



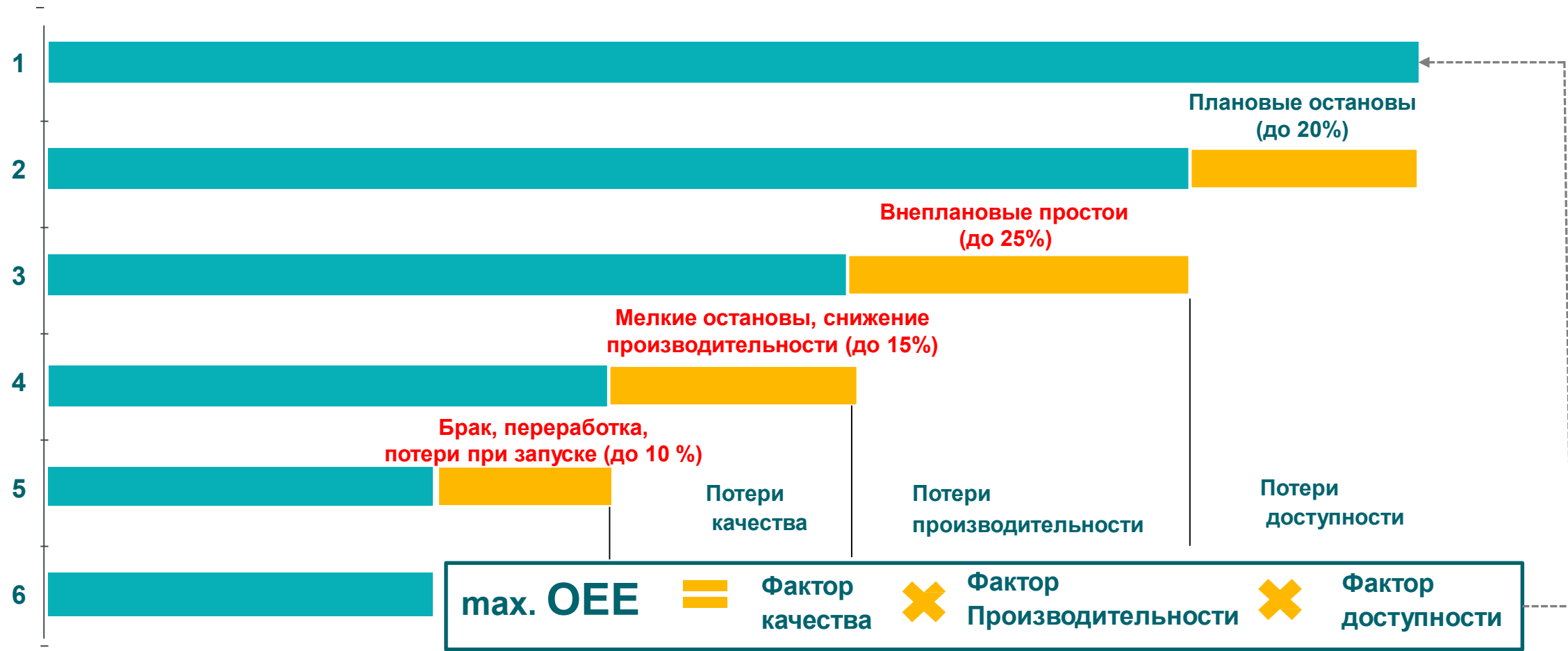
Predicta Smart Monitoring (PSM)



Опыт ПАО «ММК» по созданию и кастомизации импортозамещающего ПАК по предиктивной аналитике оборудования

Общая эффективность оборудования (ОЕЕ)

Какие факторы ограничивают производительность оборудования?
В чем заключаются точки роста даже при кажущейся сбалансированности процессов производства и ТОиР?





ШВЕДСКО-ШВЕЙЦАРСКАЯ ТРАНСНАЦИОНАЛЬНАЯ КОМПАНИЯ | СОЗДАНА В 1988 ГОДУ

В 2016 году ABB запустила решение для интеллектуальных датчиков, которое соединяет низковольтные электромоторы с промышленным интернетом, при этом их можно контролировать через смартфон или сетевое приложение. ABB Ability™ Smart Sensor – это основной элемент продвинутой диагностики и планирования техобслуживания для моторов, насосов, смонтированных подшипников и редукторов. Разработано уже 2-е поколение данного решения.



ВЕДУЩАЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ КОМПАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ. США | СОЗДАНА В 1965 ГОДУ

В 2019 году Analog Devices, Inc. (ADI) приобрела испанскую компанию **Test Motors**, специализирующуюся на профилактическом обслуживании электродвигателей и генераторов. Также в 2018 году Analog Devices приобрела **OtoSense**, стартап, разработавший программное обеспечение «интерпретации сенсорных данных». Analog Devices объединяет программное обеспечение компании OtoSense с возможностями мониторинга компании Test Motors.



В частности, имеются решения для мониторинга периферийных устройств (**Edge Monitoring**) и переносной диагностики даже на удаленных эксплуатационных площадках (**Field Diagnostics**), а также для предиктивного техобслуживания электрических моторов (**Predictive Maintenance for Electric Motors**). Безопасная и масштабируемая технология OtoSense является модульной и гибкой и может применяться везде.



По данным компании Analog Devices, **мониторинг состояния оборудования и производительности в режиме реального времени обеспечивает снижение количества незапланированных простоев и затрат на них:** руководители высокотехнологичных (5%) компаний и компаний со средним уровнем технологического развития (17%) сообщали о гораздо меньшем числе случаев незапланированных простоев своего промышленного оборудования каждую неделю, чем руководители не высокотехнологичных компаний (53%).



КОМПАНИЯ РАБОТАЕТ В СФЕРЕ IoT и AI ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ. США, ИЗРАИЛЬ СОЗДАНА В 2011 ГОДУ

В 2019 году компания привлекла 25 млн. долл. для развития искусственного интеллекта. Лозунг компании: *Машины разговаривают, мы слушаем*. Компанией создана линейка решений Machine Health для предиктивной диагностики и предотвращения выхода машин из строя. Это инфраструктура, которая осуществляет предиктивное обслуживание путем непрерывного мониторинга «здоровья» машин. Ее работу обеспечивают IoT и AI.



ПРОМЫШЛЕННАЯ КОМПАНИЯ. БРАЗИЛИЯ | СОЗДАНА В 1961 ГОДУ

Решение WEG Motion Fleet Management позволяет получить операционный статус электромоторов, низковольтных и средневольтных приводов с переменной скоростью, электродвигателей с плавным пуском, редукторов, электродвигателей с редуктором, компрессоров и др. Для мониторинга электродвигателей разработано решение WEG Motor Scan с применением облачных технологий и IoT (WEG IoT Platform). Решение было запущено в 2018 году.



EMERSON

КРУПНАЯ ТРАНСНАЦИОНАЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ США | СОЗДАНА В 1890 ГОДУ

В 2016 году компания провела преобразование бизнес-платформ. Созданная компанией цифровая экосистема Plantweb™ Digital Ecosystem это портфель из целого ряда масштабируемых отраслевых решений. В частности, это инструмент мониторинга оборудования AMS Machine Works v1.6, контролирующий вибрацию, а также пакет Plantweb Optics, дающий широкие возможности настраиваемых соединений, позволяющих легко подключаться к нескольким приложениям и переносить данные в центральное хранилище, где они автоматически вводятся в критически важные инструменты управления данными. По данным компании Emerson, отремонтировать отказавший агрегат стоит дороже **на 50% или более**, чем если бы проблема была решена до отказа в работе. Каждый год теряется **до 5%** производственных мощностей в результате незапланированных простоев.



Экономика в условия санкций: возможность или кризис?

Системные задачи:

- Минимизация простоев оборудования на предприятиях и точное понимание причин простоев и отказа оборудования
- Повышение производительности труда
- Удержание себестоимости на единицу изготавливаемой продукции
- Снижение стоимости владения средствами производства
- Контроль эффективности работы и обслуживание оборудования
- Выявление и «расшивка» узких мест производств
- Снижение зависимости от иностранных запчастей и сервиса
- Внедрение единой цифровой платформы аналитики и развитие сервисов, повышающих производительность труда и безопасность работников на промышленных предприятиях

Какую архитектуру решения хотели разработать?

В составе ПАК - линейка **собственных IoT датчиков*** на универсальных решениях, **протоколы передачи данных** и **программные приложения**, обеспечивающие требуемый функционал, быстрое развёртывание и удобное сервисное обслуживание



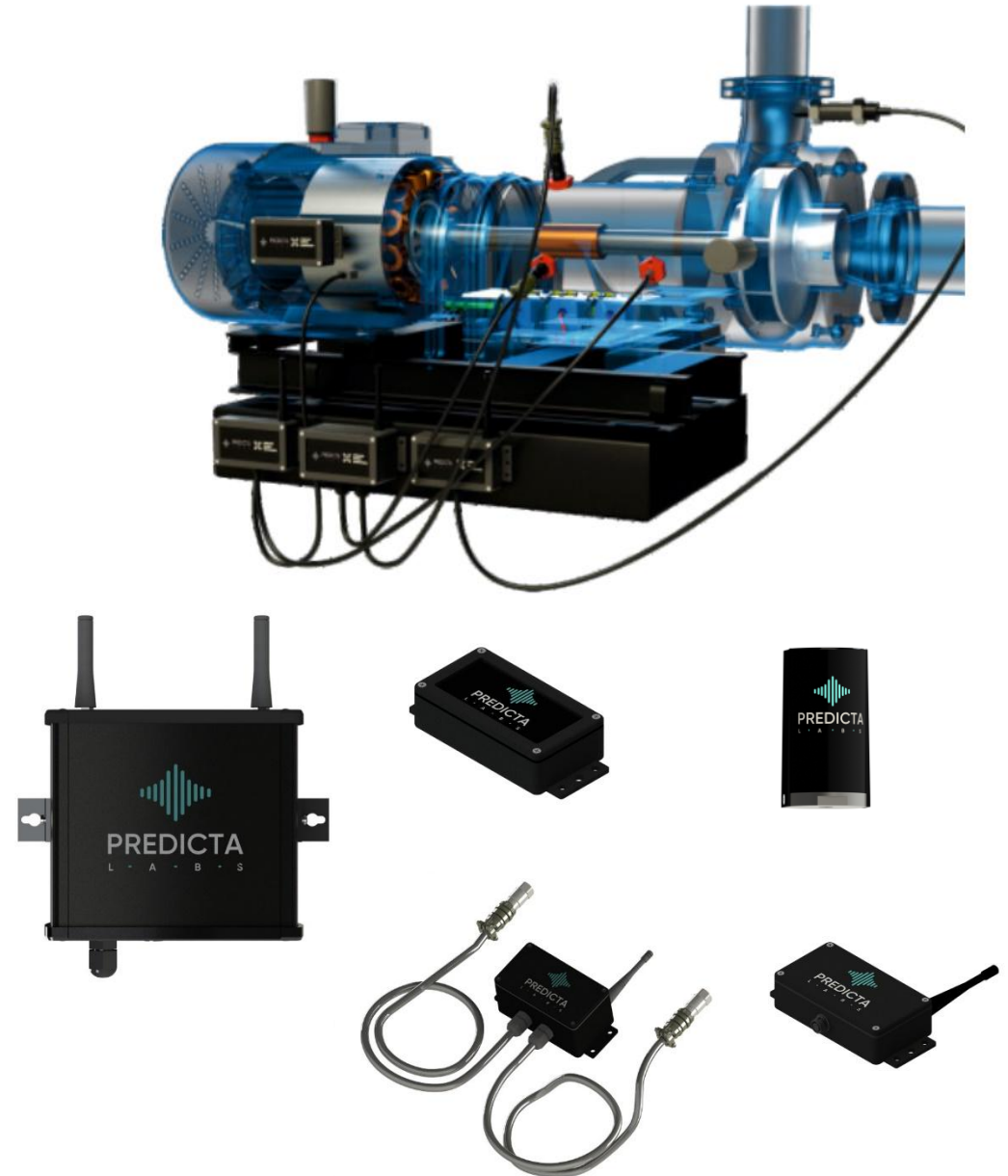
* Возможна разработка индивидуальных модулей (на базе любых протоколов передачи данных) по требованиям заказчика

Почему решили делать полный цикл?

Программно-аппаратный комплекс мониторинга и предиктивной аналитики технического состояния оборудования мониторинга представляет из себя комплексную кибер-физическую систему с элементами искусственного интеллекта, которая состоит из физических и вычислительных элементов и постоянно получает данные из окружающей среды и физических объектов на основе беспроводных систем передачи данных, и использует их для дальнейшей выдачи рекомендаций по обслуживанию оборудования и выявления зарождающихся дефектов.

ПАК состоит из следующих уровней:

- сенсорное оборудование (датчики)
- программное обеспечение датчиков, средств обработки и отражения данных (Predicta Smart Monitoring)
- протоколы передачи данных,



Что хотели видеть (неисправности)

Модули мониторинга и шлюзы

- Вибрация (5 видов)
- Магнитное поле
- Давление
- Температура
- Влажность
- Ток и напряжение
- Шлюз (мини компьютер)
- Шлюз сетевой



Неисправности

- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| - асимметрия ротора | - неисправности тел качения | - перекос фаз |
| - небаланс ротора | шарикоподшипников: | - оборванные |
| - эксцентриситет воздушного зазора: | - дефекты внешней дорожки, | стержни |
| искривление ротора | дефекты внутренней | - нагрев |
| - неисправность ротора: трещины | дорожки | подшипников |
| стержней ротора, обрыв стержней | - неисправности «беличьей | - перегрев корпуса |
| ротора | клетки»: обрыв или | |
| - неисправность статора: | ослабление крепления | |
| межвитковые замыкания, | стержней беличьей клетки | |
| повреждение изоляции, | - несоосность валов | |
| - обрыв фазы | | |

В алгоритмах заложена кросс валидация параметров и увеличение количества модулей повышает точность определения дефектов.

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, НАСОСЫ, РЕДУКТОРЫ

В мире на 2023 год – **свыше 1 млрд** промышленных электродвигателей

В России на 2023 год – **свыше 15 млн** промышленных электродвигателей

25 % из них - критически важные

электродвигатели



На каждый двигатель приходится как минимум еще 1-2 устройства вращения



Насос



Вентилятор



Конвейер



Станки

РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПРОДУКТОВ

2023-2024	2025-2027
- Асинхронные электродвигатели	- Синхронные электродвигатели
- Насосы	- Трансформаторы
- Редукторы	- Генераторы
	- Компрессоры

Единая платформа позволяет не затрачивать средства при масштабировании системы

Пилотные проекты



Контроль прогаров доменной печи

Задачи

- Предотвращение аварий в результате прогаров корпуса
- Снижение количества и стоимости планово-предупредительных ремонтов
- Контроль эффективности работы и обслуживания доменной печи
- Снижение потребности в материалах и запчастях
- Повышение доступности оборудования безопасности

Решение

Ежесекундный контроль трендов нагрева кожуха доменных печей с настройкой системы уведомлений персоналу

Метрики

- Снижение случаев с летальным исходом
- Снижение простоев домны по причине прогара кожуха
- Повышение доступности оборудования



Предиктивное обслуживание критически важного оборудования в листопрокатных цехах

Задачи

- Снижение простоев оборудования
- Снижение количества непродуктивных обходов оборудования
- Синхронизация закупок необходимых материалов

Решение

Внедрение системы предиктивной аналитики оборудования



Метрики

- Снижение простоев
- Повышение эффективности обходчиков
- Повышение доступности оборудования

Типы используемых модулей

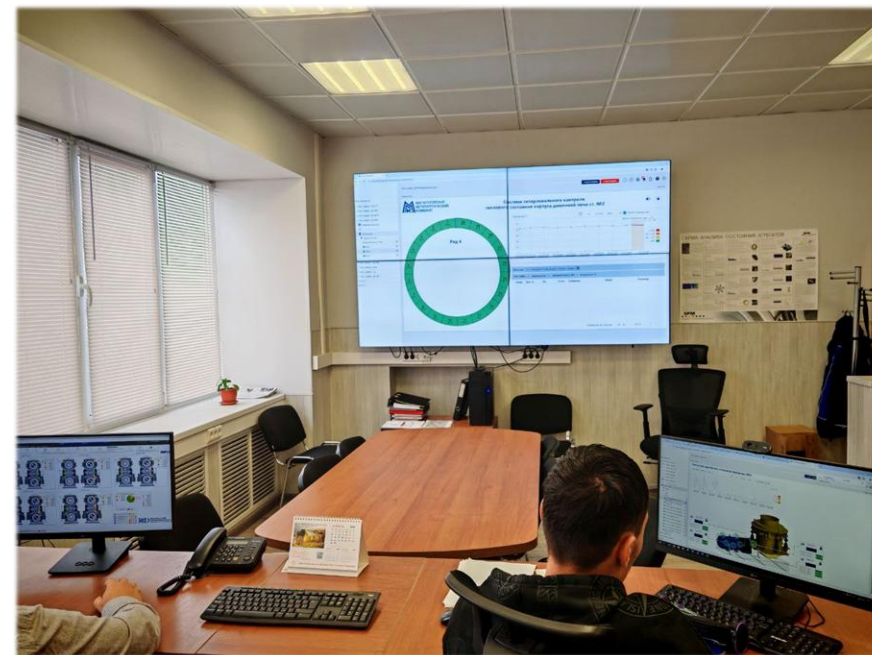


ВСЕ ЭТО НЕ БУДЕТ РАБОТАТЬ
ТАК КАК НАДО!!!
ПОЧЕМУ?

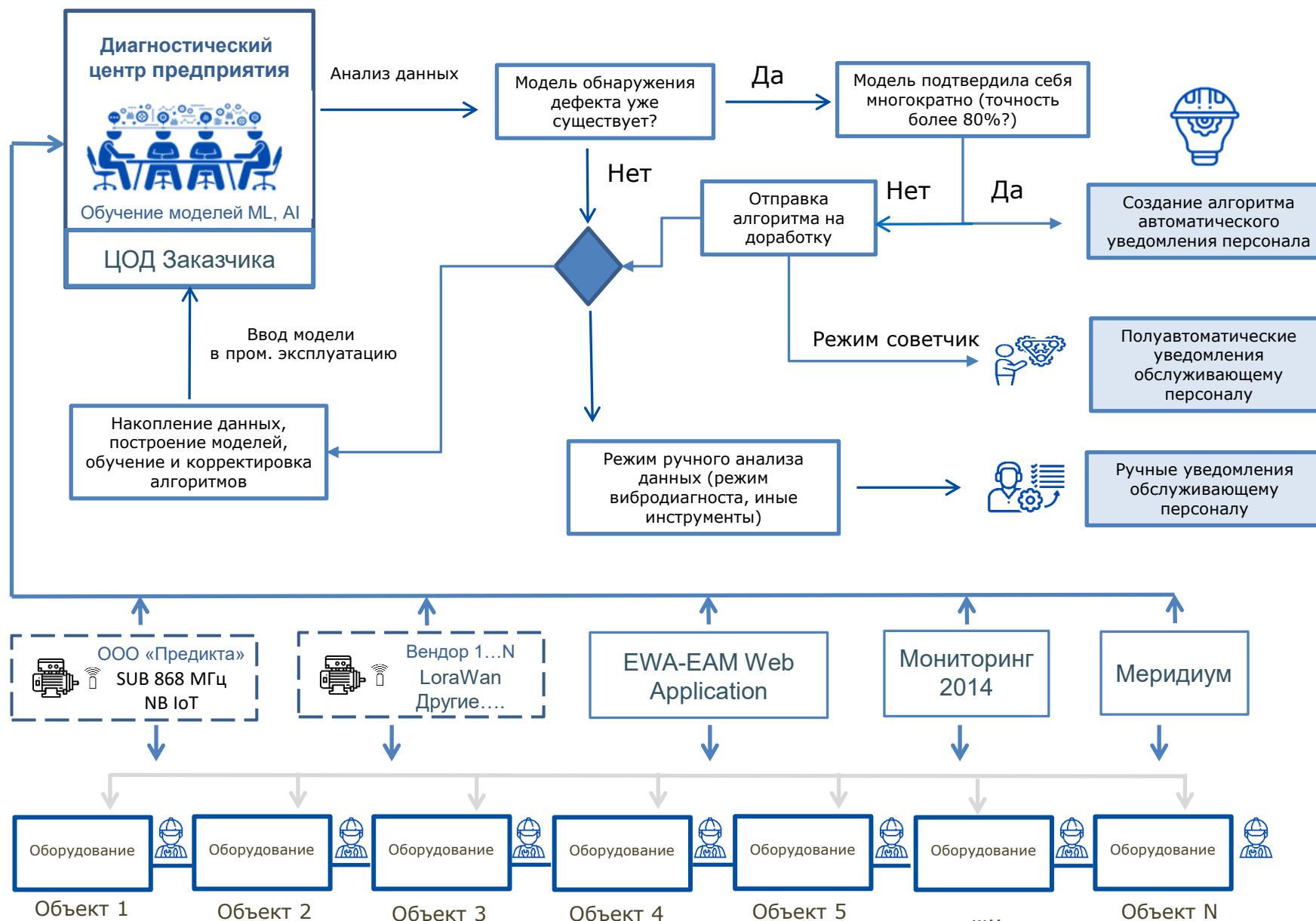
Вопросы, требующие внимания

Организационные:

- **Необходимость создания внутреннего центра компетенций на предприятии:** для своевременного и корректного обнаружения дефектов и неисправностей, а также совершенствования систем предиктивной аналитики требуется наличие соответствующих компетенций, встроенных в процессы компании.
- **Создание инфраструктуры и условий для функционирования PdM:** цеха требуют сетей и модулей мониторинга оборудования, изменение подхода и культуры ремонтов.
- **Встраивание в существующий процесс ТОиР:** необходимость глубокого «погружения» в процессы ТОиР и постоянной работы с системами PdM; сомнения со стороны персонала заказчика по поводу корректности измерений и точности рекомендаций и предсказаний данных систем; сложность в организации взаимодействия разных служб ТОиР.



Принцип работы и построения предиктивной аналитики



Моделирование

Отладка моделей в MatLab

Стендовые испытания

Проверка на реальном объекте с необходимым набором модулей (расчет параметров)

Перенос модели на сервер

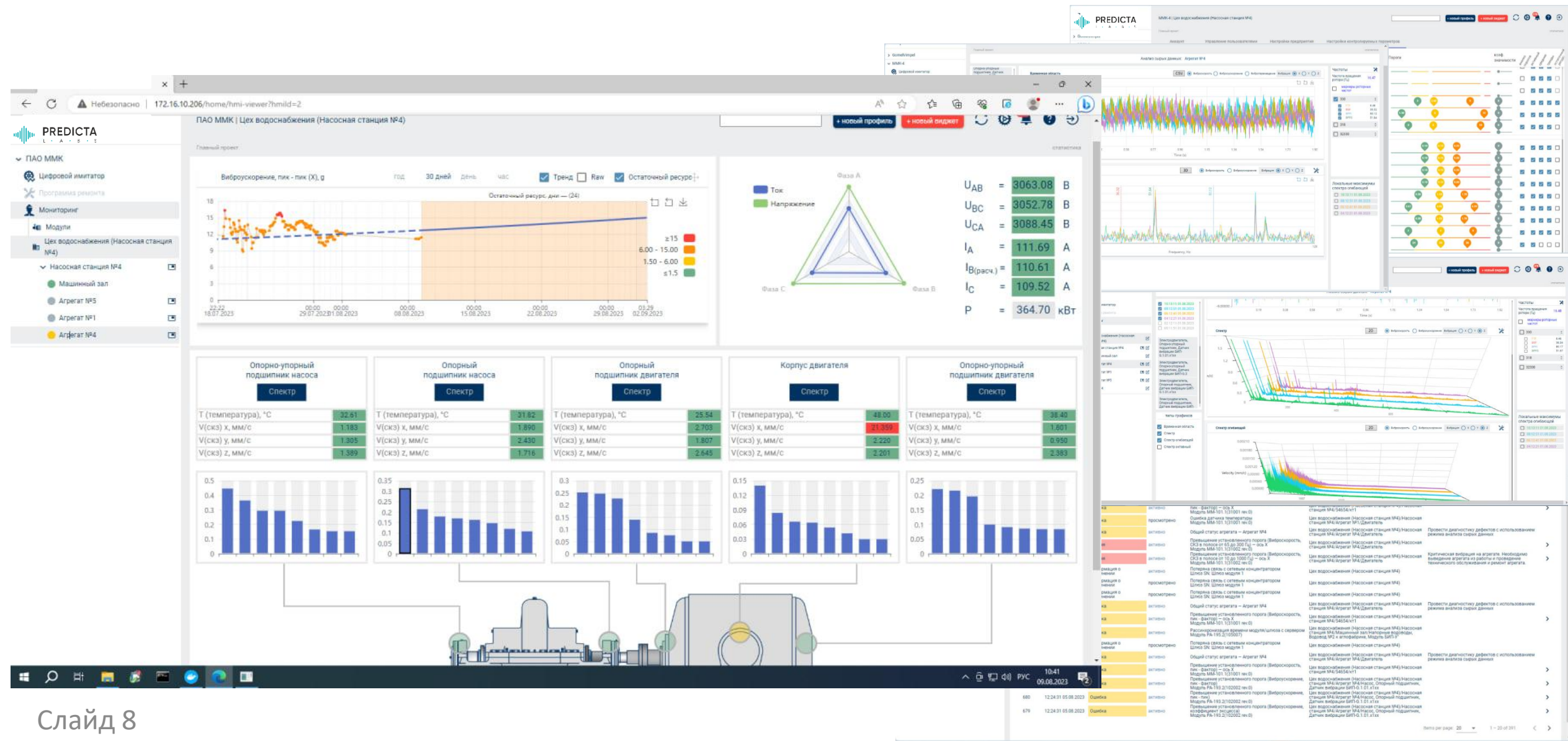
Обнаружение базовых дефектов

Блок остаточного ресурса

Модели подбора на основании исторических данных

Модели увязывающие технологические параметры

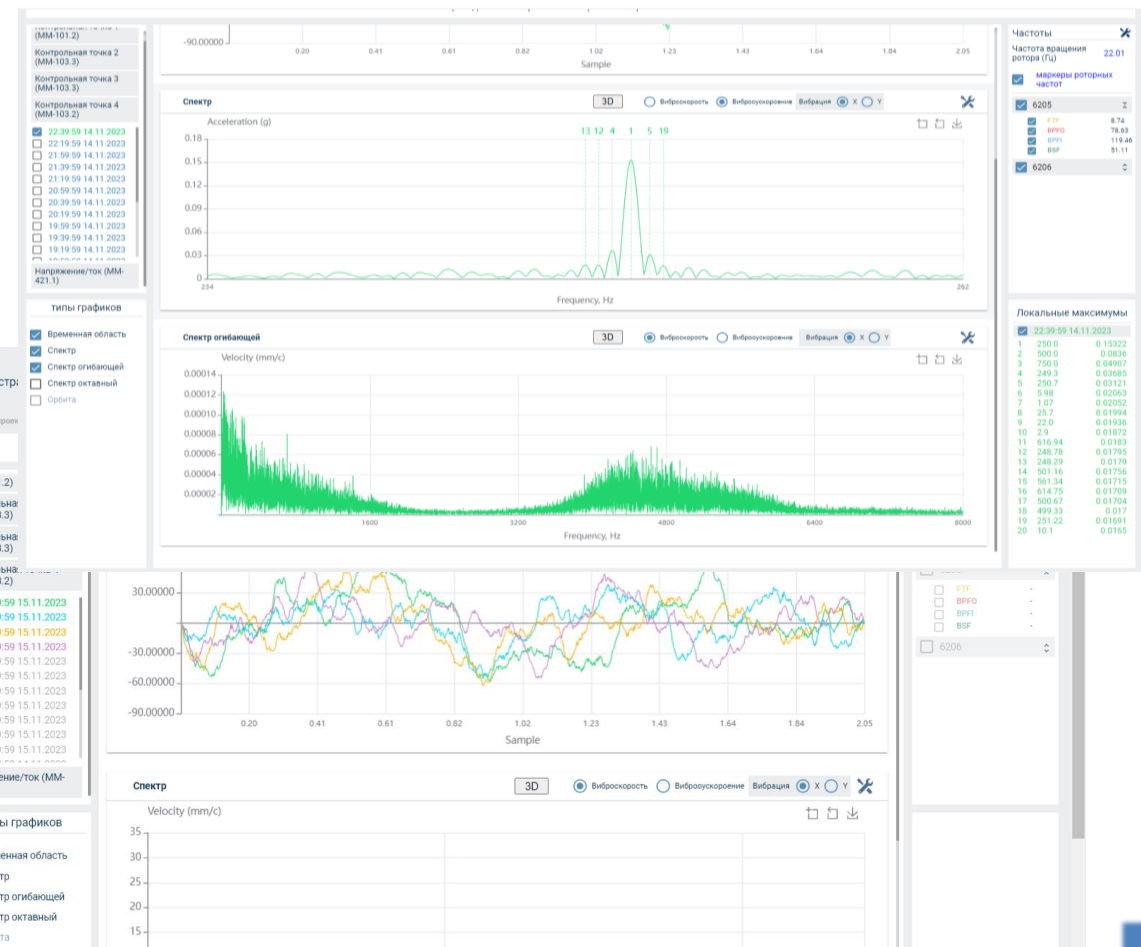
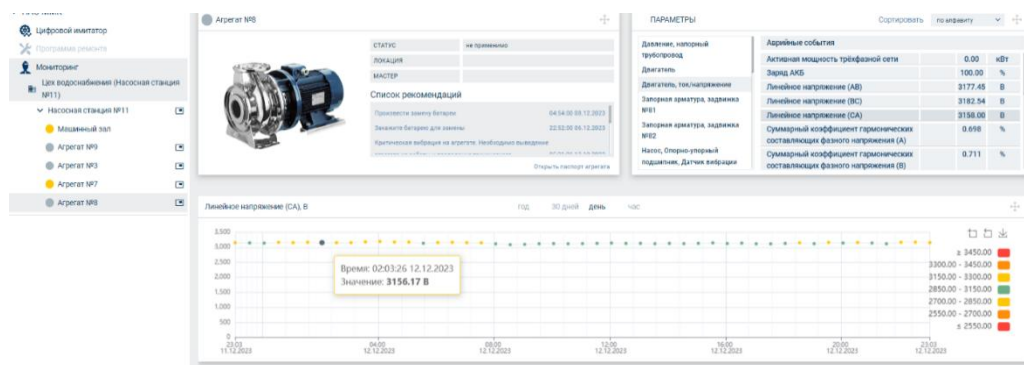
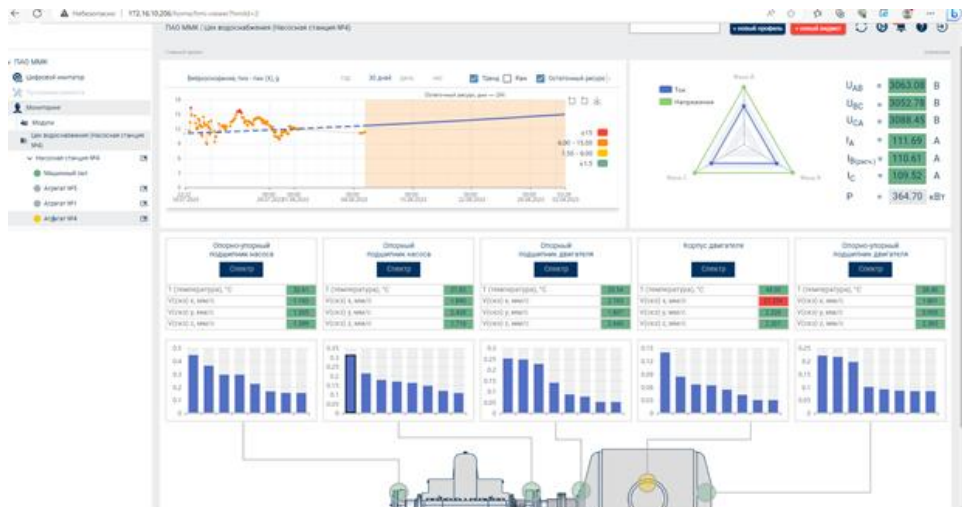
PSM — программно-аппаратный комплекс мониторинга и предиктивной аналитики (Web-приложение)



Скриншоты системы



PREDICTA
L · A · B · S





Снизить время
простоя оборудования
до 70%



Провести оптимизацию
бизнес-процессов



Увеличить срок
службы двигателя
на 30%



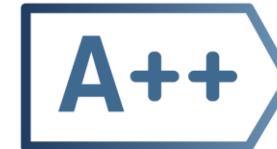
Получить
экономический
эффект



Анализировать
данные ТОиР



Снизить затраты на
монтаж



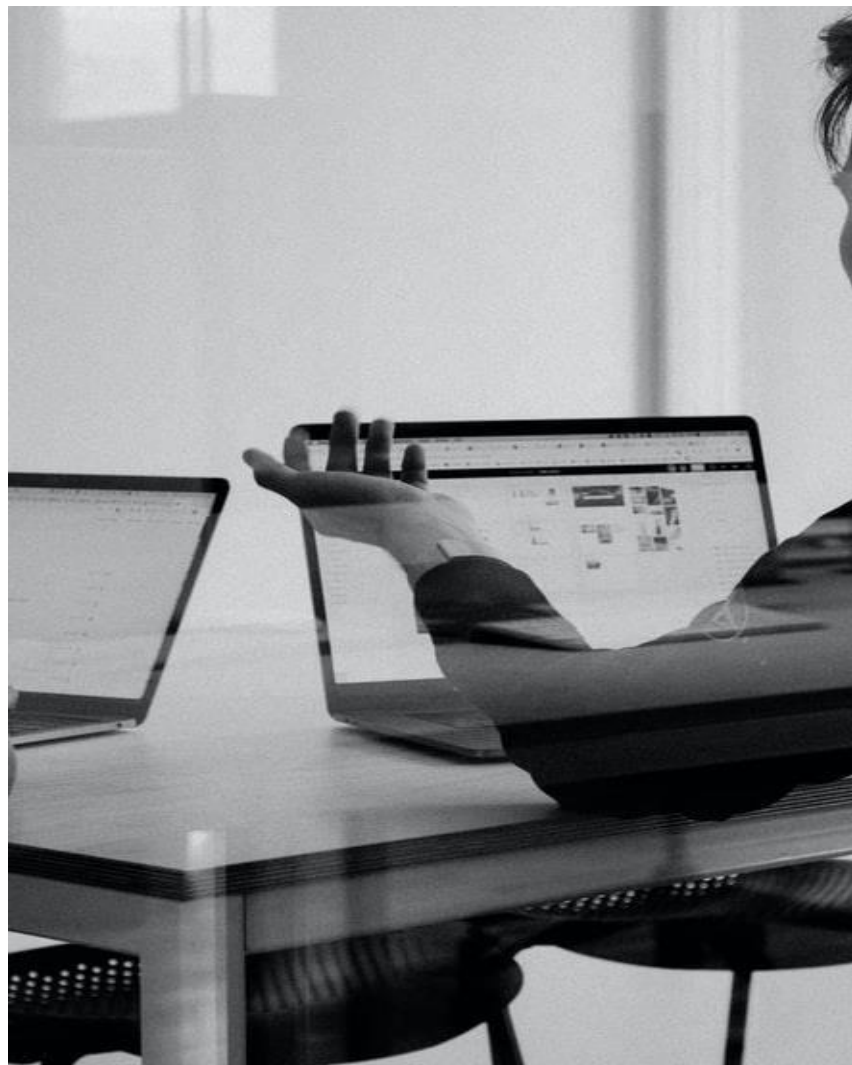
Повысить показатели
энергоэффективности
на 10%

Внедрение программно-аппаратного комплекса по мониторингу и предиктивной диагностике оборудования является высокоэффективным вложением денежных средств, способствующим повышению эффективности как служб ТОиР, так и снижению простоев оборудования

Фотографии с объектов



Благодарим за внимание!



Ершов Андрей

Заместитель директора по цифровым
продуктам и сервисам

Моб: +7 925 617 67 70

E-mail: ershov.a@predictalab.ru

Михаил Ведров

Представитель в г. Магнитогорск

Моб: +7 902 892-03-36

E-Mail: vedrov.m@predictalab.ru



Дополнительные материалы



Сравните уровень ваших систем с возможностями PSM

Уровень зрелости системы PdM		Возможности	Выгоды
↑ Level 2	Предиктивная аналитика	○ Контроль изменения динамических величин, характеризующих неисправность и прогноз достижения аварийного уровня ○ Расчет остаточного ресурса дефектного узла	Повышение эффективности предприятия ○ Увеличение выпуска готовой продукции ○ Увеличение коэффициента готовности оборудования (OEE) ○ Оптимизация загрузки активов ○ Планирование сроков и объемов ТОиР ○ Переход на более эффективные стратегии ТОиР ○ Экономия ресурсов
	Диагностика (выявление причин дефектов)	○ Выявление конкретных дефектов на основе комплексного анализа различных видов динамических данных (спектры вибрации и тока, магнитное поле, анализ сигнатур тока)	
↑ Level 1	Прогнозирование	○ Выбор модели прогнозирования ○ Получение прогноза ○ Оптимизация существующей стратегии	Контроль состояния ○ Оценка оборудования по шкале Норма-Предупреждение-Авария в соответствии с ГОСТ и ISO
	Анализ данных	○ Многофакторный анализ и кластеризация обработанных данных ○ Построение математических моделей и трендов ○ Экспертный анализ	Мониторинг ○ Контроль изменения параметров во времени по результатам показаний вибрации, температуры, магнитного поля и т.д.)
	Обработка данных	○ Оценка данных на достоверность и состоятельность ○ Исключение случайной составляющей ○ Фильтрация и прореживание данных	Увеличение производительности труда ○ Рост производительности (изменение тех. процесса) ○ Исключение внеплановых простоев ○ Сокращение времени плановых простоев ○ Продление межсервисного интервала обслуживания
	Сбор данных	○ Получение максимально возможного количества независимых данных, представляющих ценность для оценки текущего состояния оборудования	Безопасность ○ Повышение надежности эксплуатации оборудования ○ Предотвращение аварийных ситуаций

Спецификация оборудования



ММ-101.2

Модуль мониторинга состояния электромеханического оборудования

Модуль мониторинга состояния электромеханического оборудования - это компактный беспроводной датчик с питанием от батареи для измерения основных параметров работы электродвигателей



Основные характеристики:

Измерение вибрации:		
число осей	3	
диапазон измерения	±2g	
частотный диапазон	от 0,5 до 1600 Гц	
Измерение температуры:		
диапазон измерения	от -30 до +85 °C	
погрешность измерения	не более ±0,5 °C	
Измерение напряженности магнитного поля:		
диапазон измерения	8 мТл	
частотный диапазон	20 кГц	
нелинейность	не более 1 %	
Параметры радиоканала :		
скорость обмена	V.IIoT	BLE
частотный диапазон	не менее 50 кбит/с*	до 650 кбит/с
тип антенны	868 МГц	2,4 ГГц
Время автономной работы:	встроенная	встроенная
Рабочий температурный диапазон:	не менее 5 лет**	
Температура хранения:	от -30 до +85 °C	
Элемент питания:	от 10 до +25 °C	
Крепление:	LS14500 (4 шт)	
Конструктивное исполнение:	винт М4 (2 шт)	
степень защиты	IP66	
габаритные размеры корпуса	114,6х63,8х31,7 мм	
масса	0,256 кг	

* Не менее 50 кбит/с при использовании одной полосы, не менее 100 кбит/с при использовании двух полос, не менее 200 кбит/с при использовании четырех полос.

** Опрос датчиков и передача данных 1 раз в 30 минут. Время автономной работы зависит от температурного режима эксплуатации.

ММ-103.2

Модуль мониторинга состояния вибрации

Модуль мониторинга состояния вибрации - это беспроводной датчик с автономным питанием, предназначенный для отслеживания состояния подшипников и редукторов. Модуль оснащен двумя внешними пьезоакселерометрами



Основные характеристики:

Измерение вибрации:		
количество внешних датчиков вибрации	2 одноосевых	
диапазон измерения	±50g	
частотный диапазон	от 0,5 Гц до 10 кГц	
Параметры радиоканала :		
скорость обмена	V.IIoT	BLE
частотный диапазон	не менее 50 кбит/с*	до 650 кбит/с
тип антенны	868 МГц	2,4 ГГц
Время автономной работы:	внешняя	встроенная
Рабочий температурный диапазон:	не менее 3 лет**	
Температура хранения:	от -30 до +85 °C	
Элемент питания:	от 10 до +25 °C	
Крепление:	LS26500 (2 шт)	
Конструктивное исполнение:	винт М4 (4 шт)	
степень защиты	IP66	
габаритные размеры корпуса	114,6х63,8х55 мм	
длина кабеля	2 м	
масса	0,925 кг	

* Не менее 50 кбит/с при использовании одной полосы, не менее 100 кбит/с при использовании двух полос, не менее 200 кбит/с при использовании четырех полос.

** Опрос датчиков и передача данных 1 раз в 30 минут. Время автономной работы зависит от температурного режима эксплуатации.

MM-103.3

Модуль мониторинга состояния вибрации

Модуль мониторинга состояния вибрации - это миниатюрный беспроводной датчик с автономным питанием, предназначенный для отслеживания состояния подшипников и редукторов. Модуль оснащен встроенным трехосевым МЭМС-акселерометром.



Основные характеристики:

Измерение вибрации:		
число осей	3	
диапазон измерения	±16g	
частотный диапазон	до 6 кГц	
Параметры радиоканала :		
скорость обмена	V.IIoT не менее 50 кбит/с*	BLE до 650 кбит/с
частотный диапазон	868 МГц	2,4 ГГц
тип антенны	встроенная	встроенная
Время автономной работы:		
Рабочий температурный диапазон:		
Температура хранения:		
Элемент питания:		
Крепление:		
Конструктивное исполнение:		
степень защиты	IP66	
габаритные размеры корпуса	81x42x42 мм	
масса	0,17 кг	

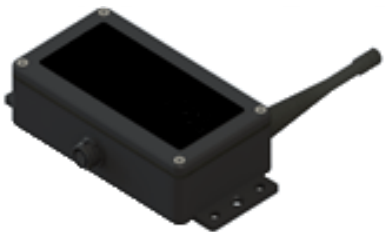
* Не менее 50 кбит/с при использовании одной полосы, не менее 100 кбит/с при использовании двух полос, не менее 200 кбит/с при использовании четырех полос.

** Опрос датчиков и передача данных 1 раз в 30 минут. Время автономной работы зависит от температурного режима эксплуатации.

MM-104.4

Модуль мониторинга термосопротивлений

Модуль мониторинга термосопротивлений - это беспроводной автономный измерительный преобразователь, предназначенный для сбора показаний термосопротивлений.



Основные характеристики:

Входы:	4	
количество		
схема подключения ТС	двухпроводная или трехпроводная	
тип ТС	50M, Pt100	
Параметры радиоканала :		
скорость обмена	V.IIoT не менее 50 кбит/с*	BLE до 650 кбит/с
частотный диапазон	868 МГц	2,4 ГГц
тип антенны	внешняя	встроенная
Время автономной работы:		
Рабочий температурный диапазон:		
Температура хранения:		
Элемент питания:		
Крепление:		
Конструктивное исполнение:		
степень защиты	IP66	
габаритные размеры корпуса	114,6x63,8x31,7 мм	
масса	0,24 кг	

* Не менее 50 кбит/с при использовании одной полосы, не менее 100 кбит/с при использовании двух полос, не менее 200 кбит/с при использовании четырех полос.

** Опрос датчиков и передача данных 1 раз в 30 минут. Время автономной работы зависит от температурного режима эксплуатации.

Спецификация оборудования

МО-421.1

Модуль обработки аналоговых сигналов в реальном времени

Модуль обработки аналоговых сигналов в реальном времени позволяет проводить онлайн анализ качества сетевого напряжения, питающего электродвигатель, а также диагностировать его неисправности.



Основные характеристики:

Аналоговые входы:

количество	9
входной сигнал	0...40 мА 40...250 мА 0...10 В

Параметры радиоканала :

скорость обмена	V.IIoT	BLE
частотный диапазон	не менее 50 кбит/с*	до 650 кбит/с
тип антенны	868 МГц	2,4 ГГц
	внешняя	встроенная

Внешние интерфейсы:

тип интерфейса	RS-485
количество	1 шт
протокол обмена	Modbus
скорость обмена	не более 115200 бит/с

Питание:

Рабочий температурный диапазон: от -30 до +85 °C

Температура хранения: от 10 до +25 °C

Срок службы: не менее 5 лет

Крепление: винт М5 (4 шт)

Индикация: светодиодная

Конструктивное исполнение:

степень защиты	IP20
габаритные размеры корпуса	160x103x30,5 мм
масса	0,45 кг

* Не менее 50 кбит/с при использовании одной полосы, не менее 100 кбит/с при использовании двух полос, не менее 200 кбит/с при использовании четырех полос.

ММ-105.1

Модуль мониторинга давления

Модуль мониторинга давления - это беспроводное устройство с автономным питанием, предназначенное для мониторинга технологических процессов в различных отраслях промышленности, энергетики и ЖКХ.



Основные характеристики:

Измерение давления:

диапазон измерений	от 0...40 мбар до 0...10 бар
диапазон температур измеряемой среды	от -40 до +125 °C
основная погрешность	0,25% ДИ

Параметры радиоканала :

скорость обмена	V.IIoT	BLE
частотный диапазон	не менее 50 кбит/с*	до 650 кбит/с
тип антенны	868 МГц	2,4 ГГц
	внешняя	встроенная

Время автономной работы: не менее 3 лет**

Рабочий температурный диапазон: от -30 до +85 °C

Температура хранения: от 10 до +25 °C

Элемент питания: LS26500 (2 шт)

Крепление: винт М4 (4 шт)

Механическое присоединение измерительного элемента: G1/2" EN 837

Конструктивное исполнение:

степень защиты	IP65
габаритные размеры корпуса	114,6x63,8x55 мм
длина кабеля	2 м
масса	0,75 кг

* Не менее 50 кбит/с при использовании одной полосы, не менее 100 кбит/с при использовании двух полос, не менее 200 кбит/с при использовании четырех полос.

** Опрос датчиков и передача данных 1 раз в 30 минут. Время автономной работы зависит от температурного режима эксплуатации.

Спецификация оборудования

ШС-219.3

Шлюз сетевой

Шлюз сетевой предназначен для развертывания беспроводной сети. Обеспечивает зону радиопокрытия сети и прозрачную двунаправленную передачу данных между конечными устройствами и сервером. Позволяет реализовать масштабируемые системы сбора и обработки данных.



Основные характеристики:

Связь с сервером:			
технология	Ethernet	4G*	Wi-Fi*
тип антенны	-	внешняя**	внешняя
Связь с конечными устройствами:			
тип радиоканала	V.IIoT		BLE*
количество каналов	2		-
скорость обмена	не менее 50 кбит/с***		до 650 кбит/с
частотный диапазон	868 МГц		2,4 ГГц
тип антенны	внешняя		внешняя
Питание:	PoE, IEEE 802.3at		
Индикация:	светодиодная		
Рабочий температурный диапазон:	от -30 до +85 °С		
Температура хранения:	от 10 до +25 °С		
Срок службы:	не менее 5 лет		
Крепление:	на балки/мачты		
Конструктивное исполнение:			
степень защиты	IP66		
габаритные размеры корпуса	129 x 146,6 x 41,6 мм		
масса	0,6 кг		

* Опционально.

** Не входит в комплект поставки. Тип соединителя: SMA.

*** Не менее 50 кбит/с при использовании одной полосы, не менее 100 кбит/с при использовании двух полос, не менее 200 кбит/с при использовании четырех полос.

ШС-218.1

Шлюз сетевой

Шлюз сетевой предназначен для развертывания беспроводной сети. Обеспечивает зону радиопокрытия сети и прозрачную двунаправленную передачу данных между конечными устройствами и сервером. Позволяет реализовать масштабируемые системы сбора и обработки данных.



Основные характеристики:

Связь с сервером:	
интерфейс	RS-485
протокол обмена	Modbus
скорость обмена	не более 115200 бит/с
Связь с конечными устройствами:	
тип радиоканала	V.IIoT
количество каналов	1
скорость обмена	не менее 50 кбит/с*
частотный диапазон	868 МГц
тип антенны	внешняя
Питание:	5...12 В
Индикация:	светодиодная
Рабочий температурный диапазон:	от -30 до +85 °С
Температура хранения:	от 10 до +25 °С
Срок службы:	не менее 5 лет
Крепление:	на балки/мачты
Конструктивное исполнение:	
степень защиты	IP66
габаритные размеры корпуса	65 x 115,1 x 51,6 мм
масса	0,265 кг

* Не менее 50 кбит/с при использовании одной полосы, не менее 100 кбит/с при использовании двух полос, не менее 200 кбит/с при использовании четырех полос.