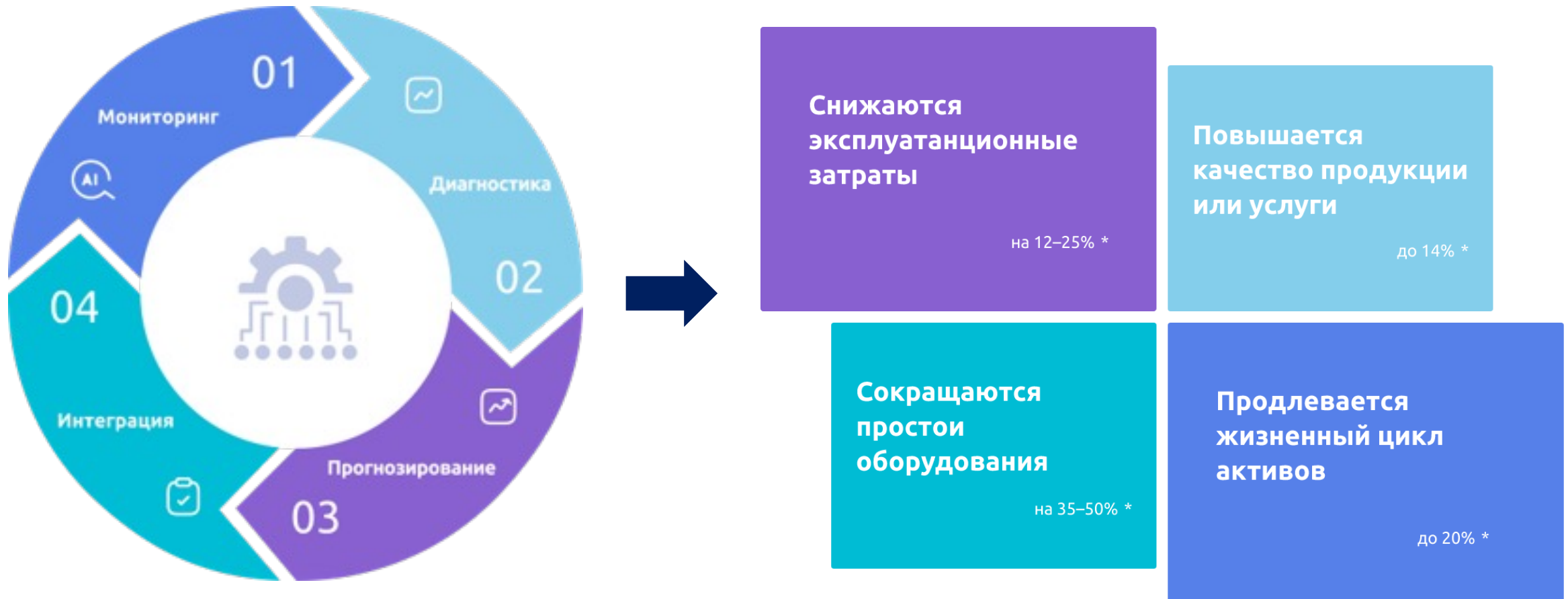
Предсказательное обслуживание



Эволюция организации технического обслуживания и ремонта оборудования



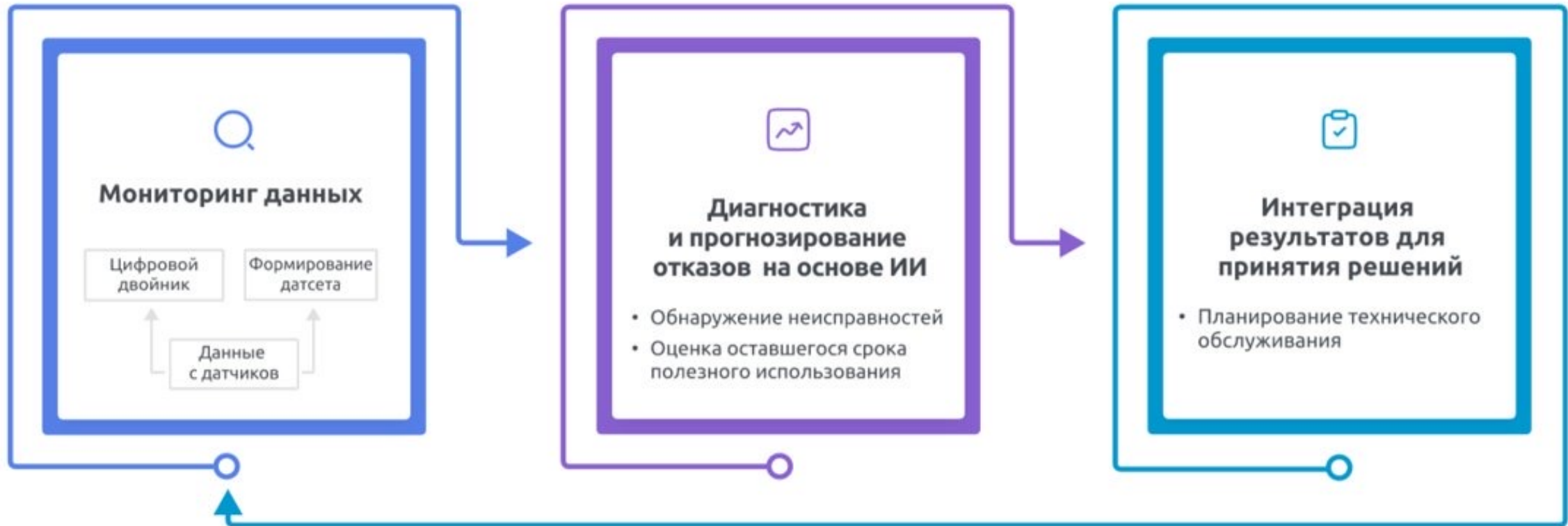
Преимущества внедрения системы предсказания отказов



*

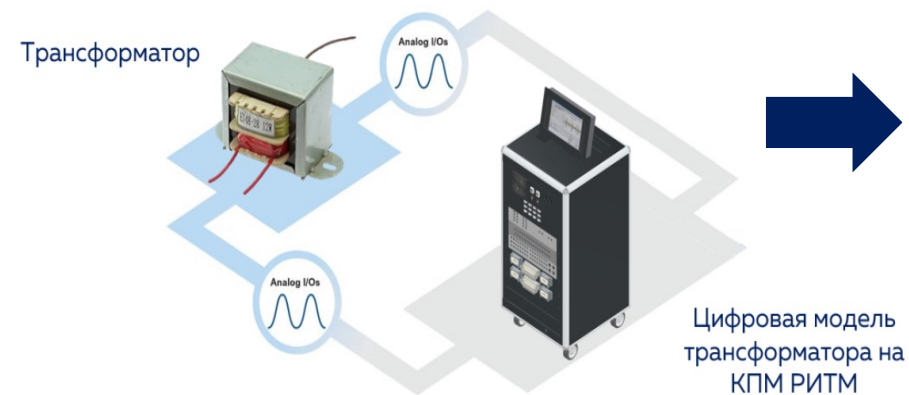
- 1. Digitally enabled reliability: Beyond predictive maintenance
- 2. Predictive Maintenance 4.0. Beyond the hype: PdM 4.0 delivers results
- 3. Maintenance Statistics: Predictive & Preventive, Labor & Costs

Схема работы системы предсказания отказов



Применение машинного обучения

Генерация данных



Параметры:

Мгновенные значения тока I1

Мгновенные значения тока I2

Мгновенные значения напряжения V1

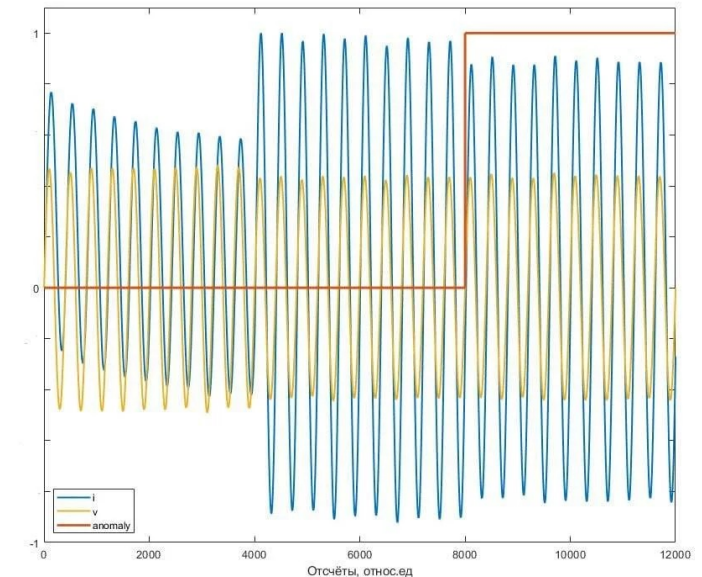
Мгновенные значения напряжения V2

Классы:

Нормальный режим

Режим межвиткового замыкания

Режим отклонения параметров



Применение машинного обучения

Генерация данных

Параметры:

Мгновенные значения тока I1

Мгновенные значения тока I2

Мгновенные значения напряжения V1

Мгновенные значения напряжения V2

Классы:

Нормальный режим

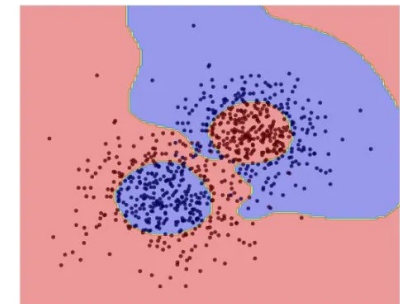
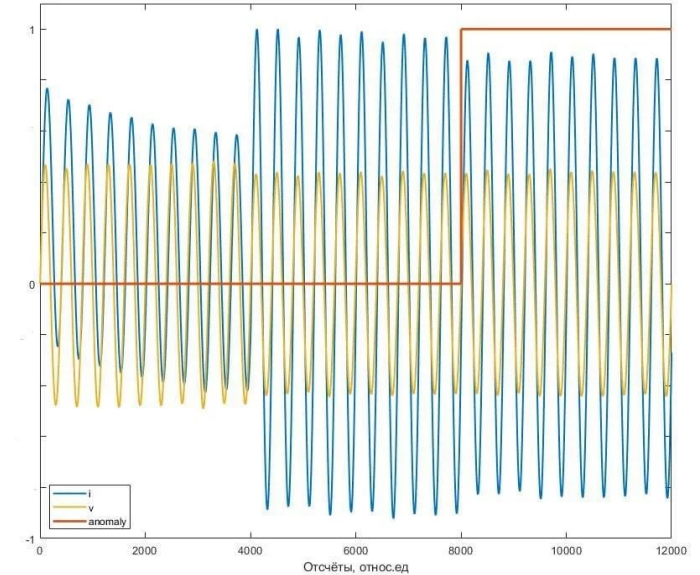
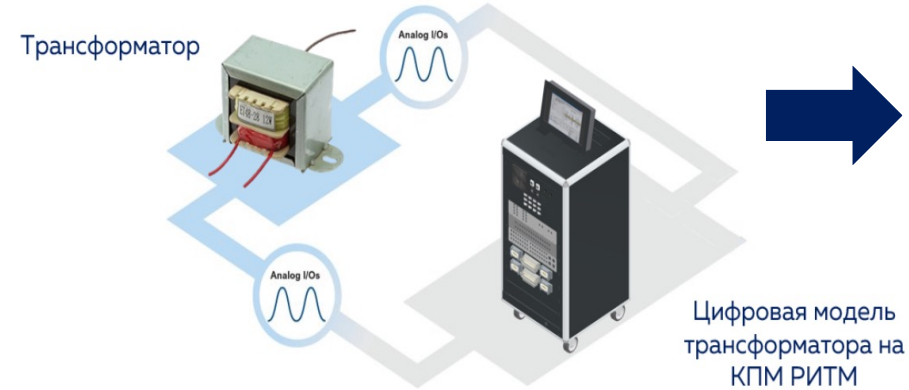
Режим межвиткового замыкания

Режим отклонения параметров

Обучение

Модель:

SVM - Метод опорных векторов



Применение машинного обучения

Генерация данных

Параметры:

Мгновенные значения тока I1
Мгновенные значения тока I2
Мгновенные значения напряжения V1
Мгновенные значения напряжения V2

Классы:

Нормальный режим
Режим межвиткового замыкания
Режим отклонения параметров



Обучение

Модель:

SVM - Метод опорных векторов

Результат:

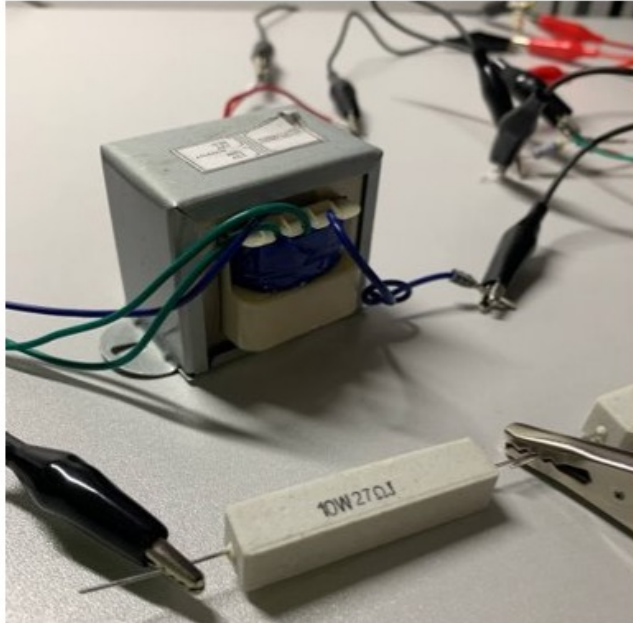
Мгновенные значения тока I1
Мгновенные значения тока I2
Мгновенные значения напряжения V1
Мгновенные значения напряжения V2



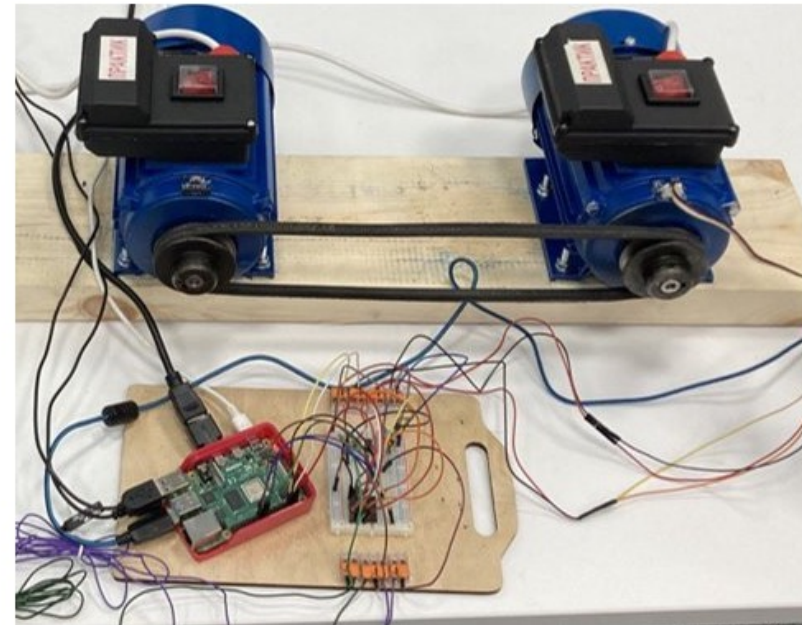
Точность:

75% - классификация по
большинству параметров
Из них 70% - по 3 из 3 параметров

Подходы к созданию системы предсказания отказов

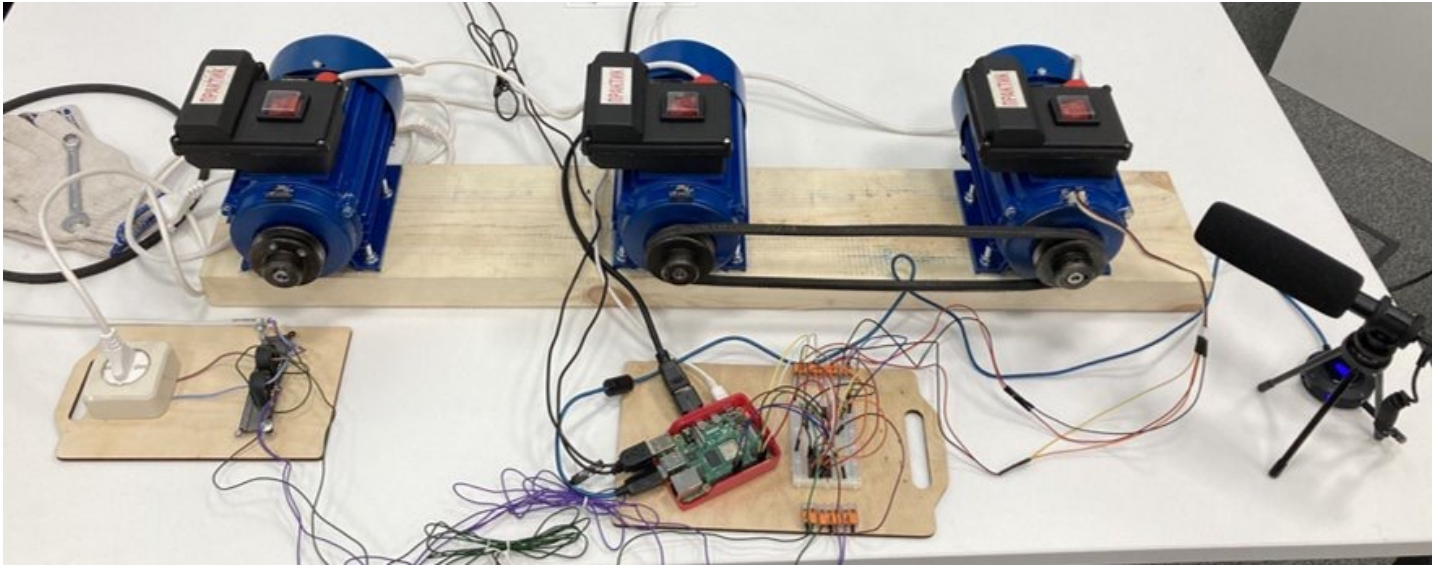


Цифровой двойник



Мониторинг данных

Система мониторинга и диагностики



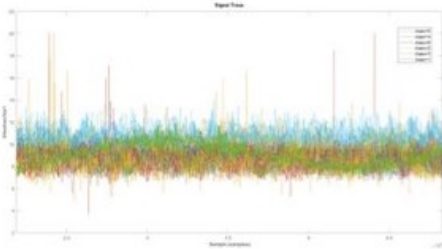
Асинхронный двигатель



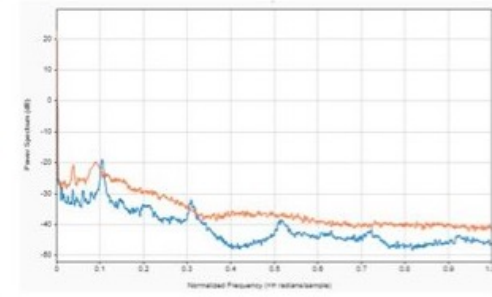
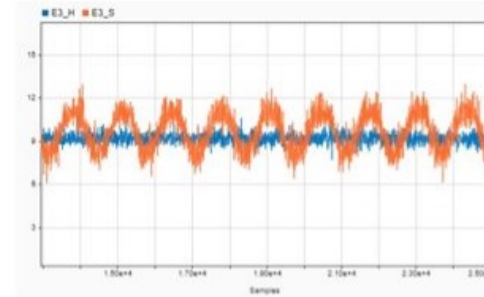
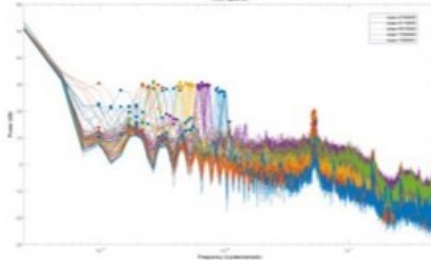
Название дефекта
Ослабление крепления основания
Задевание крыльчаткой защитного кожуха
Повреждение обмотки статора
Дефект подшипника
Дисбаланс, вызванный повреждением шкива
Ослабленная ременная передача

Статистический анализ

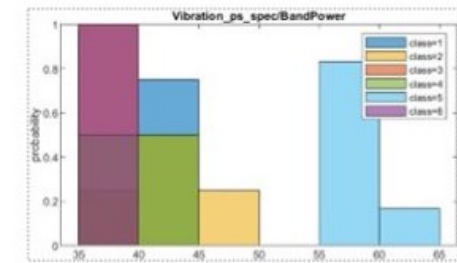
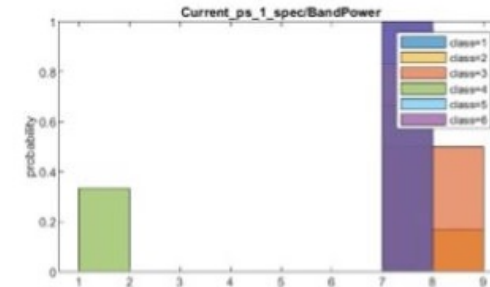
Временная область



Частотная область



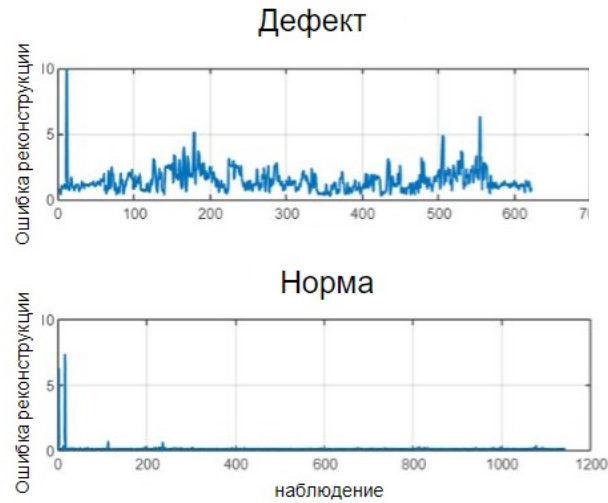
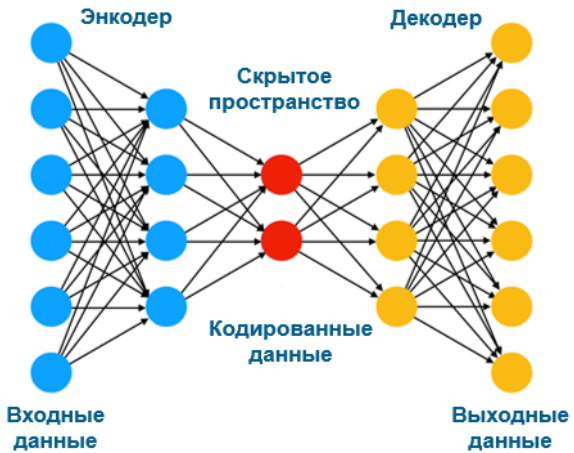
Извлечение характеристик сигналов



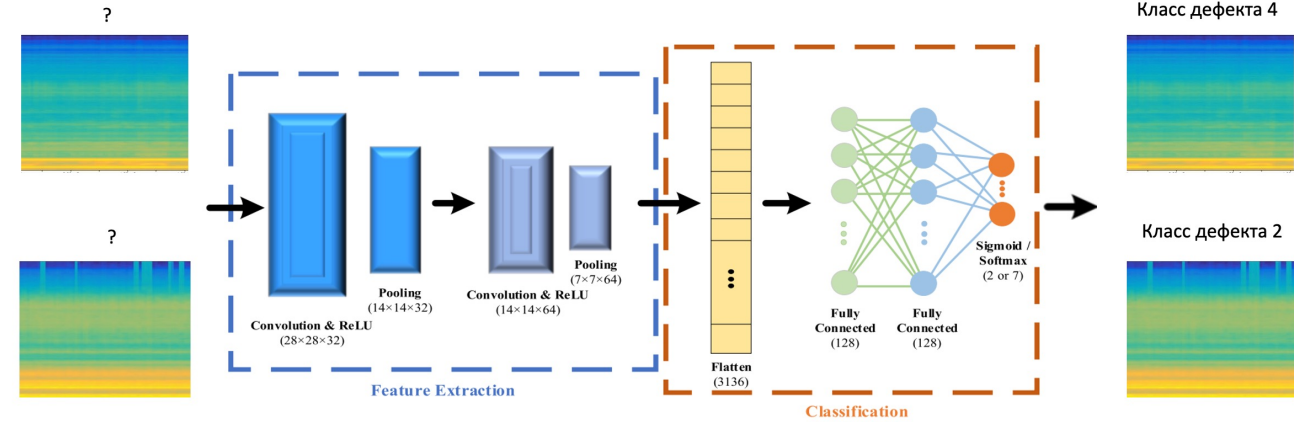
Машинное и глубокое обучение

Задача классификации на 2 класса:
норма и аномалия

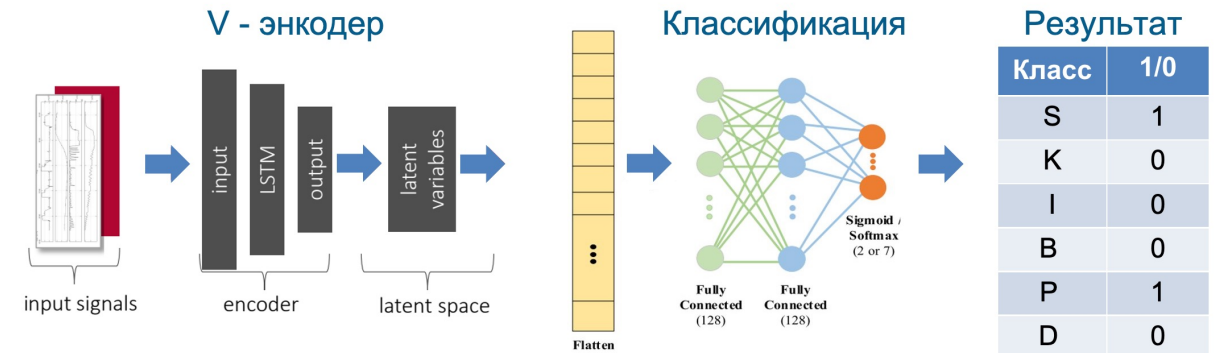
Автоэнкодер



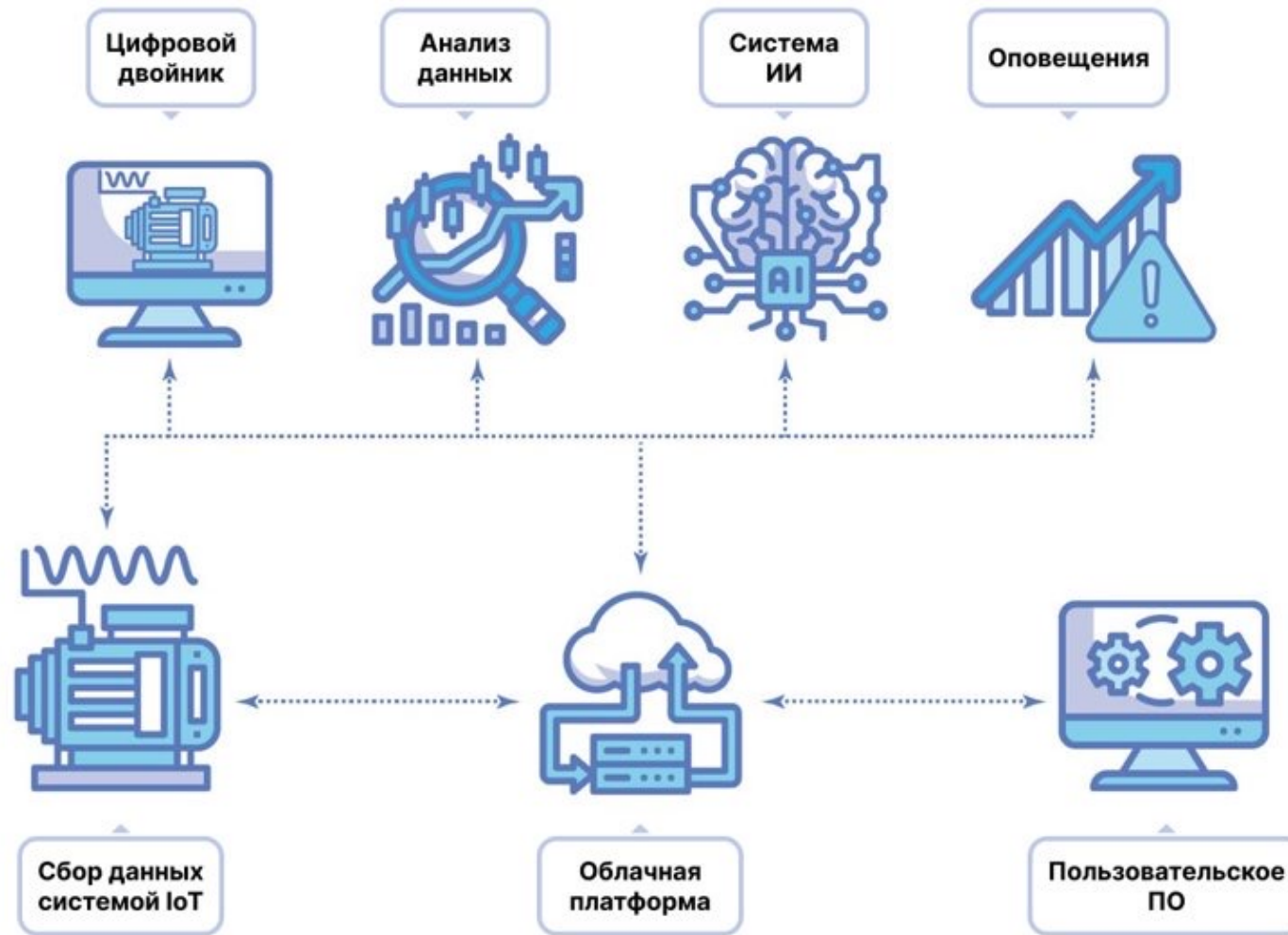
Обнаружение и классификация аномалий на основе CNN



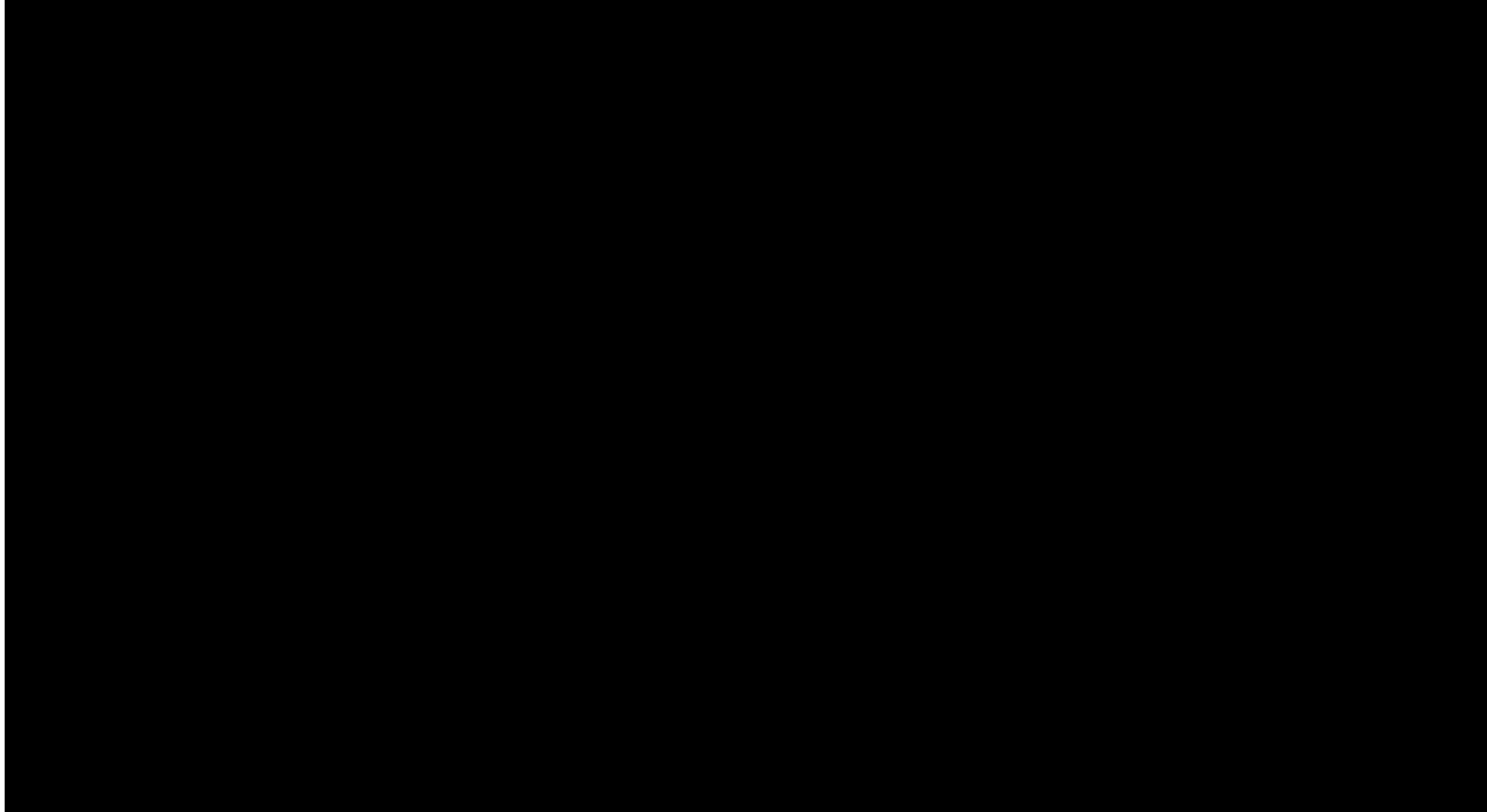
Мультиклассовая классификация



Система мониторинга и диагностики



Система мониторинга и диагностики



Преимущества предсказательного обслуживания

Диагностика состояния оборудования в режиме онлайн

Предсказание неисправностей до их возникновения

Планирование и контроль выполнения тех. обслуживания

Снижение эксплуатационных расходов

Сокращение простоев оборудования

Продление жизненного цикла активов

Повышение качества продукции или услуги

Вариации подходов: Цифровой двойник, мониторинг данных



ЭКСПОНЕНТА

Центр Инженерных Технологий
и Моделирования

Telegram канал



@EXPONENTA_AI

📍 Москва, 2-й Южнопортовый проезд,
д. 31, стр. 4

☎ +7 (495) 009 65 85

✉ info@exponenta.ru
tech@exponenta.ru

🌐 matlab.ru
exponenta.ru