

# ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС «ПРЕДИКТИВ-МОНИТОРИНГ»

Предиктивное обслуживание оборудования  
PREDICTIVEMAINTENANCE(PDM)

Уход ключевых сервисных дилерских центров, обслуживающих станочное и технологическое оборудование (на многих предприятиях отсутствовала культура сохранения технологии эксплуатации иностранного оборудования «все же знают дилеры»):

- <https://www.interfax.ru/business/835201>
- <https://pro.rbc.ru/news/625ea9499a79472a8b55ec3f>
- <https://rspp.ru/events/news/regionalnye-otdeleniya-rspp-predlozhili-mery-podderzhki-biznesa-v-usloviyakh-novykh-sanktsiy-62233a8271a03/>
- <https://www.rbc.ru/business/12/05/2022/627c9d869a7947e1d9ecd922>
- Отключение банков от систем международных расчетов и нарушение логистических цепочек поставок комплектующих.
- Остановлена поддержка технологических иностранных платформ и сенсоров, на которые в основном были ориентированы промышленные предприятия:
  - <https://ict-online.ru/news/n207555/>
  - [https://www.cnews.ru/news/top/2022-03-04\\_cisco\\_ushla\\_iz\\_rossiibudushchee](https://www.cnews.ru/news/top/2022-03-04_cisco_ushla_iz_rossiibudushchee)
- Существенное вытеснение цифровыми сервисами профессиональных инженерных компетенций.
- Слабое развитие российской ЭКБ.

В кратчайшие сроки необходимо провести инвентаризацию технологий и коллективов, которые способны заместить иностранные технологии в промышленности и обеспечить снижение стоимости владения промышленными активами, включая его обслуживание и ремонт.

*Главная задача - Безусловное выполнение производственного государственного заказа.*

### УЧТЕНО В РАЗРАБОТКЕ:

- Алгоритмы предиктивного анализа
- Уведомления о необходимости остановок производства
- Сервис анализа стоимости владения электродвигателем
- Заблаговременное уведомление о необходимости замены детали (есть время на поиск детали для замены)
- Системы предупреждений об аварии и необходимости эвакуации (на особо опасных объектах)

### СИСТЕМНЫЕ ЗАДАЧИ:

- Минимизация простоя 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 обслуживания 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

Приоритетная разработка программно-аппаратных комплексов должна способствовать разрешению главной и системных задач. Предлагаемое решение по мониторингу и предиктивной аналитике технического состояния оборудования позволяет в т.ч. решать указанные задачи.

С целью экономии денежных средств и для повышения надежности оборудования в стратегии цифровой трансформации российской промышленности заложен переход от технического обслуживания и ремонта оборудования «по плану» на ремонты «по состоянию». Но, к сожалению, отечественных решений в Российской Федерации нет.

Наличие такого решения позволит\*:

- Снизить простои оборудования до 70%
- Повысить эффективность технологических бизнес-процессов
- Повысить надежность оборудования до 30%
- Сократить «замораживание» товарно-материальных ценностей (склады запчастей для ремонта оборудования)
- Сохранять критически важную информацию внутри страны (не передавая на зарубежные дата-центры)
- Сформировать базу данных типовых поломок электродвигателей
- Сформировать базу данных поставщиков качественного оборудования и запасных частей.
- Доработка существующего технического решения по мониторингу и предиктивной диагностике технического состояния оборудования на промышленных предприятиях позволит повысить эффективность обслуживания оборудования, сформировать единую базу типовых ошибок (дефектов) смоделировать сценарии развития зарождающихся дефектов и снизить общие простои критически важных агрегатов.

*\*Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их "цифровой зрелости" до 2024 года и на период до 2030 года" (утв. распоряжением Правительства РФ от 06.11.2021 №3142-р)*

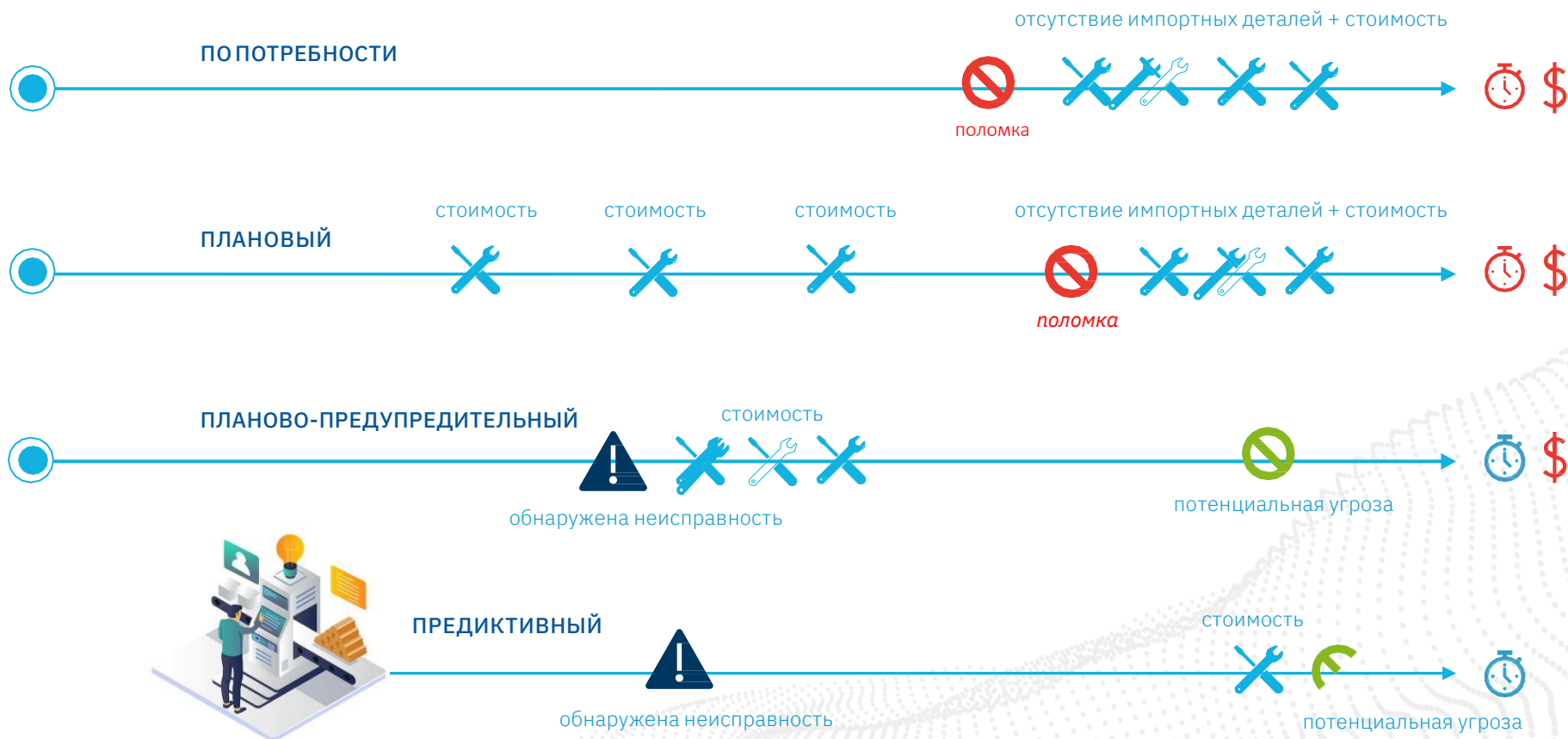
*•Release 3.0 Operations & Maintenance Best Practices A Guide to Achieving Operational Efficiency August 2010*

*•IAEA-TECDOC-1590 Application of Reliability Centred Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants. May 2007*

*•Determination of Maintenance Task on Rotary Equipment Using Reliability Centered Maintenance II Method (International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, Vol. 4(3), Sept. 2019.)*

Доработка данного решения до уровня технологических лидеров и оснащение этими решениями предприятий в интересах промышленных предприятий позволит сэкономить до 20%\* от их общего бюджета ТОиР.

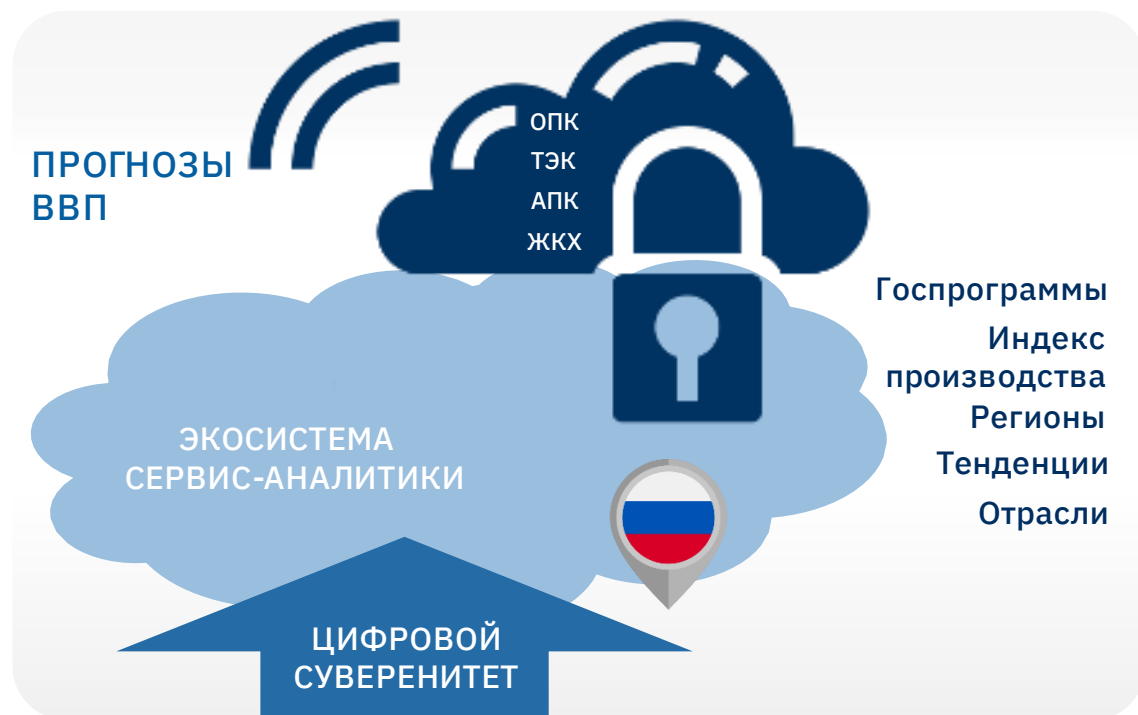
### РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ



Предиктивное обслуживание позволяет точно и заблаговременно выявлять зарождающиеся дефекты оборудования и производить его ремонт и обслуживание в тот момент, когда это действительно необходимо. Это позволяет экономить ресурсы на плановых ремонтах, а также избегать «режима тушения пожаров», при которых происходит простой оборудования и неэффективное использование рабочего времени технических специалистов.

# АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА

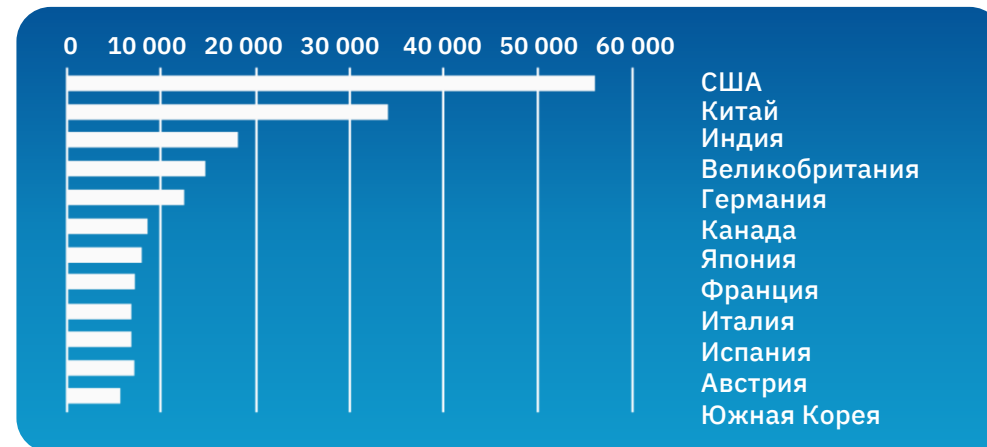
## Цифровой суверенитет



КОЛ-ВО СТАТЕЙ: ПРЕДИКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА



КОЛ-ВО СТАТЕЙ: МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ



БЕСПЕРЕБОЙНАЯ РАБОТА УСТРОЙСТВ ОБЕСПЕЧИВАЕТ МАКСИМИЗАЦИЮ ПРИБЫЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ НАУКА  
ОТРАЖАЕТ ГЛОБАЛЬНЫЙ ЗАПРОС БИЗНЕСА НА РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ЭКОНОМИИ НА ЗАТРАТАХ ПРИ  
ОБСЛУЖИВАНИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Источники:

Scopus

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС  
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ  
Science Index

WEB OF SCIENCE

MDPI

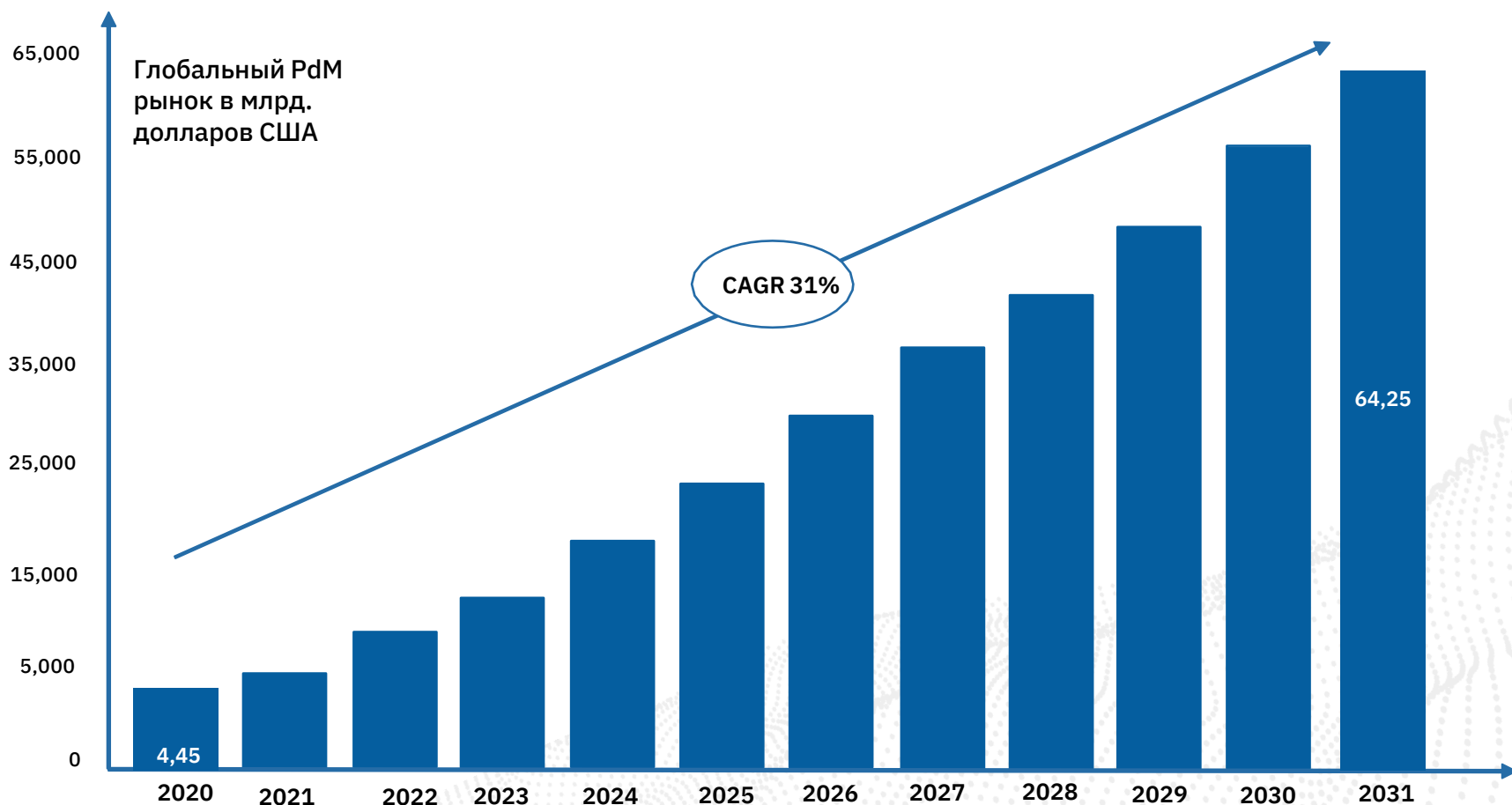


Индекс Хирша

Программно-аппаратный комплекс по мониторингу и предиктивной аналитике технического состояния оборудования является высокотехнологичным продуктом, построенным с использованием IoT технологий и машинного обучения. Кроме того, отсутствие аналогов в Российской Федерации делает его единственным импортозамещающим ПАК в данной области, позволяющим сократить расходы на обслуживание и ТОиР оборудования.

# ОБЪЕМЫ РЫНКА ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (PDM) В МИРЕ

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА PDM



Размер мирового рынка прогностического обслуживания был оценен в 4,45 млрд долларов в 2020 году и, по прогнозам, достигнет 64,25 млрд долларов к 2030 году, увеличившись в среднем на 31,0% с 2021 по 2030 год.



**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 AbilityTM 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 отдаленных 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.



**КРУПНАЯ ТРАНСНАЦИОНАЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ  
США | СОЗДАНА В 1890 ГОДУ**

В 2016 году компания провела преобразование бизнес-платформ. Созданная компанией цифровая экосистема PlantwebTM 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.

Программно-аппаратный комплекс мониторинга и предиктивной аналитики технического состояния оборудования 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.

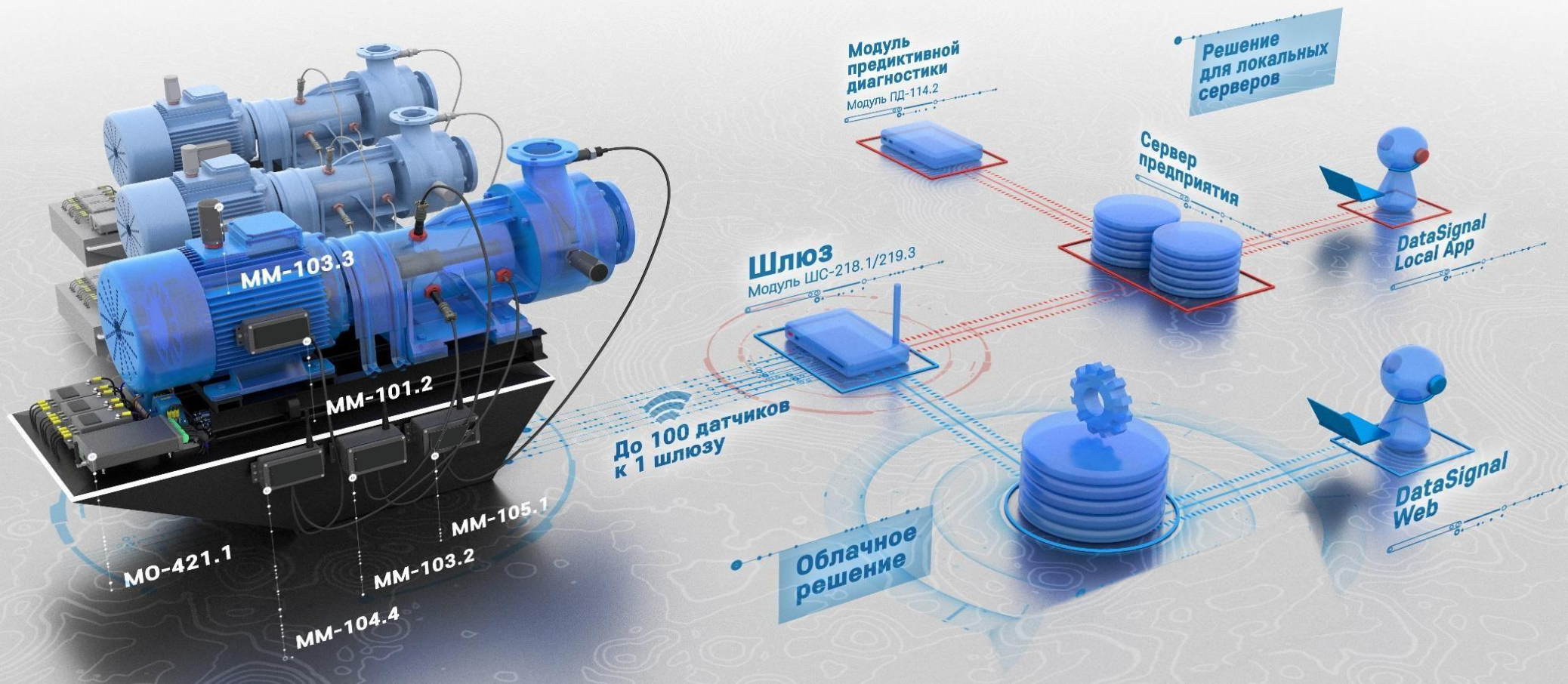
### ПАК состоит из следующих уровней:

- Сенсорное оборудование (датчики) и шлюзы передачи данных;
- Программное обеспечение датчиков, протоколы передачи данных, средства обработки и отображения данных.

### Нормативная база

- Разрабатывается в соответствии с требованиями ГКРЧ; (мощность до 25 мВт, рабочий цикл до 1 % или LBT);
- Спектральная плотность мощности до 1000 мВт/МГц.

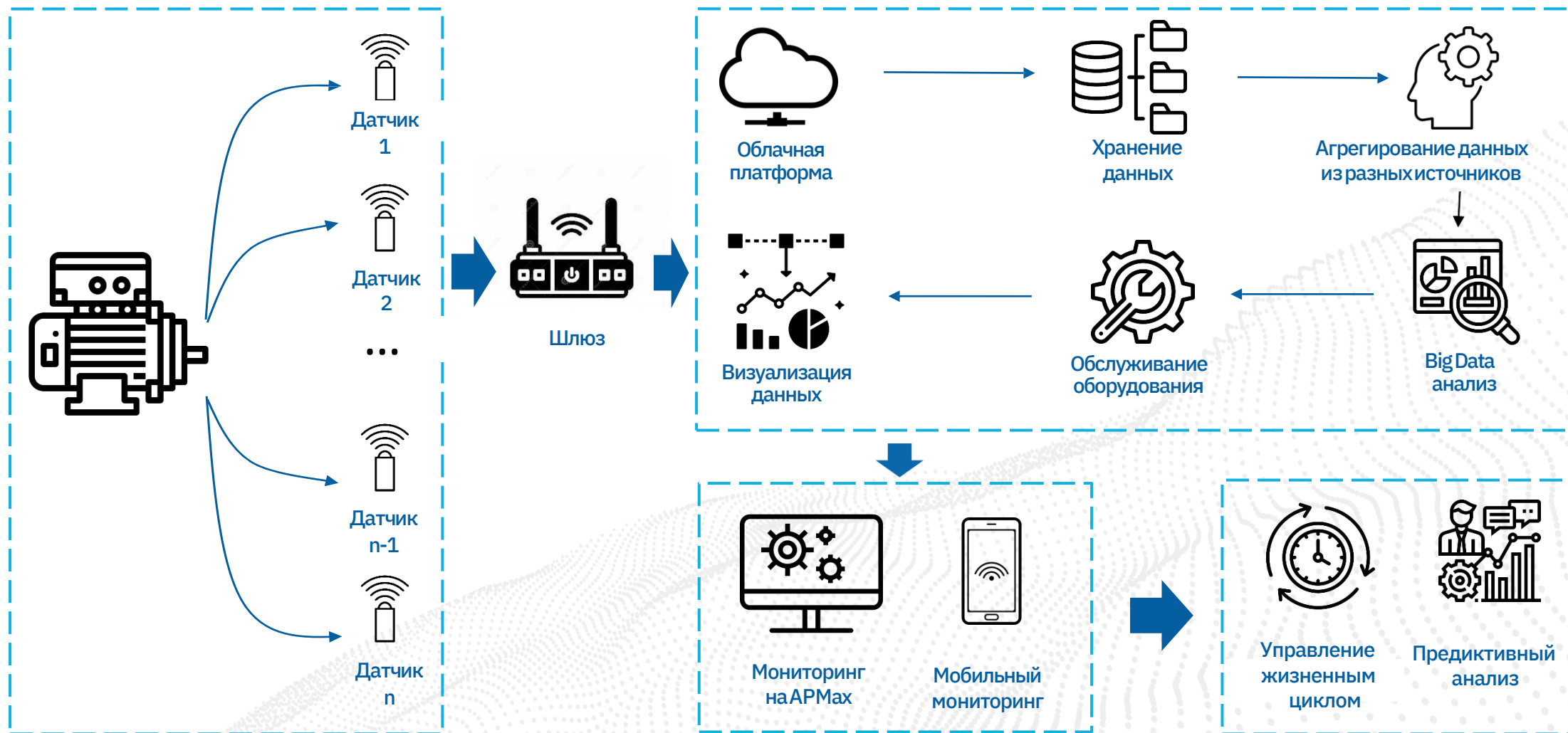




Передача данных с электромеханических устройств происходит с датчиков по зашифрованному беспроводному каналу в шлюз, который обрабатывает данные (до 100 точек). Далее шлюз передает данные на сервер, где происходит обработка и формирование рекомендаций обслуживающему персоналу о 11 текущем состоянии оборудования. Под требования заказчиков возможна интеграция с имеющимися системами предприятия.

# ОБЩАЯ СХЕМА РАБОТЫ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Система представляет собой программно-аппаратный комплекс с технологиями IIoT, AI и ML



# ДИАГНОСТИРУЕМЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ

## Диагностируемый комплекс неисправностей



### МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

- ✓ Асимметрия и небаланс ротора;
- ✓ Эксцентриситет воздушного зазора: искривление ротора;
- ✓ Неисправность ротора: трещины стержней ротора, обрыв стержней ротора;
- ✓ Неисправность статора: межвитковые замыкания, повреждение изоляции, обрыв фазы.



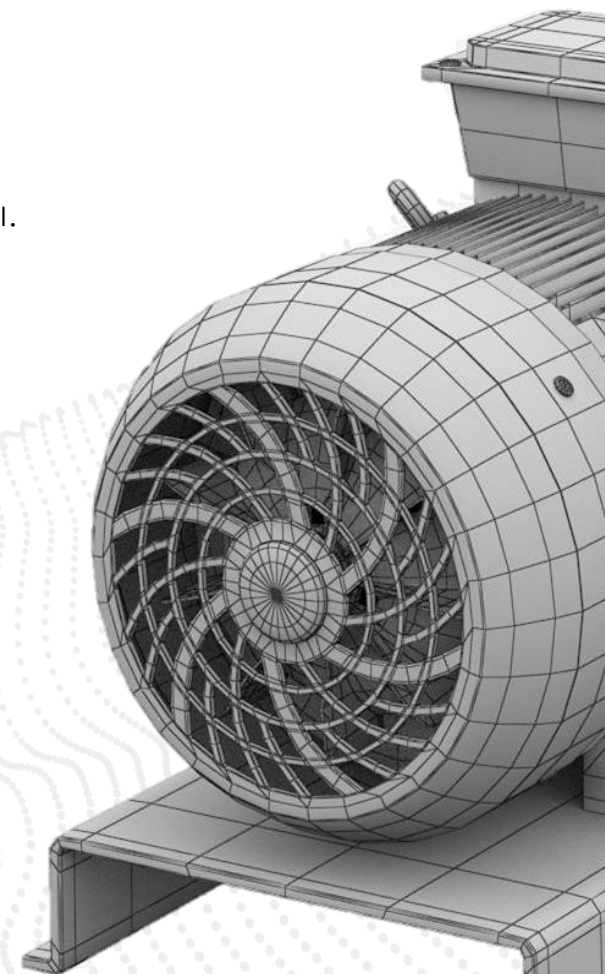
### ВИБРАЦИЯ

- ✓ Неисправности тел качения шарикоподшипников: дефекты внешней дорожки, дефекты внутренней дорожки;
- ✓ Неисправности «беличьей клетки»: обрыв или ослабление крепления стержней беличьей клетки;
- ✓ Несоосность валов.



### ТЕМПЕРАТУРА

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| ✓ Оборванные стержни | ✓ Перегрев корпуса |
| ✓ Нагрев подшипников | ✓ Перекос фаз      |



Искусственный интеллект системы с помощью алгоритмов проводит кроссвалидацию параметров, повышая процент надежности и точности выявления дефектов, и выдает рекомендации персоналу.

## ПАК ПОЗВОЛЯЕТ:



Снизить время  
простоя оборудования  
до 70%



Провести  
оптимизацию  
бизнес-процессов



Повысить показатели  
энергоэффективности  
на 10%



Получить  
экономический  
эффект



Анализировать  
данные  
ТОиР



Снизить  
затраты на  
монтаж



Увеличить срок  
службы двигателя  
на 30%

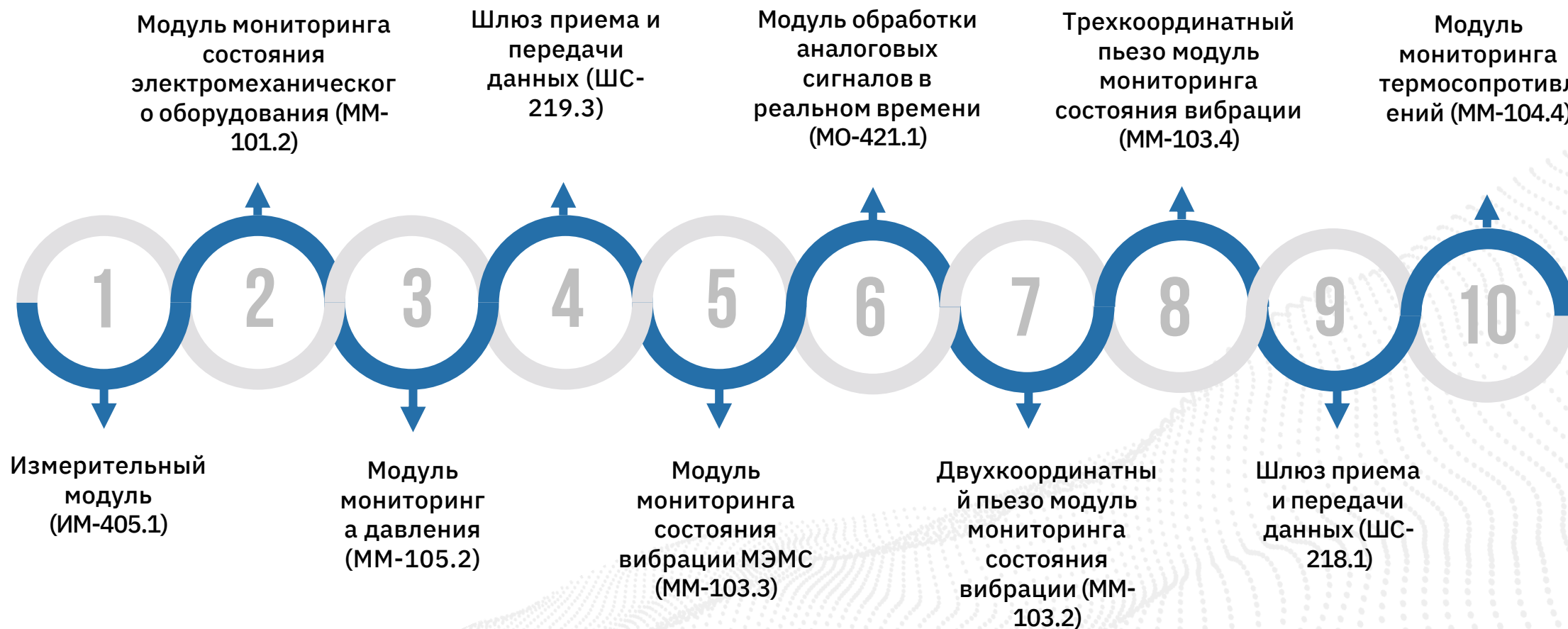
Внедрение программно-аппаратного комплекса по мониторингу и предиктивной диагностике оборудования является высокоэффективным вложением денежных средств, способствующим повышению эффективности как служб ТОиР, так и снижению простоев оборудования.

## ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ПАК:

ОКУПАЕМОСТЬ  
ОТ 1 ДО 5  
МЕСЯЦЕВ

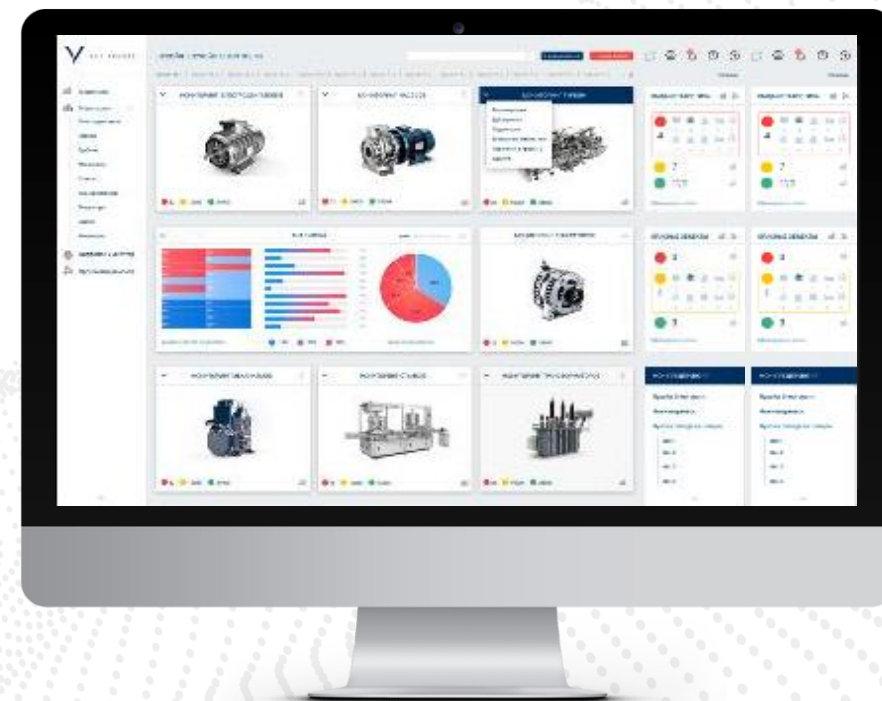
- 1 Ремонт «по состоянию» вместо «планового»
- 2 Снижение простоев оборудования
- 3 Уменьшение количества брака
- 4 Перераспределение сотрудников на другие задачи (ФОТ)
- 5 Уменьшение количества штрафов
- 6 Недозагрузка смежных участков производства
- 7 Потенциальная энергоэффективность
- 8 Уменьшение количества «замороженных» средств в ТМЦ

## Перечень разрабатываемых модулей (датчиков)



## Перечень разрабатываемого и дорабатываемого ПО

- ✓ Разработка системы **мониторинга работы** программно-аппаратного комплекса (сервисное ПО)
- ✓ Программное обеспечение для мобильных устройств **ДатаСигнал**
- ✓ Программное обеспечение для удаленного подключения устройств и передачи данных – **2 версии ПО**
- ✓ Программное обеспечение для удаленного подключения к серверной части (web - интерфейс) – **2 версии ПО**
- ✓ Программное обеспечение обработки данных и выдачи рекомендаций (серверная часть комплекса) «Системы диагностики и прогнозирования» - **2 версии ПО**
- ✓ Специальное программное обеспечение модулей – **10 шт.**



**1-10.** Специальное программное обеспечение, **предназначенное для «прошивки» модулей мониторинга** оборудования. Предназначено для снятия аналоговых данных (в зависимости от типа датчика – давление, температура, напряжение, магнитное поле и т.д.) с оборудования, **преобразования их в цифровой вид** с целью дальнейшей передачи через концентраторы передачи данных (шлюзы) на верхний уровень обработки данных (серверная часть), на котором проводится аналитика и предоставление рекомендаций по обслуживанию оборудования.

**11.** Программное обеспечение **«Система диагностики и прогнозирования ДатаСигнал»** (Diagnostic and predictive system DataSignal)  
- **Ядро системы** (серверная часть), в котором находятся основные алгоритмы обработки данных и формирование рекомендаций обслуживания.

**12.** Программное обеспечение для удаленного подключения к **«Системе диагностики и прогнозирования ДатаСигнал»** (Software for remote connection to the DataSignal Diagnostic and predictive system DataSignal)  
- Тонкий клиент к серверной части. **Web отражение данных серверной части.** Разворачивается на АРМ пользователей системы.

**13-14.** Программное обеспечение для удаленного подключения устройств и **передачи данных базовое/ расширенное**  
- ПО, предназначенное для приема и передачи данных между шлюзом и датчиками, а также шлюзом и серверным **ПО с шифрованным каналом** (бывает два типа: базовое и расширенное).

**15.** Программное обеспечение для мобильных устройств ДатаСигнал Мобайл (**Software for mobile devices DataSignal Mobile**)  
- ПО для мобильных устройств на ОС Android. Предназначено для сервисных инженеров для оперативного съема данных с оборудования, а также для разработчиков – **используется при проведении пусконаладочных работ.**

**16.** Разработка **системы мониторинга работы программно-аппаратного комплекса**  
- Сервисное ПО разработчика для проверки и оценки надежности работы ПАК.

# ОБЪЕМ РЫНКА ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

## Мировые тренды



По оценкам McKinsey Global Institute объем мирового рынка IoT к 2025 г. может составить от 30 трлн (консервативный прогноз) до 70 трлн руб.



По оценкам компании Accenture прогноз емкости сегмента рынка IoT в России в 2022 г. около 65 млрд руб.



Доля систем мониторинга оборудования 35- 45% (до 30 млрд руб.). В 2022 г. количество подключенных к WAN устройств IoT увеличится на 21 млн единиц.

## ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

В мире на 2022 год – **свыше 1 млрд** промышленных электродвигателей

В России на 2022 год – свыше 15 млн промышленных электродвигателей  
**25 % из них - критически важные**

электродвигатели



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



Насос



Вентилятор



Конвейер



Станки

## ТРАНСФОРМАТОРЫ

Количество трансформаторов в РФ ~ **свыше 500 млн штук**

**Критически важных: 95%**

Производство в России  
> 100 000 штук в год

трансформаторы



Датчики для трансформаторов будут способствовать увеличению количества объектов анализа



Подстанции



ЛЭП



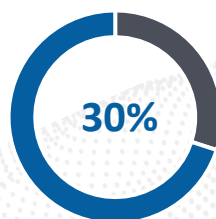
Ячейки

## НЕФТЕГАЗОВЫЙ СЕКТОР

Наименование компаний	Кол-во двигателей, тыс. шт.	Ключевые двигатели, тыс. шт.
ПАО «Роснефть»	2 800	840
ПАО «Лукойл»	2 500	750
ПАО «Татнефть»	1 200	360
ПАО «Газпромнефть»	2 300	690
ПАО «Сургутнефтегаз»	800	240
<b>ИТОГО:</b>	<b>9 600</b>	<b>2 880</b>

Справочно: % ключевых двигателей:

Нефтегазовый сектор –  
>30%

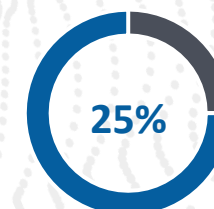


## МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ СЕКТОР

Наименование компаний	Кол-во двигателей, тыс. шт.	Ключевые двигатели, тыс. шт.
ПАО «ММК»	150	37,5
ПАО «НЛМК»	120	30
ПАО «Северсталь»	140	35
ПАО «Русал»	130	32,5
ПАО «УГМК»	110	27,5
<b>ИТОГО:</b>	<b>650</b>	<b>162,5</b>

Справочно: % ключевых двигателей:

Металлургический сектор –  
25%





## ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

**ЦЕЛЬ** – создание экосистемы продуктов  
на базе разработанного ПАК

**БЛАГОДАРИМ  
ЗА ВНИМАНИЕ!**



[fcprii.rf](http://fcprii.rf)