



# **ИнфТех**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Автоматизация распределенных объектов нефтегазодобычи и  
удаленная диагностика оборудования на основе  
цифровых двойников**

*Закупочная сессия АО "Мессояханефтегаз"*

*Июнь 2021*

# Функциональные компоненты АСОДУ

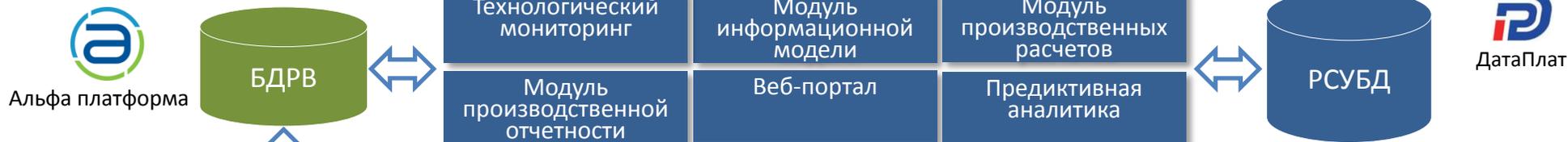
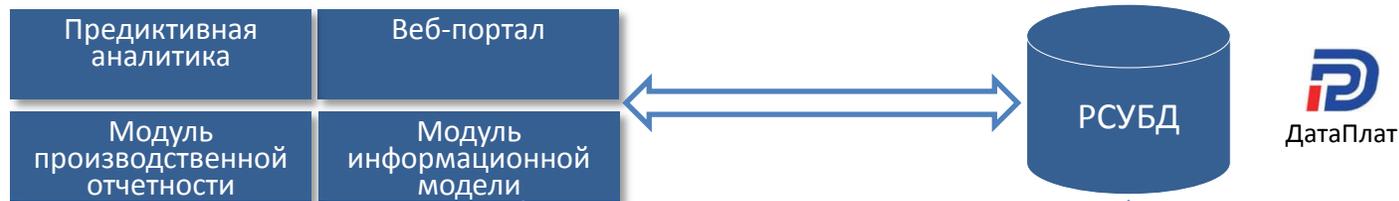


Легенда:  - ПО Альфа Платформа (АО «Атомик Софт»)  - ПО ДатаПлат (ООО «ИнфТех»)  - ПО Заказчика

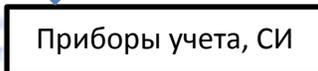
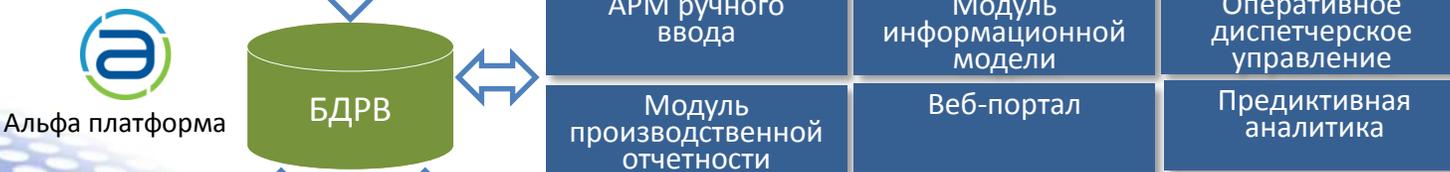
## Пример функционально-технической архитектуры

УК «Мессояханефтегаз»

Производственные предприятия по добыче



Производственные объекты месторождения (куст, ДНС,...)



1. Сбор и хранение данных

2. Визуализация технологического процесса

3. Управление производственными объектами

4. Сигнализация и контроль

5. Формирование отчетности

6. Инженерное обслуживание

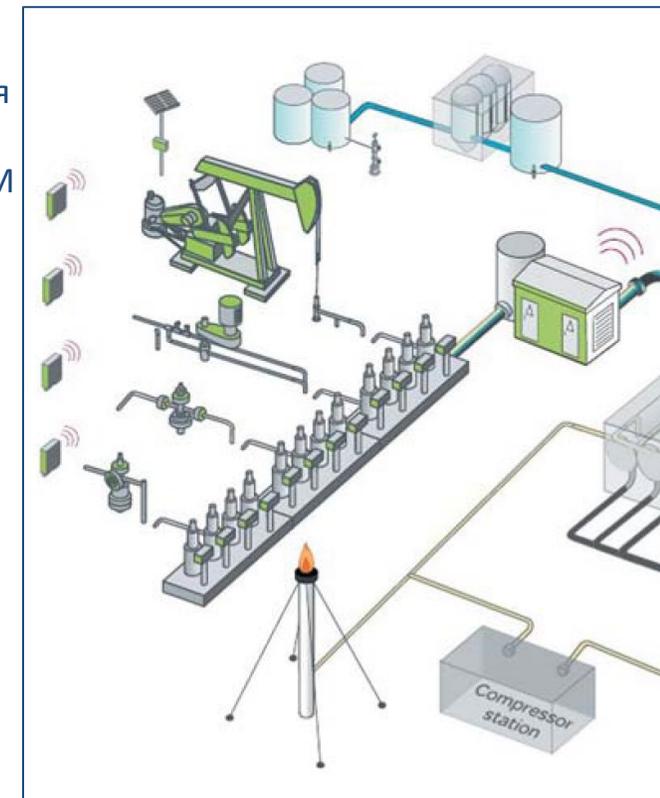
ДПП.Добыча обеспечивает следующий набор ключевых функций:

- сбор и первичная обработка данных о состоянии технологического процесса и технологического оборудования
- регистрация событий с точной синхронизацией по времени
- отображение технологического процесса и состояния оборудования в виде мнемосхем на видеомониторе АРМ оператора с индикацией значений технологических параметров
- регистрация всех контролируемых и расчетных параметров и событий (в том числе действий оператора) и автоматическое архивирование их в базе данных
- мониторинг и диспетчерское управление технологическими процессами
- архивирование данных, построение графиков и отчетов
- самодиагностика работы системного и прикладного программного обеспечения и др.

**Программная архитектура ДПП.Добыча строится на компонентах Альфа платформы, в среде которой разработаны элементы отраслевого шаблона нефтегазодобычи (мнемосхемы, отчеты, шаблоны алармов и трендов, алгоритмика работы с данными с контроллеров)**

**Все ПО зарегистрировано в реестре отечественного ПО Минцифраз РФ**

**Поддерживаются все известные типы отечественных и зарубежных контроллеров**



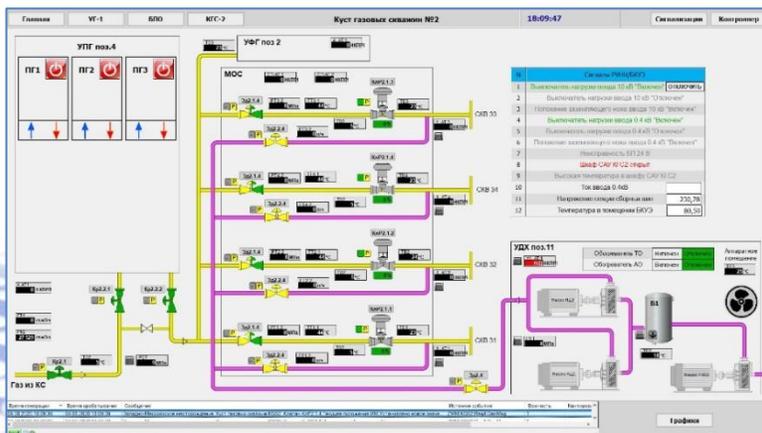
## Система телемеханики на Западно-Мессояхском лицензионном участке, с фондом газовых кустов скважин – заказчик ООО «Мессояханефтегаз» (АО «Газпром нефть»), 2020г.

Комплексное управление объектами автоматизации:

- Крановый узел на газопроводе
- Блок подогрева газа
- Куст газовых скважин
- Горизонтальная факельная установка
- Опорная база промысла

Локальные САУ построены на контроллерном оборудовании Siemens, АИС-Орион и Regul

ОС: Windows 10



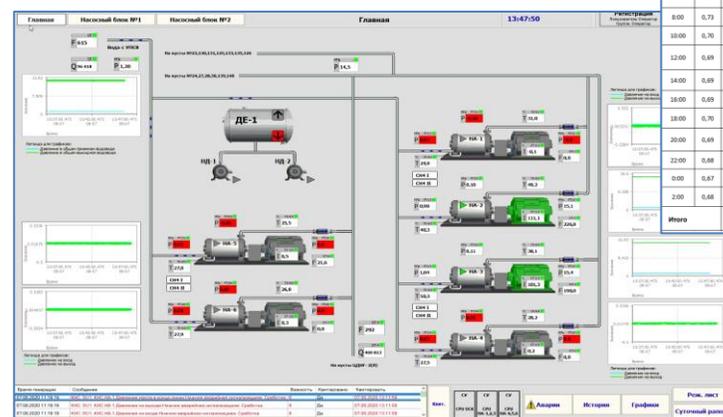
## АСУ ТП объектов ППД – АСУ ТП КНС-1 на Когалымском месторождении – заказчик ТПП «Когалымнефтегаз» (ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь»), 2020г.

Сбор, контроль и регистрация технологических параметров. Их обработка и передача в АСУ предприятия. Управление оборудованием КНС:

- ЦНС-240x1422
- ЦНС-240x1510
- ЦНС-180x1525

Контроллеры: V&R серии X20

ОС: Windows 10



Время час	Давление, МПа	Скорость, м/с	Расход по агрегатам, м3												Запасы общед, м3		
			Насос №1		Насос №2		Насос №3		Насос №4		Насос №5		Насос №6		с запасом	ОИВД	
			из 2 часа	с запасом	из 2 часа	с запасом	из 2 часа	с запасом	из 2 часа	с запасом	из 2 часа	с запасом	из 2 часа	с запасом			
2:00	0,70	14,90	0,00	0	295,70	0	307,35	0	0,00	0	401,67	0	421,33	0	1420	0	0
4:00	0,70	14,90	0,00	0	295,80	300	305,88	307	0,00	0	401,53	401	421,17	421	1420	1420	17156
6:00	0,69	14,90	0,00	0	295,84	600	306,72	614	0,00	0	401,42	803	421,06	843	1420	2859	17154
8:00	0,70	15,00	0,00	0	295,86	900	307,09	921	0,00	0	401,30	1204	421,41	1264	1420	4338	17152
10:00	0,70	14,90	0,00	0	295,86	1199	306,66	1228	0,00	0	401,33	1606	421,26	1685	1420	5718	17155
12:00	0,69	14,90	0,00	0	295,89	1499	306,65	1534	0,00	0	401,25	2008	421,36	2106	1420	7148	17154
14:00	0,69	14,90	0,00	0	295,75	1799	306,76	1841	0,00	0	400,89	2409	421,47	2528	1420	8577	17153
16:00	0,69	14,90	0,00	0	295,75	2096	306,34	2146	0,00	0	400,48	2810	421,51	2949	1420	10005	17152
18:00	0,70	15,00	0,00	0	295,81	2396	307,06	2435	0,00	0	400,67	3210	421,94	3371	1420	11434	17151
20:00	0,69	15,00	0,00	0	300,04	2696	307,19	2762	0,00	0	400,36	3611	421,92	3793	1420	12864	17152
22:00	0,68	14,90	0,00	0	295,70	2996	307,25	2969	0,00	0	400,39	4012	421,76	4233	1420	14294	17152
0:00	0,67	14,90	0,00	0	295,45	3296	307,13	3376	0,00	0	400,41	4412	421,38	4637	1420	15723	17152
2:00	0,68	15,02	0,00	0	295,45	3597	306,90	3683	0,00	0	401,06	4813	421,56	5056	1420	17151	17151
Итого						3587	3683	0			4813	5056			17151		

## Решение для повышения эффективности эксплуатации оборудования



**Для дальнейшего повышения эффективности процессов эксплуатации и ТОиР необходима информационная система ранней диагностики технического состояния производственного оборудования и предиктивного анализа надежности на основе ПО с применением современных методов и алгоритмов**

### Бизнес-постановка задачи:

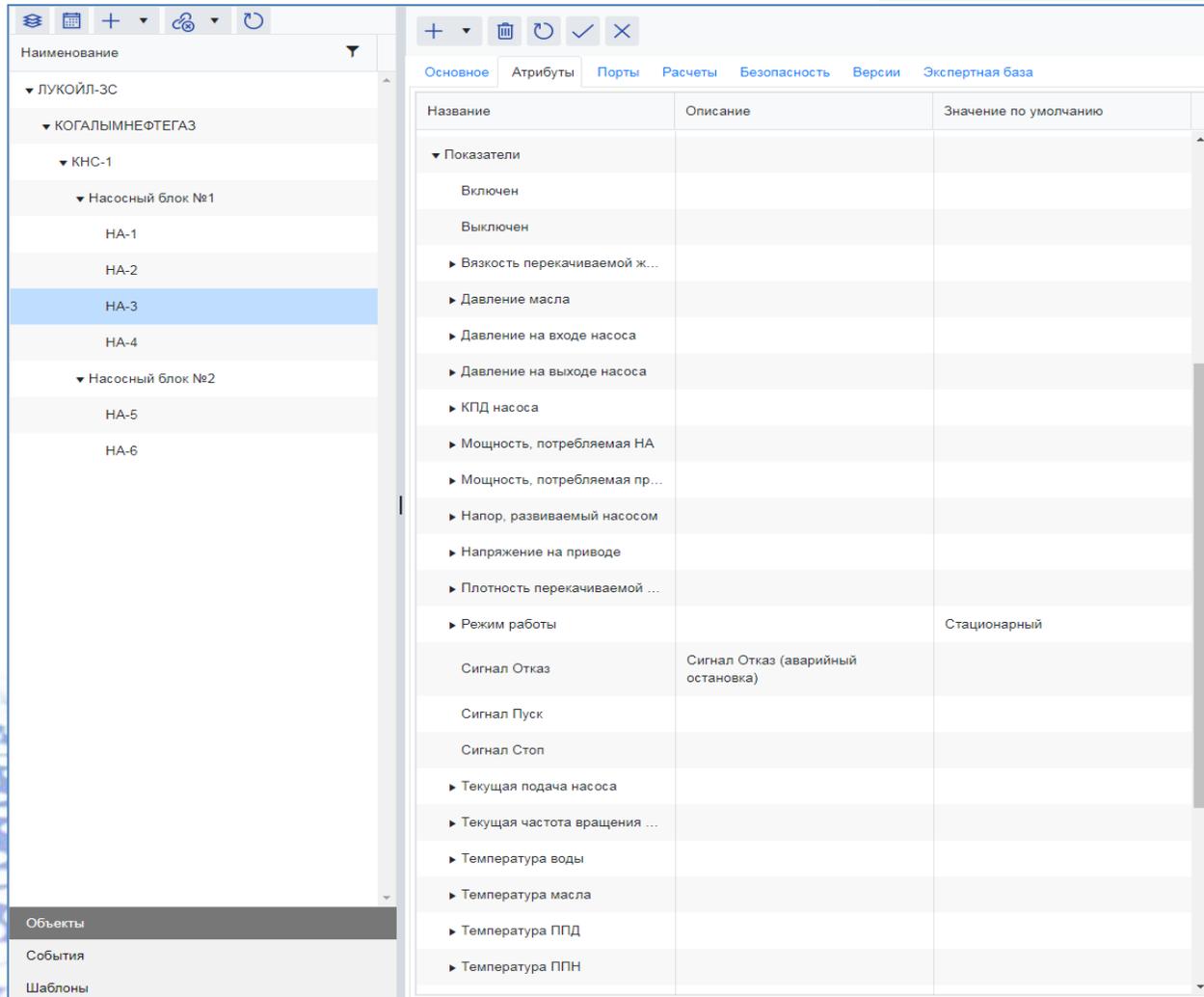
Обеспечить в рамках процессов технической поддержки сбор в онлайн-режиме данных по эксплуатации насосных агрегатов с целью последующего анализа и накопления информации, которая позволит оптимизировать работу того или иного продукта в эксплуатации, объективно видеть и понимать, как должны развиваться продукты, обеспечивать тот уровень эффективности, которые необходимы Клиентам - потребителям продукции (насосных агрегатов - НА)



### Решение должно обеспечить для производственных служб следующие функциональные возможности:

- механизмы и инструменты построения цифровых двойников производственных объектов , например, НА
- механизмы и инструменты сбора исходных данных от систем АСУТП (SCADA), измерительных приборов и датчиков НА и надежной передачи этих данных в подсистему хранения
- визуализацию результатов или процесса работы производственных объектов и других цифровых двойников в виде экранных форм/мнемосхем, регламентных и гибких отчетов
- инструменты администрирования и управления функциями Системы, а также управления пользователями и правами их доступа
- возможность пользователям проведения анализа данных эксплуатируемых двигателей, формирование необходимой производственной отчетности
- инструменты доступа к данным БДРВ и реляционными данными, надежного хранения полученных в реальном масштабе времени сигналов, их архивного хранения, агрегирования и/или преобразования данных для их последующего использования в системах предиктивной аналитики или в других бизнес-приложениях
- интерфейсы интеграции со смежными системами

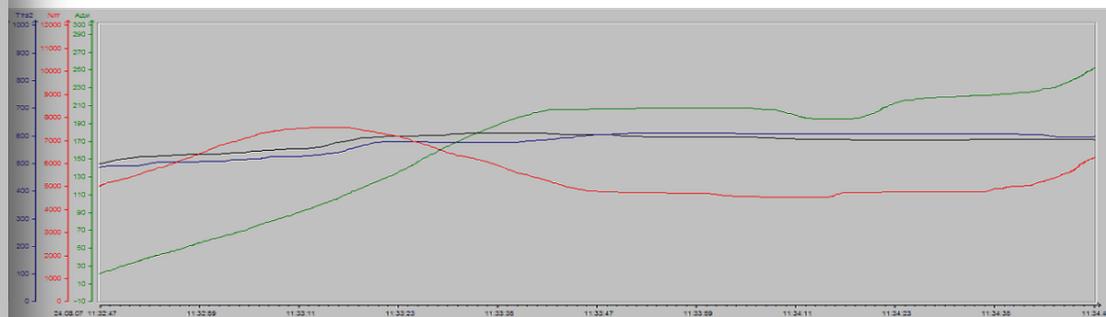
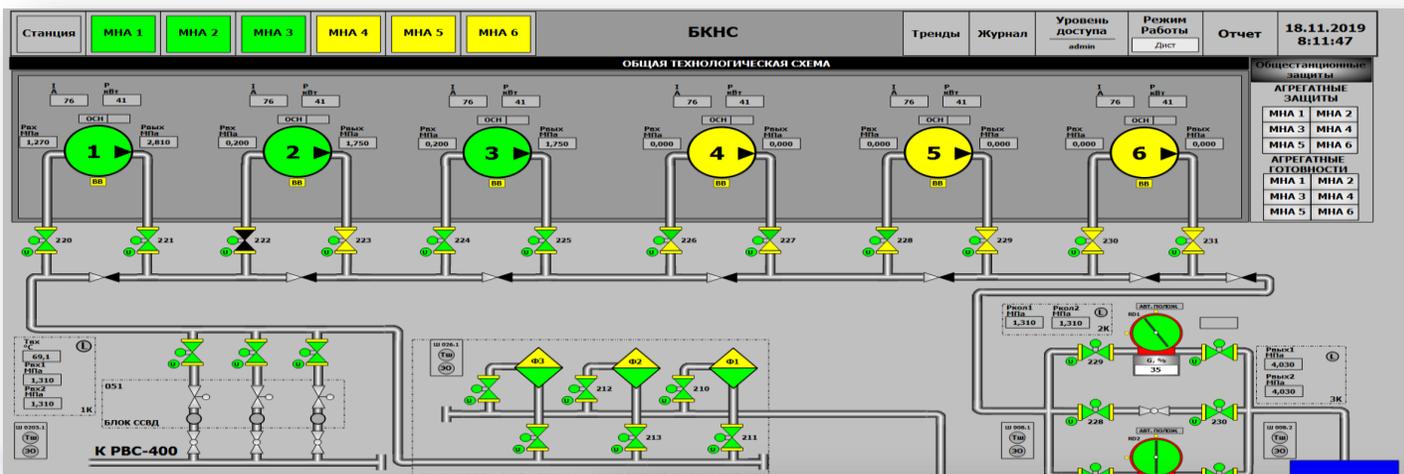
## Цифровой двойник промышленного агрегата на базе информационной модели



Наименование	Описание	Значение по умолчанию
ЛУКОЙЛ-ЗС		
КОГАЛЫМНЕФТЕГАЗ		
КНС-1		
Насосный блок №1		
НА-1		
НА-2		
НА-3		
НА-4		
Насосный блок №2		
НА-5		
НА-6		
Показатели		
Включен		
Выключен		
Вязкость перекачиваемой ж...		
Давление масла		
Давление на входе насоса		
Давление на выходе насоса		
КПД насоса		
Мощность, потребляемая НА		
Мощность, потребляемая пр...		
Напор, развиваемый насосом		
Напряжение на приводе		
Плотность перекачиваемой ...		
Режим работы		Стационарный
Сигнал Отказ	Сигнал Отказ (аварийный остановка)	
Сигнал Пуск		
Сигнал Стоп		
Текущая подача насоса		
Текущая частота вращения ...		
Температура воды		
Температура масла		
Температура ППД		
Температура ППН		

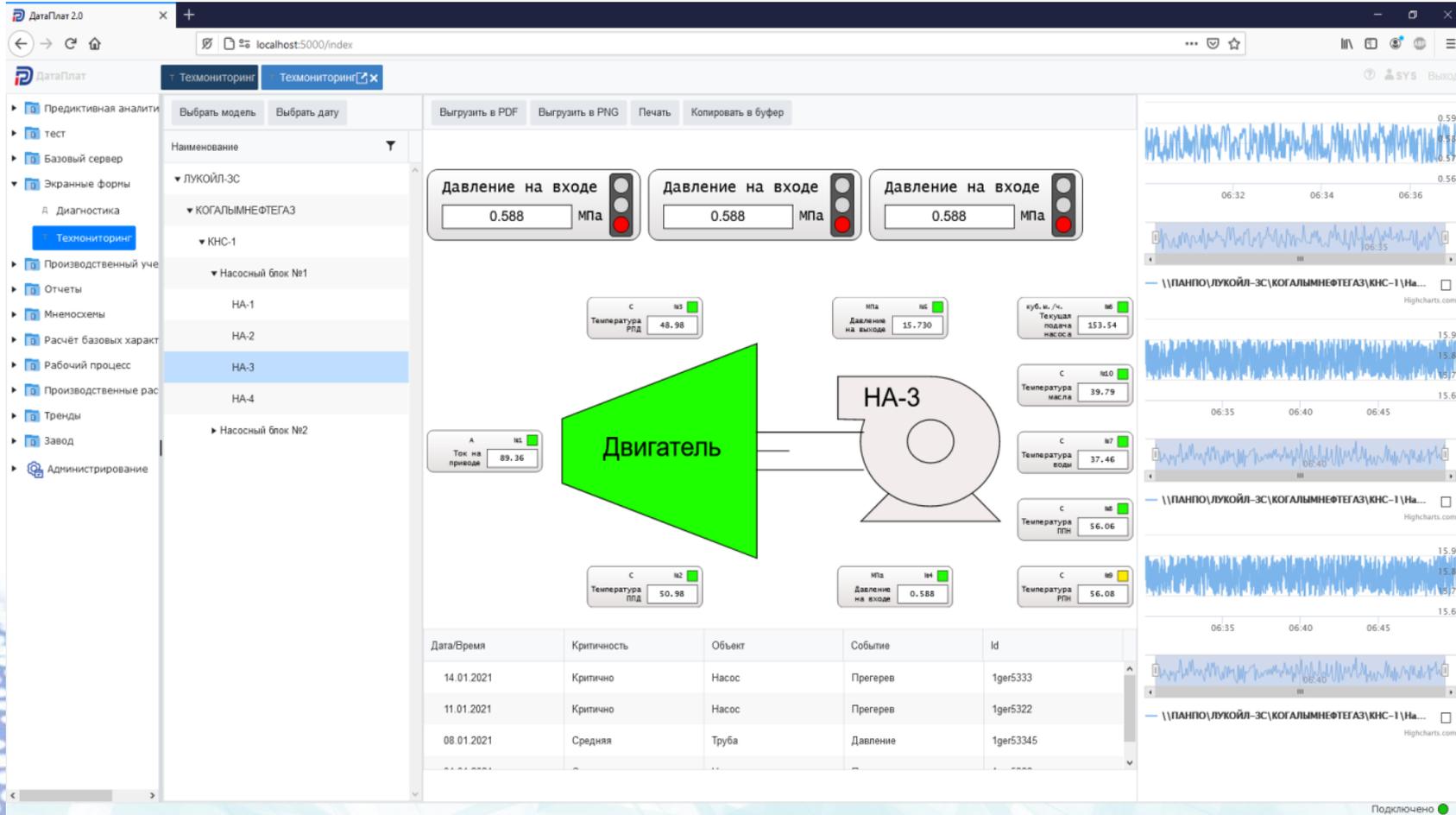
- Ведение шаблонов цифрового двойника производственного оборудования и его узлов
- Создание иерархии цифровых двойников производственных объектов, как на основе шаблонов (с наследованием свойств шаблона), так и с использованием специфики отдельных экземпляров
- Поддержка любого количества атрибутов объекта
- Подключение различных источников данных к атрибутам модели
- Доступ к данным (просмотр значений) в режиме реального времени через атрибуты информационной модели
- Привязка к атрибутам результатов расчетов на основе динамически подключаемых библиотек

- Визуализация производственных объектов на мнемосхемах с выводом ключевых показателей и их значений в он-лайн режиме
- Работа с трендами по ключевым показателям двигателей на основе данных, хранящихся с историческом сервере
- Формирование гибких отчетов по показателям работы НА



Режимный лист СО на 17.11.2019

Время	Агрегат №1				Агрегат №2				Агрегат	
	Рпр, МПа	Рвых, МПа	Счет 2х.ч., м3	Нарастание, м3	Рпр, МПа	Рвых, МПа	Счет 2х.ч., м3	Нарастание, м3	Рпр, МПа	Рвых, МПа
02:00	1.13	2.72	301.26	593.35	1.05	1.15	301.22	593.78	1.05	1.15
04:00	1.51	3.10	309.72	1,204.90	1.02	1.62	309.68	1,205.24	1.02	1.62
06:00	1.90	3.49	318.17	1,832.61	1.00	1.28	318.13	1,832.86	1.00	1.28
08:00	0.48	3.87	326.62	2,477.24	0.97	1.74	326.58	2,477.38	0.97	1.74
10:00	0.87	2.44	335.07	3,138.76	0.94	1.39	335.03	3,138.81	0.94	1.39
12:00	1.25	2.83	343.52	3,817.19	0.92	1.85	343.49	3,817.97	0.92	1.85
14:00	1.63	3.20	301.97	4,490.01	0.89	1.51	301.93	4,490.39	0.89	1.51
16:00	0.21	3.58	310.42	5,102.25	0.87	1.16	310.38	5,102.54	0.87	1.16
18:00	0.59	2.15	318.87	5,731.39	0.84	1.62	318.83	5,731.57	0.84	1.62
20:00	0.98	2.53	327.32	6,377.45	0.81	1.28	327.28	6,377.53	0.81	1.28
22:00	1.36	2.91	335.77	7,040.41	0.79	1.74	335.74	7,041.15	0.79	1.74



- Мониторинг первичных параметров (например вибрация, давление и т.п.) и вторичных характеристик технического состояния (например, КПД, напор, подача и т.п.) в режиме реального времени
- Отображение параметров мониторинга на мнемосхемах (встроенный конструктор мнемосхем)
- Визуализация ключевых индикаторов (лента индикаторов) технического состояния
- Мониторинг требуемых параметров по диаграммам трендов
- Журнал событий мониторинга

## Диагностирование технического состояния промышленного агрегата Корреляционный анализ

PDF
Print
Refresh

Непрерывное диагностирование
  Ретроспективная диагностика

Когалымнефтегаз  
 КНС-1: НА-01: Редуктор

**Статус НА-1**  
 В работе

**Режим работы**  
 Стационарный

**Отклонение от модели**  
 Да

**Расчетный индекс здоровья**  
 0,8

Номер п/п	Атрибуты	Текущее значение	Единица измерения	Отклонение от модели	Контроль	График отклонения
1	X = Давление на входе	5,15	МПа	0,25	●	
	Y = Давление на выходе	12,47	МПа			
2	X = Давление на входе	750,789	м3/ч	23,45	●	
	Y = Производительность	5,15	МПа			
3	X = Давление на выходе	750,789	м3/ч	24,12	●	
	Y = Производительность	12,47	МПа			
4	...					

Количество наблюдаемых корреляций  
 Всего 4 из 10      С отклонениями 2

Журнал событий диагностики

Дата/Время	Шаблон события	Критичность
22.03.2021 15:55	Контроль КА-1	●
23.03.2021 14:35	Контроль КА-1	●
24.03.2021 12:30	Контроль КА-1	●
24.03.2021 12:00	Контроль КА-1	●

Журнал результатов диагностирования

Дата/Время	Результат	Перечень возожных причин
22.03.2021 15:55	Без отклонения	
23.03.2021 14:35	Имеются отклонения	Превышение нагрузки
24.03.2021 12:30	Имеются отклонения	Аппаратный сбой
24.03.2021 12:00	Имеются отклонения	Засор фильтра

Диагностика на основе базовых и фактических показателей  
 Диагностика на основе стат. методов  
 Диагностика на основе корреляций  
 Диагностика по агрегированным показателям  
 Диагностика на основе динамической НС

- Настройка пар корреляции
- Расчет величины корреляции по парам
- Выбор функции корреляционной зависимости
- Настройка модели данных для анализа корреляций
- Контроль отклонений расчета корреляций от модели
- Диагностическое заключение на основе экспертной системы

Информационная модель: ПК ПАНПО. Версия 21.

-11-

### Бизнес-постановка задачи:

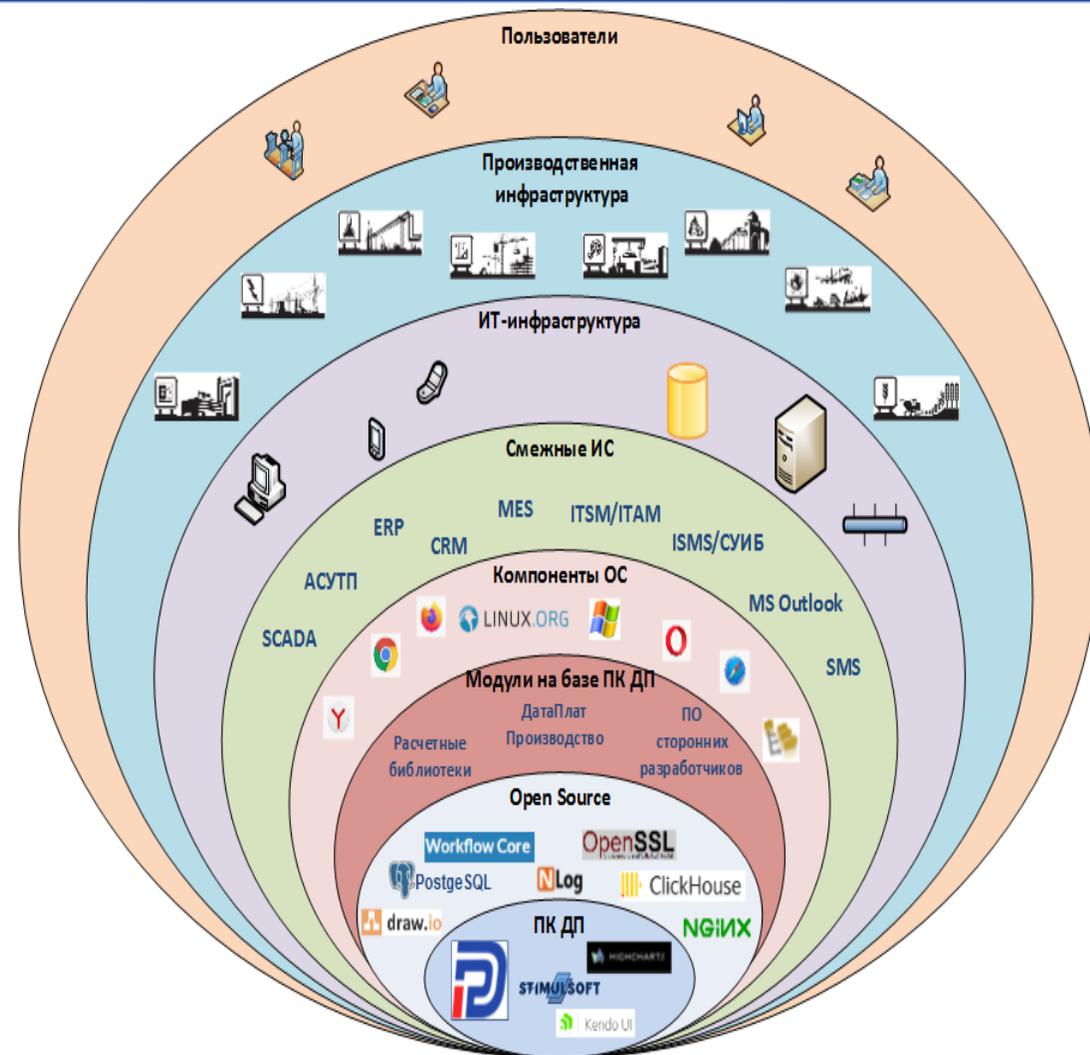
Для насосных агрегатов, находящихся в эксплуатации у Клиентов, необходимо обеспечить оперативный удаленный мониторинг агрегата с возможностью расчета индекса технического состояния (ИТС), показателей надежности, выявления потенциальных отказов и прогнозирования функциональных отказов НА



### Решение обеспечивает для служб технической поддержки следующие функциональные возможности:

- Формирование базового профиля технического состояния НА при выпуске из производства
- Сбор и хранение в модели цифрового двойника НА данных контролируемых первичных параметров, необходимых для оперативной оценки его технического состояния в режиме эксплуатации
- Оперативный расчет фактических эксплуатационных характеристик, агрегированных статистических параметров НА
- Корреляционный анализ фактических эксплуатационных характеристик НА
- Автоматическое диагностирование технического состояния НА и контроль оперативных параметров технического состояния с уведомлениями
- Расчет прогнозных характеристик надежности НА и остаточного ресурса
- Формирование рекомендаций по проведению технического обслуживания НА на основе прогнозных характеристик

 **ДатаПлат – российская программная платформа для создания прикладных решений и цифровых двойников для управления производственными процессами компании, экосистема которой обеспечивает цифровую трансформацию бизнеса**



- Один из крупнейших российских MES интеграторов для предприятий топливно-энергетического комплекса
- Соучредитель Союза Разработчиков Программного Обеспечения и Информационных Технологий ТЭК
- 20 лет успешной работы в ТЭК
- Офисы: Москва, Уфа



### Московский офис:



109147, г. Москва, Марксистский пер., д.6  
+7 (495) 912-66-81  
+7 (495) 911-73-00  
[input.mail.box@infteh.ru](mailto:input.mail.box@infteh.ru)

### Обособленное подразделение ООО «ИнфТех»:



450077, г. Уфа, ул. К. Маркса 20/1, этаж 1  
+7 (347) 293-56-02

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

**Система удаленного мониторинга технического состояния и предиктивного анализа надежности производственного оборудования (ПАНПО)**

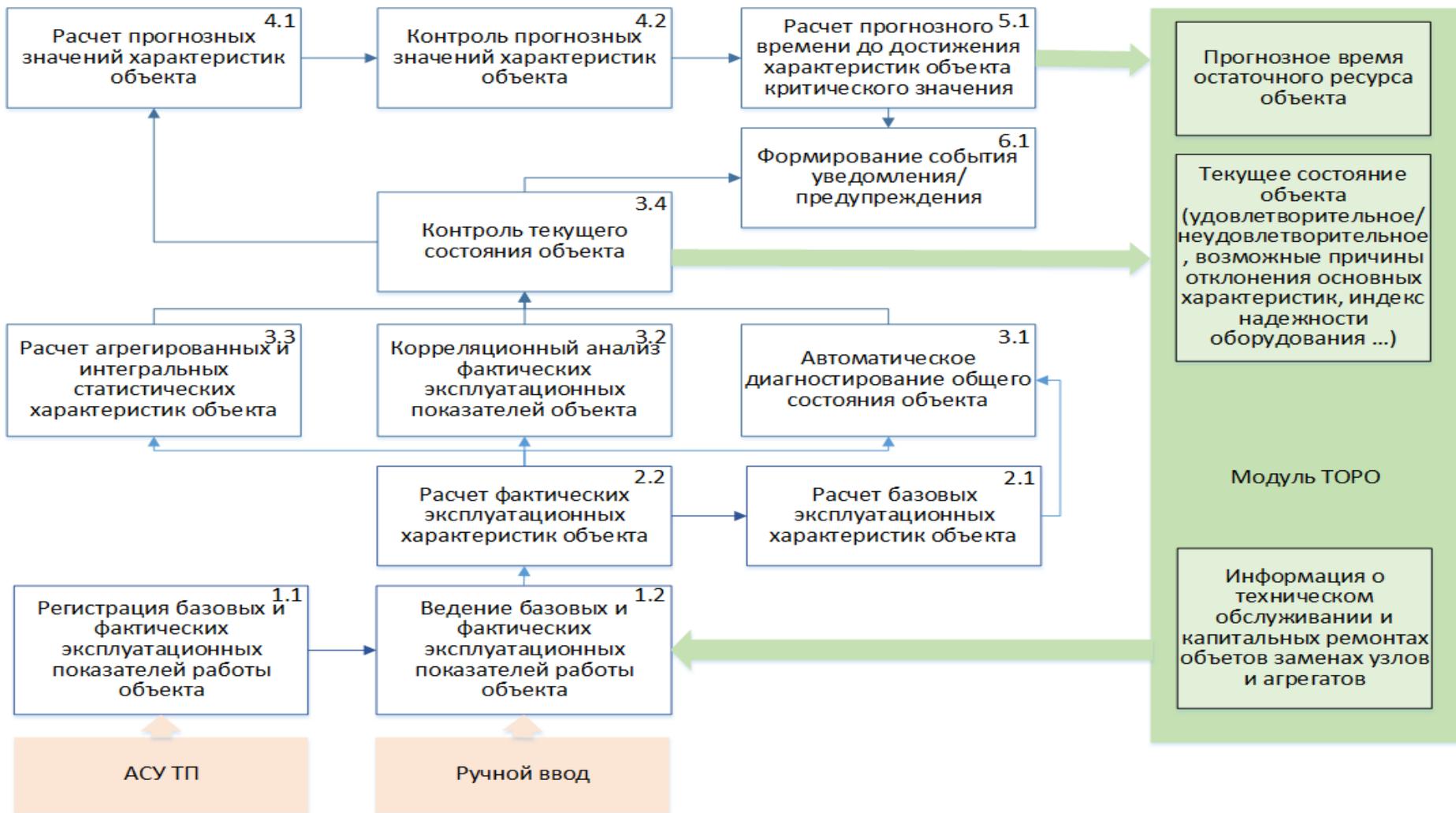
## Типичные проблемы и недостатки текущей модели взаимодействия

- Информация о выявленных проблемах с оборудованием появляется по факту отказа или с сильным запаздыванием, что не позволяет минимизировать простои оборудования для выполнения внеплановых/аварийных ремонтов и сократить затраты
- Для оценки эксплуатационных показателей и характеристик магистральных насосов, как правило, используется диспетчерский мониторинг первичных параметров и не используются современные алгоритмы ранней диагностики потенциальных отказов, такие как статистические методы оценки многомерных состояний (MSET), последовательный критерий Вальда (SPRT), критерий Хоттелинга, а также методы машинного обучения, что не позволяет выявлять зарождающиеся отказы на ранних стадиях
- У производителя, который глубоко понимает конструкторские особенности изделия, отсутствует (или поступает слишком поздно) оперативная информация о текущем техническом состоянии оборудования, что не позволяет принимать эффективные меры поддержки в эксплуатации и проактивно устранять конструкторские и производственные недостатки.
- Отсутствует оперативное взаимодействие производитель-эксплуатант на ранних этапах развития деформаций технических характеристик

**Для повышения эффективности ТОиР и снижения затрат на аварийно-восстановительные мероприятия целесообразно внедрение современных алгоритмов диагностики технического состояния и раннего обнаружения потенциальных отказов, которые успешно функционируют в передовых производственных компаниях**

## Ключевые цели проекта внедрения целевого решения с использованием решения на базе ПАНПО

- Создание Системы (в широком смысле) технической диагностики и прогнозирования отказов МН с использованием, как принятых в Компании методик, так и на основе современных методов и алгоритмов статистического анализа и машинного обучения и на базе отечественного программного обеспечения ПАНПО
- Использование единой информационной модели всех объектов управления Компании для анализа технического состояния критичного для бизнеса оборудования
- Универсальное и единое решение для всех предприятий холдинга и вертикалей управления Компанией, что позволяет получать синергию в области эффективности
- Тесная интеграция с информационной системой планирования и учета ТОиР и Автоматизированной системы управления производством
- Использование потенциала повышения эффективности процессов эксплуатации
- Возможность построения графиков транспортировки «темных» и «светлых» с учетом более точных и ранних прогнозов технического состояния магистрального оборудования
- Применение технологий промышленного интернета вещей (IIoT)
- Возможность применения в перспективе ПАНПО для любого другого вида производственного оборудования



- Поддерживается полный цикл прогнозирования – от сбора, обработки и хранения первичных параметров НА в режиме реального времени, до автоматического расчета оперативных и прогнозных показателей
- Обеспечена возможность двунаправленного взаимодействия с ИС поддержки процессов ТОиР для формирования оптимальных графиков технического обслуживания и ремонтов НА

## Алгоритмика решения предиктивной аналитики НА

- алгоритм автоматического определения режима работы НА
- алгоритм расчета вторичных фактических показателей работы НА
- алгоритм расчета фактических характеристик работы НА
- алгоритм автоматического диагностирования состояния НА
- алгоритм корреляционного анализа показателей работы НА
- алгоритм расчета прогнозных значений характеристик НА
- алгоритм расчета прогнозного остаточного ресурса НА
- алгоритм расчета агрегированных и интегральных показателей и характеристик работы НА

Паспортные данные насосного агрегата	
№	Параметр
1	номинальный наружный диаметр рабочего колеса насоса
2	номинальная частота вращения ротора
3	номинальная подача насоса
4	коэффициент быстроходности насоса
5	номинальная плотность перекачиваемой жидкости
6	номинальная мощность электродвигателя
7	номинальный КПД электродвигателя
8	напорная характеристика насосного агрегата
9	энергетическая характеристика насосного агрегата

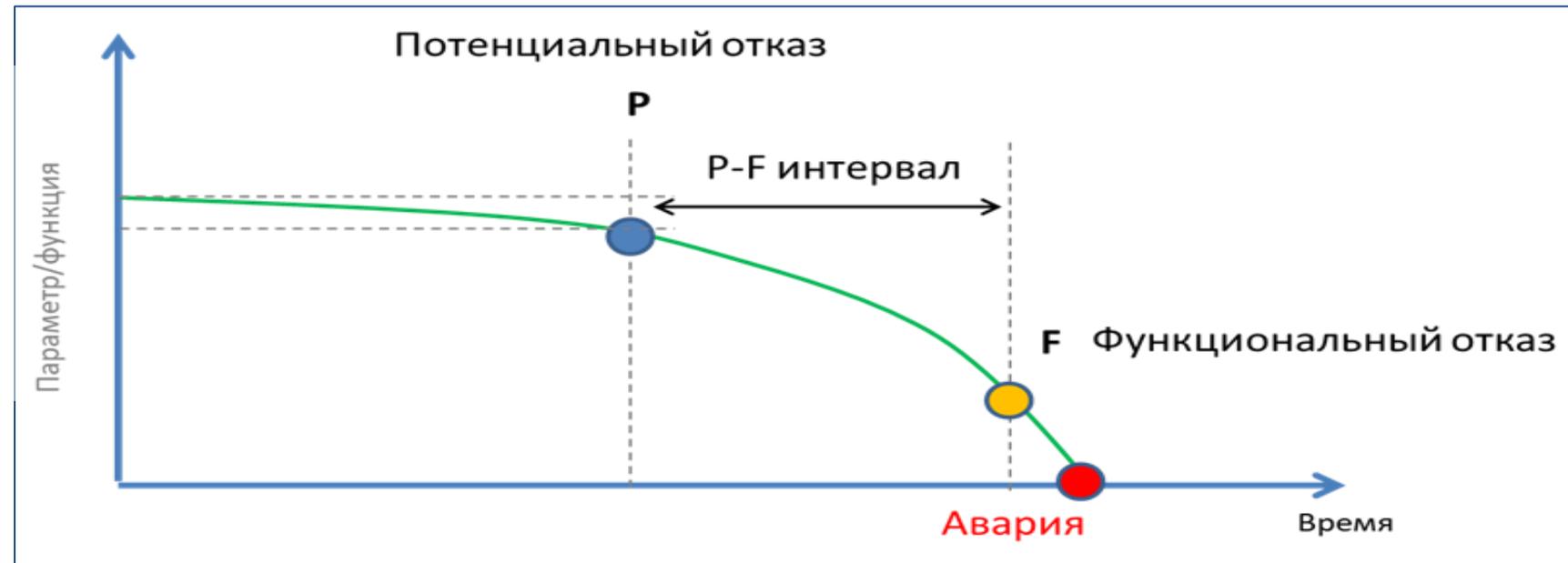
Показатели работы насосного агрегата (в режиме реального времени)	
№	Параметр
1	фактический наружный диаметр рабочего колеса насоса
2	текущая частота вращения ротора
3	<b>текущая подача насоса</b>
4	<b>давление во входном патрубке насоса</b>
5	<b>давление в нагнетательном патрубке насоса</b>
6	<b>мощность, потребляемая электродвигателем (или напряжение питания и потребляемая сила тока)</b>
7	плотность перекачиваемой жидкости
8	вязкость перекачиваемой жидкости
9	сигнал ПУСК для НА
10	сигнал СТОП для НА
11	сигнал ОТКАЗ (АВАРИЙНЫЙ СТОП) для НА

Значимые расчетные показатели, являющиеся выходом Системы	
№	Параметр
1	текущий режим работы НА
2	мгновенный напор, создаваемый НА
3	мгновенная мощность, потребляемая НА
4	мгновенный КПД НА
5	фактическая характеристика подачи НА, приведенная к номинальным условиям работы
6	фактическая характеристика напора НА, приведенная к номинальным условиям работы
7	фактическая характеристика мощности, потребляемой НА, приведенная к номинальным условиям работы
8	фактическая характеристика КПД НА, приведенная к номинальным условиям работы
9	результат оперативного диагностирования текущего состояния НА и перечень возможных причин, которые могли привести к отклонениям фактических характеристик работы НА от базовых (паспортных) характеристик
10	обнаружения отклонений в работе НА в результате корреляционного анализа показателей и характеристик по заданным сценариям
11	прогнозные значения характеристик относительного напора и относительного КПД на заданное время
12	прогнозное значение остаточного ресурса НА до достижения характеристикой относительного КПД заданного критического значения
13	текущие значения времени наработки, простоя и ремонта НА
14	текущие значения количества пусков, остановов и отказов НА
15	среднее время между отказами (MTBF) и среднее время ремонта (MTTR)

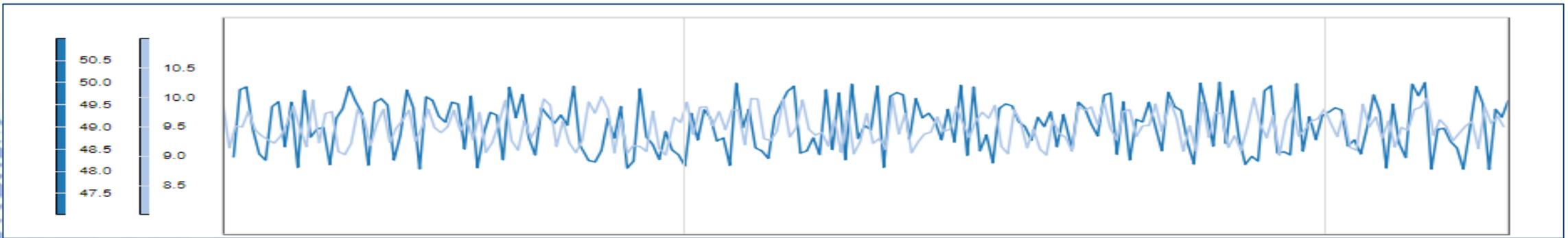


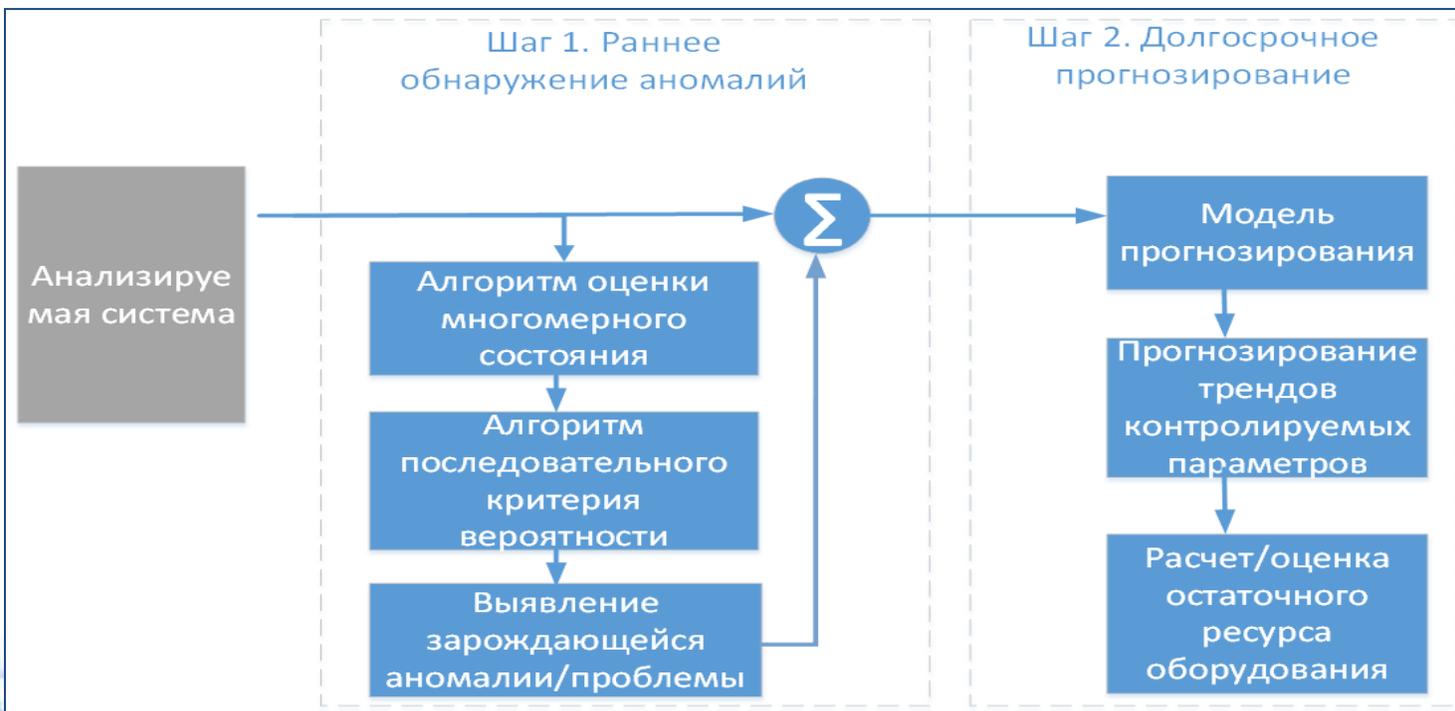
- Построение отдельной модели цифрового двойника объекта для модуля предиктивной аналитики и прогнозирования, интегрированной с другими моделями на уровне атрибутов
- Использование строгих методов математической статистики для расчета характеристик объекта
- Построение гибридной модели функционирования объекта на базе физико-математической модели однотипных объектов с ее последующим уточнением по результатам фактической эксплуатации конкретного объекта

- Раннее выявление потенциального отказа и анализ времени функционального отказа объекта на P-F интервале
- Расчет прогнозных значений характеристик объекта из предположения линейной деградации соответствующих относительных характеристик



- Показатели – минимальный, стандартно контролируемый на производстве, набор первичных и расчетных параметров характерных для данного объекта: температура, частота вращения, потребляемая мощность, давление на входе и выходе, производительность и т.д.
- Характеристики – агрегированные методами математической статистики показатели с заданным уровнем достоверности за интервал времени:
  - для оперативного анализа:
    - уникальные для данного типа объектов параметры функционирования
    - параметры надежности (индекс надежности, MTBF, MTTR)
    - интегральные характеристики (наработка, количество пусков, остановов, отказов и т.д.)
  - прогнозные характеристики:
    - относительная производительность
    - относительный КПД
    - остаточный ресурс





- Расчет характеристик объекта
- Диагностирование общего состояния объекта, на основании экспертной базы знаний о причинах отклонений фактических характеристик от базовых или модельных
- Корреляционный анализ показателей и характеристик объекта в режиме реального времени, поиск отклонений от модельных значений показателей и характеристик

- Автоматическое определение изменений в работоспособном техническом состоянии объекта на основе интеграции методов оценки многомерного состояния (MSET) и последовательного критерия отношения вероятностей (SPRT)
- Расчет прогнозных значений характеристик объекта
- Расчет прогнозного времени остаточного ресурса объекта и прогнозного времени возникновения аварийных ситуаций

## Экономический эффект от внедрения системы удаленного мониторинга и предиктивного анализа надежности

- Уменьшение количества поломок оборудования в среднем на 30–35% [1]
- Сокращение расходов на обслуживание оборудования на 10–20% [1]
- Уменьшение времени простоя на 15–25% [1] в диапазоне от 30 до 50% [2]
- Увеличение объема производства на 10–15% [1]
- Увеличение срока службы оборудования в диапазоне от 20 до 40% [2]
- Снижение объемов реактивного (внепланового) обслуживания на 10–44% [3]

Источники:

[1] <http://www.iksmedia.ru/articles/5292204-Prognoznaya-analitika-sposob-adapta.html>

[2] <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/using-advanced-analytics-to-boost-productivity-and-profitability-in-chemical-manufacturing>

[3] <https://www.inkwoodresearch.com/reports/global-predictive-maintenance-market/>

## Основные выгоды от реализации решения предиктивной аналитики НА



### Для Клиентов

- Повышение коэффициента готовности НА
- Сокращение простоев
- Сокращение затрат на аварийно-восстановительные мероприятия
- Повышение надежности технологических процессов

### Для коммерческих служб

- Предложение новых сервисов своим клиентам по мониторингу технического состояния находящихся в эксплуатации НА
- Возможность реализации коммерческой модели продажи «моточасов» НА

### Для производственных служб

- Возможность исследования «узких мест» в конструкции НА и закономерностей деградации надежности непосредственно в процессе эксплуатации агрегатов
- Анализ влияния конструктивных изменений, внесенных при модернизации НА, в оперативном режиме.

### Для сервисных и гарантийных служб

- Возможность планирования технического обслуживания «по состоянию»
- Контроль соблюдения требований эксплуатации для принятия решений по рекламациям