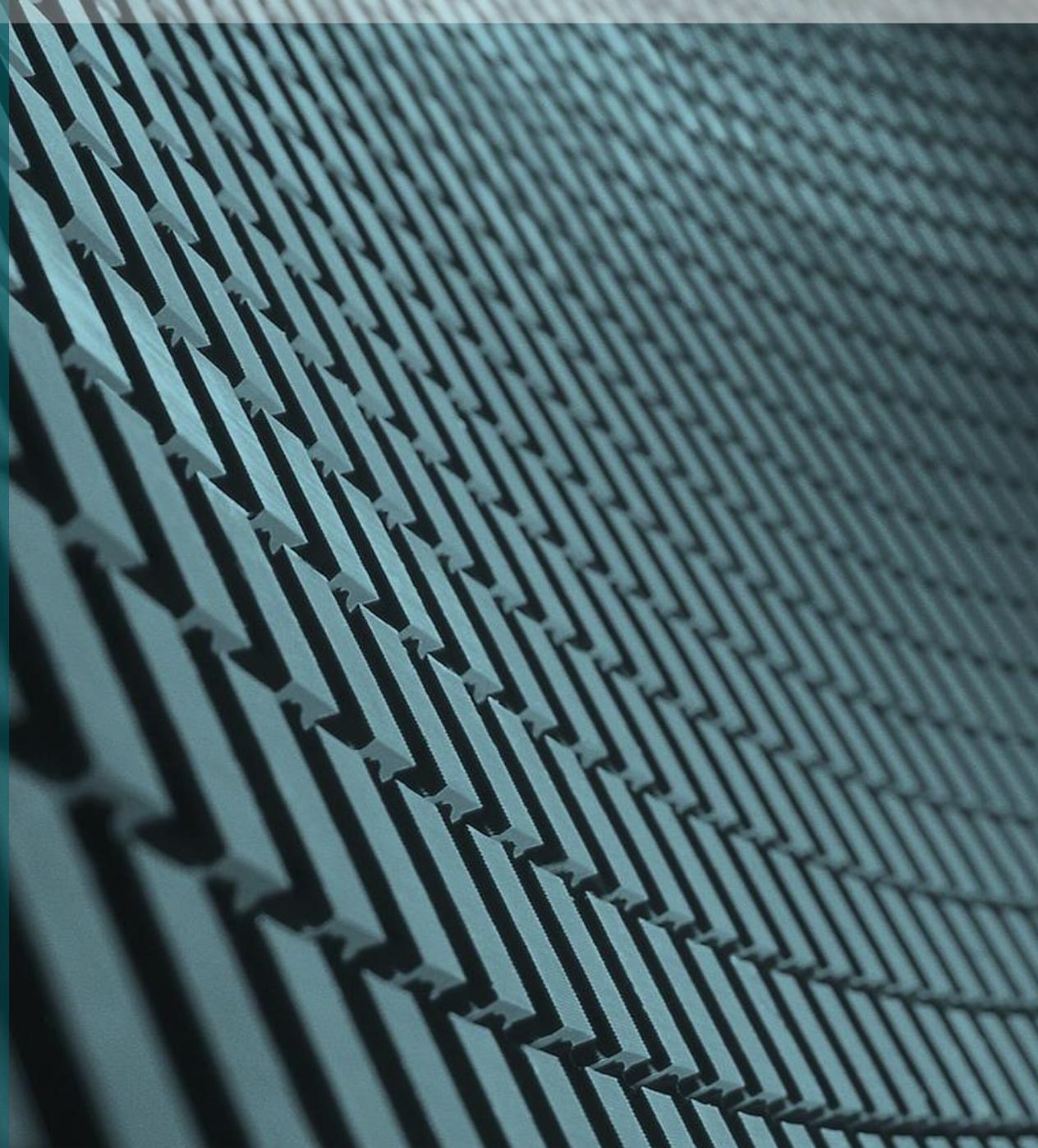




Диагностика и мониторинг

энергетического
оборудования





СИЛОВЫЕ МАШИНЫ

опыт и забота о клиенте

4

место в мире

по объему установленного
оборудования

160

лет
в отрасли

> 2 000

инженеров и
конструкторов

**Сопровождаем клиента на всех
этапах жизненного цикла оборудования**

с момента проектирования и в течение
всего периода эксплуатации

**Никто лучше нас не знаком
с особенностями нашего оборудования**

поэтому мы лучше других можем помочь
с решением любых технических неисправностей

**Мониторинг состояния
оборудования**

позволит нам своевременно
проводить его диагностику
и выявлять неисправности

НИОКР

с ведущими отраслевыми
научными организациями
России

Так мы
пришли к идее
создания системы
предиктивной
диагностики



РЕШЕНИЕ ОСНОВЫВАЕТСЯ НА ЭКСПЕРТНОМ ПОДХОДЕ

к диагностике и интеграции инновационных технологий



— ЛОКАЛЬНАЯ И УДАЛЕННАЯ ЧАСТИ ФУНКЦИОНИРУЮТ КАК ЕДИНОЕ ЦЕЛОЕ



Локальный программно-технический комплекс

Диагностика
технического состояния

Прогнозирование
развития отклонений

Сбор и передача данных
в диагностический центр



Диагностический центр

Корректировка
эталонных моделей

Пополнение базы данных
диагностических признаков

Обучение
нейронной сети



OFFLINE

Возможность автономного
функционирования
на площадке клиента





УДАЛЕННЫЙ ЦЕНТР МОНИТОРИНГА ПРЕДОСТАВЛЯЕТ КОМПЛЕКС УСЛУГ

по отслеживанию и оперативной выдаче рекомендаций

Круглосуточная поддержка

Консультации с экспертами
завода-изготовителя

Корректировка моделей

Уточнение моделей по результатам
обобщения опыта эксплуатации

Анализ пусков / остановов

Качественная оценка
пускоостановочных режимов

Предоставление отчетов

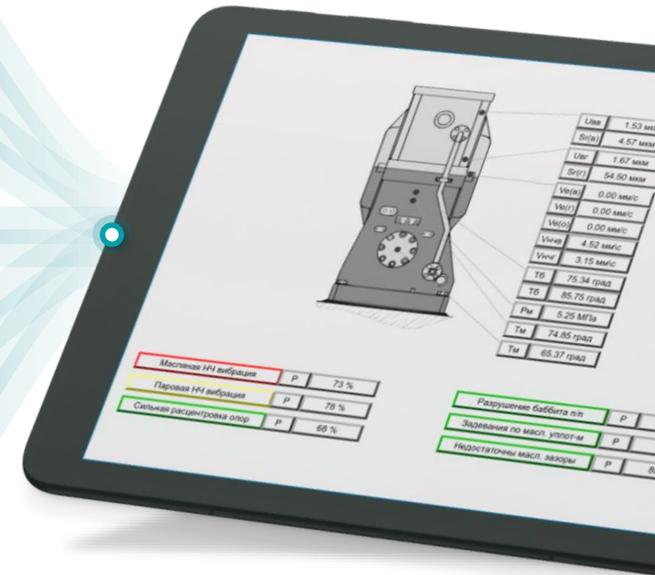
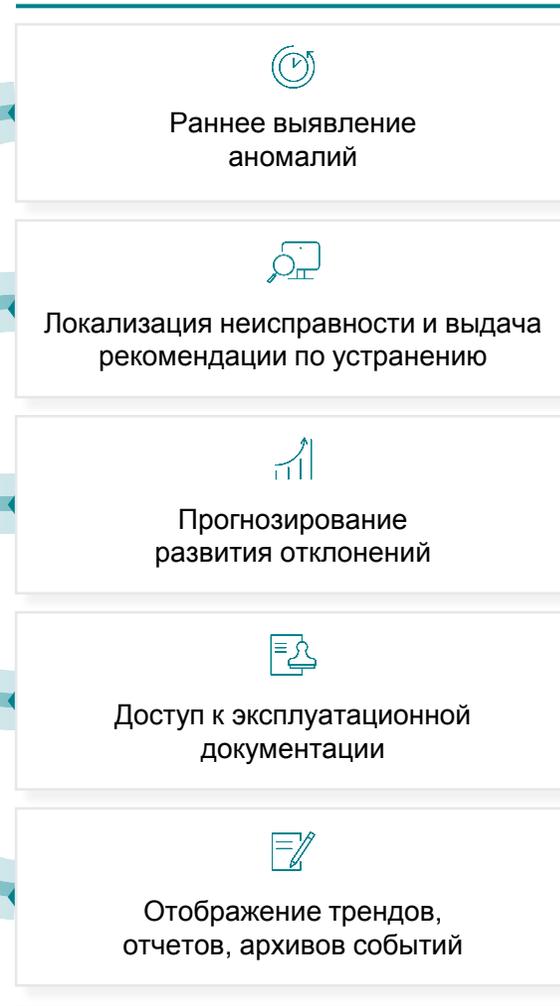
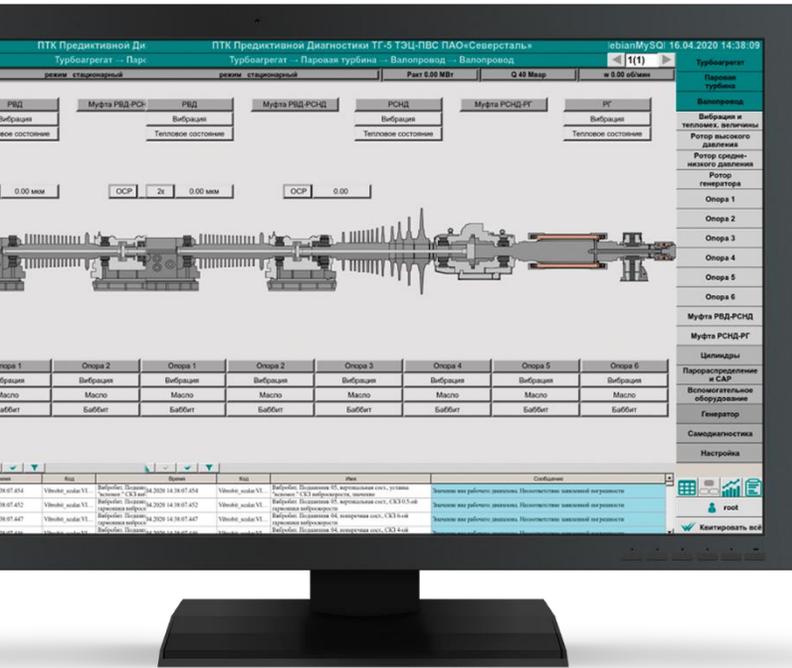
Отчеты о состоянии оборудования и рекомендации
по эксплуатации и техническому обслуживанию



24/7

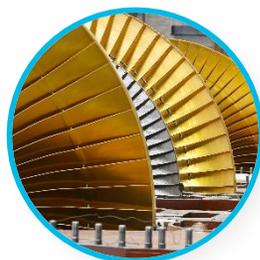
ИНТЕРФЕЙС РАЗРАБОТАН НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

узлов турбоустановки



К 2022 ГОДУ СИСТЕМА БУДЕТ ОБСЛУЖИВАТЬ

6 типов оборудования



Паровые турбины



Турбогенераторы



Гидравлические турбины



Гидрогенераторы



Паровые котлы



Газовые турбины

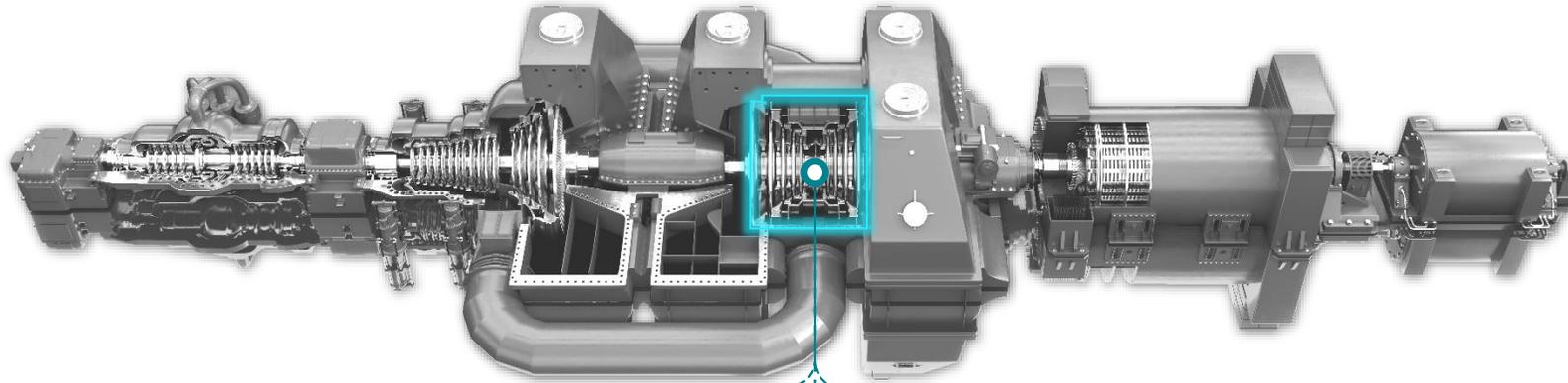
2020

2021

2022

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧИВАЕТ НАДЕЖНОСТЬ

и снижение затрат на эксплуатацию оборудования



Выявляет неисправности на ранних стадиях

Защитная уставка



Проводит локализацию и определяет причину неисправности

Задевания по масляным уплотнениям

Дисбаланс в роторе

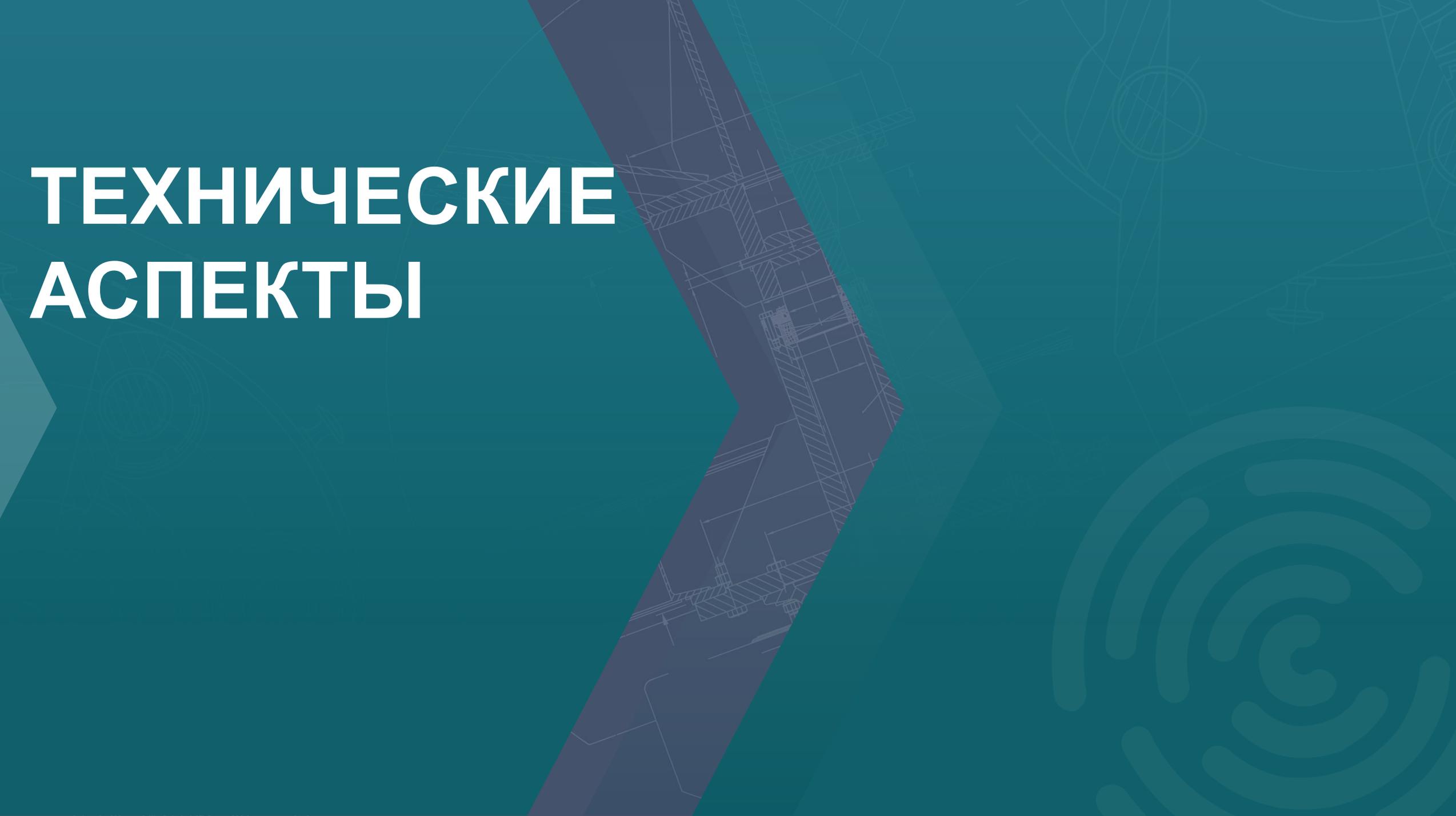
Снижение КПД

Радиальные и торцевые задевания

Прогнозирует развитие отклонений и выдает рекомендации



ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

The background features a dark teal color with a large, light teal arrow pointing to the right. Overlaid on this are faint technical drawings, including a cross-section of a mechanical part and a circular diagram with concentric lines.

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ОТКАЗОВ

паровых турбин и турбогенераторов



Паровая турбина

Валопровод	1	Дисбаланс
	2	Остаточный погиб
	3	Эллиптичность шеек
	4	Недостаточная посадка насадных деталей
	5	Малые зазоры между насадными деталями
	6	Недостаточная отстройка от резонанса
	7	Тепловой погиб
	8	Отрыв массы
	9	Трещина в роторе
	10	Крутильный резонанс
	11	НЧВ
	12	Низкие запасы устойчивости по частоте вращения
	13	Субгармоническая вибрация и резонанс
	14	Повышенные динамические напряжения в роторах
	15	Повышенные температурные напряжения в роторах
	16	Некорректная посадка полумуфт
	17	Радиальная несоосность
	18	Угловая несоосность
	19	Ослабление призонных болтов
	20	Разрушение призонных болтов
	21	Сползание муфты
Проточная часть	22	Высокие возмущающие аэродинамические силы
	23	Низкие запасы устойчивости по расходу пара
	24	Износ уплотнений
	25	Нерасчетная температура подачи пара на КУ
	26	Радиальные и торцевые заедания
	27	Попадание фрагментов уплотнения в зону нижних сегментов
	28	Автоколебания лопаток
	29	Резонанс лопаток и пакетов
	30	Солевой занос проточной части
	31	Повышенные поперечные нагрузки в регулирующей ступени
	32	Плохая центровка сопловых коробок
	33	Пульсации давления в сопловых коробках
	34	Закусывание в сопловых коробках
	35	Вибрация в сопловых коробках
Подшипники	36	Расцентровка опор
	37	Некорректные зазоры
	38	Разрушение баббита
	39	Перекас в подшипнике
	40	Повышенная статическая нагрузка в опоре
	41	Перегрев баббита
	42	Электроэрозионный износ баббита
	43	Резонанс опоры
	44	Повышенная динамическая нагрузка в опоре
	45	Повышенная податливость опоры
Цилиндры	46	Недостаточная подача масла
	47	Попадание окалины в масляный зазор
	48	Повышенная температура масла на входе и выходе
	49	Пониженная температура масла на входе
	50	Коробление цилиндров, диафрагм, обоям
	51	Повышенные температурные напряжения в корпусах
	52	Повышенная податливость цилиндров
	53	Отрыв цилиндров от площадок опирания
	54	Ухудшение экономических показателей цилиндра

Тепловые расширения	55	Закусывание в продольных шпонках	
	56	Закусывание в лапах и поперечных шпонках	
	57	Повышенные силы трения на поверхностях скольжения	
Регулирование	58	Некорректный выбор зазоров в шпонках	
	59	Отклонение от нормативной и нагрузочной характеристики	
	60	Снижение быстродействия	
	61	Неплотность регулирующих клапанов	
	62	Превышение допустимых усилий сервомоторов	
	63	Обрыв штоков регулирующих клапанов	
	64	Повышенная нечувствительность элементов управления	
	Конденсатор	65	Нарушение распределения усилий на конденсатор
		66	Повышенный присос воздуха в вакуумную систему
		67	Загрязнение трубных пучков
68		Повышенное содержания кислорода в основном конденсате	
69		Повышенная жесткость конденсата	
70		Износ трубных пучков	
71		Ухудшение работы эжекторов	
72		Переохлаждение конденсата	
73		Затопление нижних рядов трубных пучков	
74		Повышенное сопротивление в конденсаторе	
Регенерация	75	Отклонение недогрева воды от нормативных величин	
	76	Повышенное сопротивление в отборе	
Теплофикация	77	Протечки конденсата по линиям байпасов и аварийного слива	
	78	Загрязнение подогревателей сетевой воды	
Масло снабжение	79	Износ трубных пучков	
	80	Засорение масла, нарушение его вязкости	
	81	Обводнение масла	
Трубопроводы	82	Попадание воздуха	
	83	Вибрация трубопроводов	
Фундамент	84	Передача усилий от трубопроводов на агрегат	
	85	Резонанс фрагмента фундамента	
	86	Повышенная податливость и уклон ригеля	
	87	Просадка фундамента из-за обводнения грунта, вибраций	
	88	Просадка и неравномерная деформация фундамента	
	89	Обрыв анкерных болтов	
	90	Недостаточное прилегание фундаментной рамы	

Турбогенератор

Статор	1	Механическое повреждение изоляции отломившимися лепестками активной стали
	2	Повреждение изоляции технологического происхождения
	3	Тепловое старение микалентной компаундированной изоляции пазовых частей
	4	Повреждение изоляции элементарных проводников
	5	Механические повреждения изоляции лобовых частей ферромагнитными предметами
	6	Истирание изоляции лобовых частей вследствие повышенной вибрации
	7	Увлажнение изоляции
	8	Ухудшение свойств изоляции вследствие попадания масла
	9	Замыкание элементарных проводников
	10	Течи элементарных проводников
	11	Ухудшение паек головок
	12	Течи в головках
Ротор	13	Ослабление креплений стержней в лобовой части
	14	Повреждение внутренних элементов системы охлаждения обмотки
	15	Местные перегревы стали вследствие истирания межлистовой изоляции
	16	Местные перегревы вследствие механических повреждений активной стали
	17	Смещение листов активной стали крайних пакетов
	18	Разрыв шпилек стяжных ребер
	19	Повреждение узлов крепления упругой подвески сердечника
	20	Повреждение упругих элементов подвески
	21	Повреждение конструктивных элементов выводов и соединительных шин
	22	Повреждение обмотки посторонним предметом
	23	Тепловое старение изоляции обмотки
	24	Повреждение корпусной изоляции обмотки
	25	Замыкания и повреждение витков обмотки
	26	Повреждение межжатушечной и межполюсной изоляции обмотки
	27	Повреждение шейки вала
	28	Прогиб и смещение вала
	29	Повреждение узлов крепления бандажа
	30	Разрушение подбандажной изоляции
Щеточно-контактный аппарат	31	Повреждение конструктивных узлов полумуфты
	32	Повреждение изоляции токоподвода
	33	Механические повреждения токоподвода
	34	Повреждения токоведущих болтов
	35	Повреждение конструктивных узлов вентилятора
	36	Дисбаланс вентиляции по каналам ротора
	37	Загрязнения и перегревы контактного кольца
	38	Трещины контактных колец
	39	Износ контактных колец
	40	Бой контактных колец
Масляные уплотнения	41	Повреждение изоляции под контактные кольца
	42	Заклинивание щеток в обоймах и повреждение щеткодержателей
	43	Искрение и износ щеток
	44	Механические повреждения щеток
	45	Загрязнения щеточного аппарата
	46	Повреждение конструктивных элементов охлаждения щеточного аппарата
	47	Повреждение уплотнений подшипников
Охлаждение	48	Перегрев элементов уплотняющих подшипников
	49	Повреждение и износ баббита вкладыша
	50	Повреждения уплотнений вкладыша
	51	Перекас и ограничение подвижности вкладышей
52	Нарушения работы системы маслоснабжения	
53	Повреждение уплотнений щитов короба	
54	Повреждение конструктивных элементов газоохладителей	
55	Течи трубопроводов	
56	Повреждение элементов сливных коллекторов	

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ОТКАЗОВ

паровых турбин и турбогенераторов

Паровая турбина

21 неисправность	Валопровод	10 неисправностей	Конденсатор
5 неисправностей	Цилиндры	6 неисправностей	Регулирование
14 неисправностей	Подшипники	3 неисправности	Маслоснабжение
4 неисправности	Тепловые расширения	8 неисправностей	Фундамент, трубопроводы
14 неисправностей	Проточная часть	5 неисправностей	Регенерация, теплофикация

Рассмотрено неисправностей

~90 по паровым турбинам

>35
описываются
диагностическими
правилами

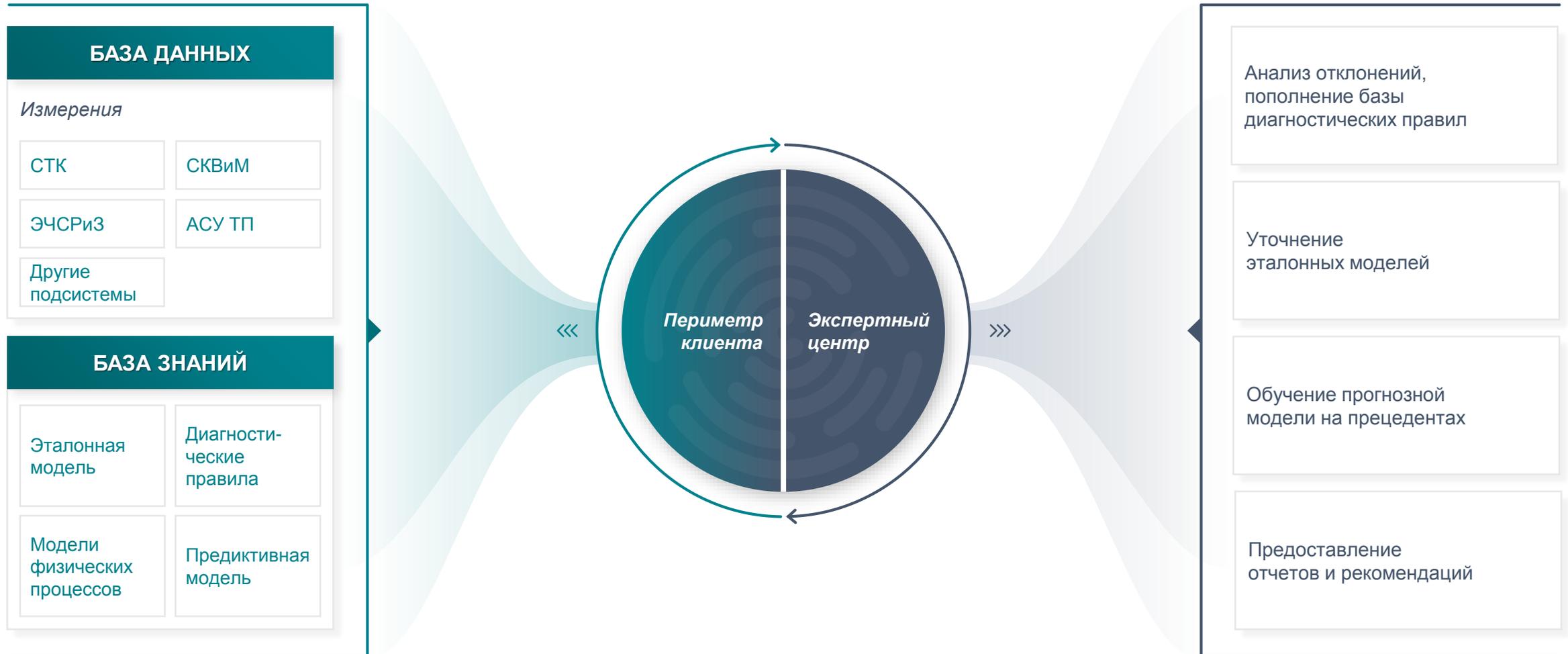
>55 по турбогенераторам

~35
описываются
диагностическими
правилами

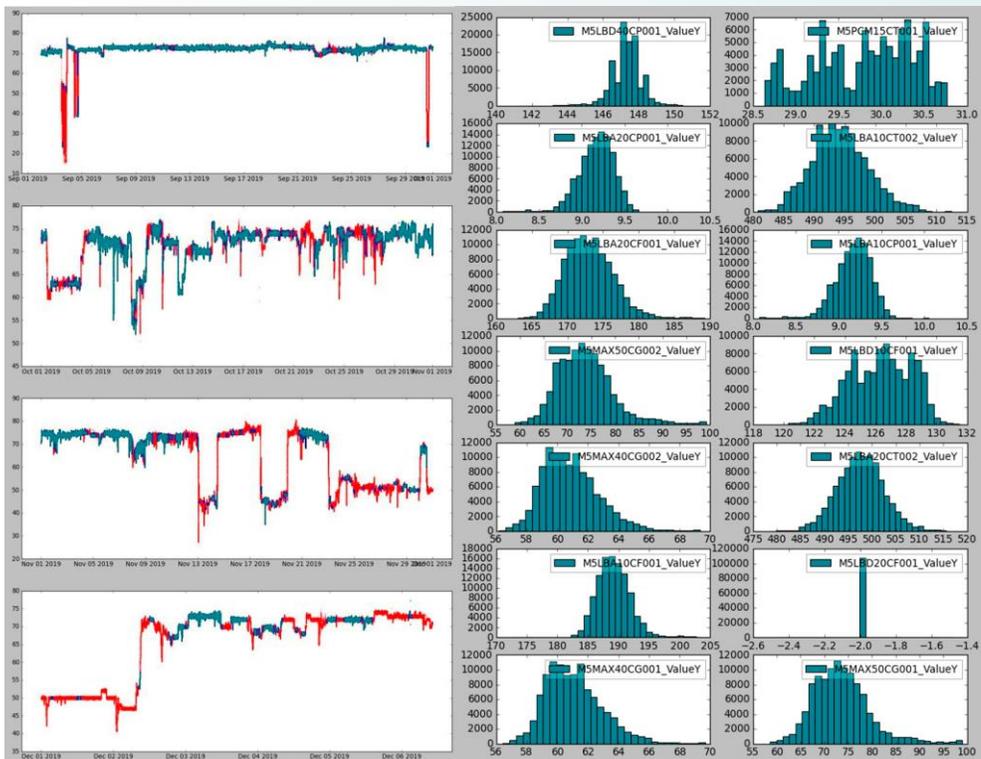
Турбогенератор

21 неисправность	Статор
15 неисправностей	Ротор
10 неисправностей	ЩКА
6 неисправностей	Масляные уплотнения
4 неисправности	Охлаждение

ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ



РАЗРАБОТКА ЭТАЛОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ



Выделен набор показателей, определяющий установившийся режим

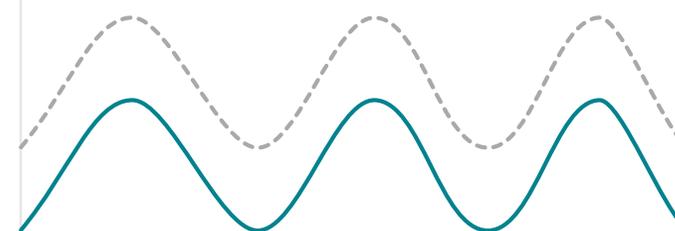
Уточнены граничные значения показателей, задающих режим

Проведены проверки достоверности проведенного разделения

Полученные режимы объединены в семейства режимов

Стандартная заводская уставка

Динамическая уставка



Измеряемая величина

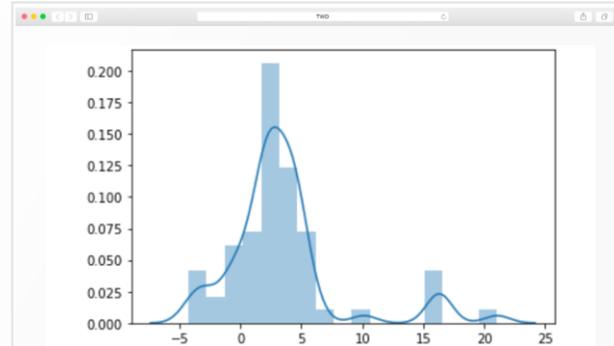
Применение эталонных моделей работы оборудования позволяет вводить динамические уставки, определяющие выход контролируемого значения за допустимые пределы в зависимости от режимов работы, времени года и других факторов

РАЗРАБОТКА ПРЕДИКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

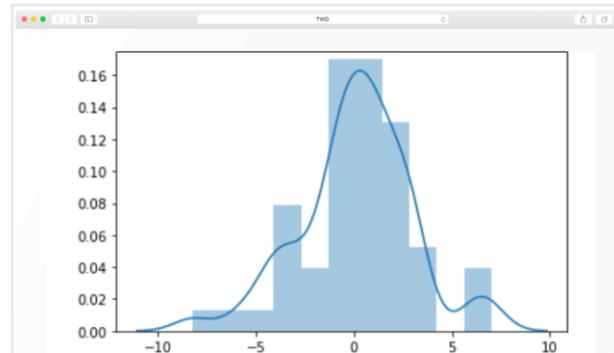
ВЫДЕЛЕНИЕ СЕМЕЙСТВА
РЕЖИМОВ ПАРОВОЙ
ТУРБИНЫ



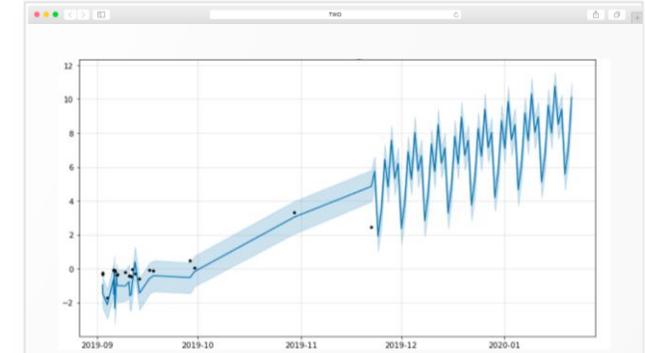
Оценка распределения наклона трендов



Деградация



Без деградации



Экстраполяция
восходящего тренда

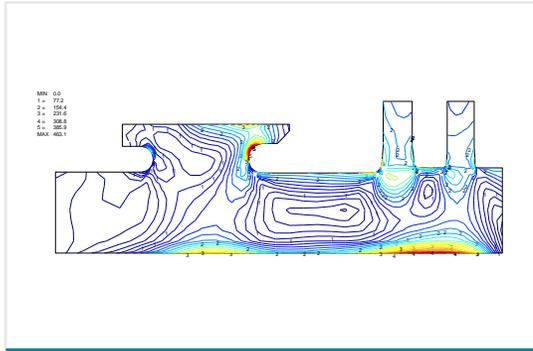
АЛГОРИТМ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕИСПРАВНОСТИ

Ключевой особенностью алгоритмов «Силовых машин» является использование результатов спектрального анализа вибрационного состояния

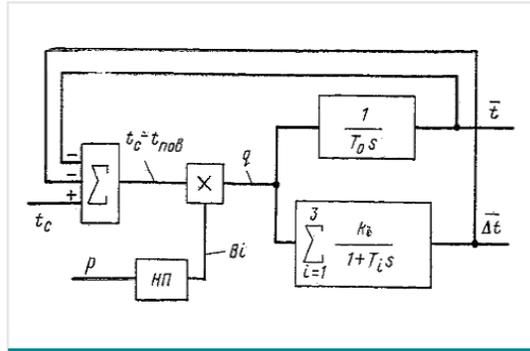
Анализ спектра вибрации позволяет локализовать до 20 неисправностей



Модель прогрева ротора



Зоны максимальных напряжений при пуске из холодного состояния



Алгоритм вычисления эффективной разности температуры ротора

Результат вычисления

«эффективная» разность температуры наружной поверхности, пропорциональная значению температурных напряжений на поверхности ротора

Допустимый диапазон

$$[\Delta t]^+ = 30^\circ\text{C}$$

$$[\Delta t]^- = -50^\circ\text{C}$$

Термодинамическая модель



Результатом моделирования является получение объективной информации о техническом состоянии проточной части цилиндров, контроль снижения экономичности паровой турбины в процессе эксплуатации

СРЕДСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ энергетического оборудования



АСКГИТ

Предиктивная диагностика

01

Выявление
аномальных
отклонений

02

Локализация
неисправности

03

Оценка времени
наступления
аварийного
события

Технологический контроль турбогенератора

01

Вибрация
статора

02

Термоконтроль
статора

03

Межвитковые
замыкания

Контроль вибрации и механических величин паровой турбины

01

Абсолютная
вибрация опор
и относительная
вибрация вала

02

ОРР, осевой
сдвиг, прогиб

03

Формирование
защит

СРЕДСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

автоматизированного контроля и мониторинга паровых турбин и турбогенераторов

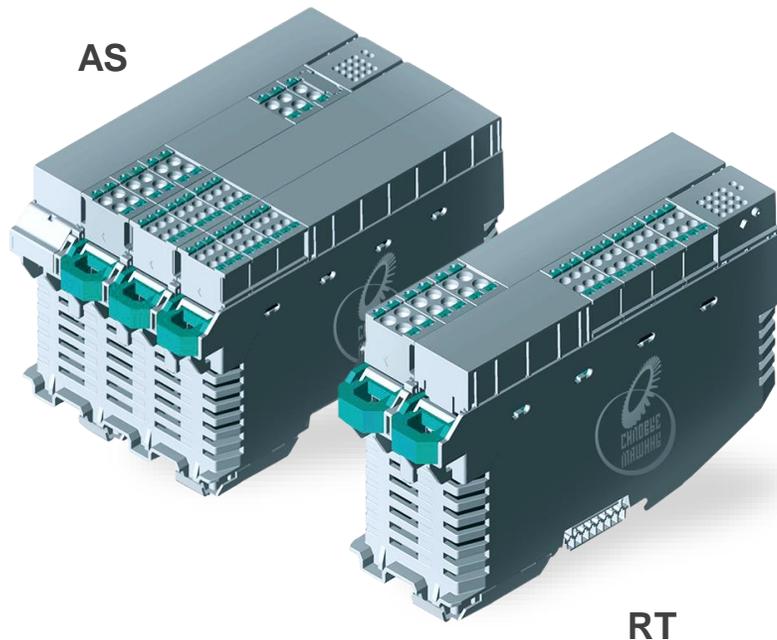
Линейка измерительных преобразователей

Анализатор спектра (AS)

- Обеспечивает приём и обработку в реальном времени сигналов от датчиков вибрации для измерения абсолютных или относительных величин вибрации, а также от датчиков воздушного зазора, пирометров и преобразователей магнитной индукции для измерения полюсных величин
- Представляет собой четырёхканальный цифровой измерительный преобразователь аналоговых сигналов с выдачей полученных данных в цифровом виде по запросу через интерфейс Ethernet

Нормализатор сигналов от термопреобразователей сопротивления (RT)

- Обеспечивает измерение температуры с помощью термопреобразователей сопротивления с медными и платиновыми чувствительными элементами
- Представляет собой четырехканальный измеритель величины температуры при помощи термопреобразователей сопротивления с выдачей полученных данных в цифровом виде по запросу через интерфейс RS485



Используемые решения соответствуют постановлению Правительства РФ

Применяемое ПО свободно распространяемое и не требует приобретения лицензий

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОВОДИТСЯ

из экспертно-диагностического центра

ПЕРИМЕТР
ЗАКАЗЧИКА



АСУ ТП, СКВиМ,
СТК, ЭЧСРиЗ



Локальный
сервер диагностики



АРМ оператора



Шлюз



ЦЕНТР
УДАЛЕННОГО
МОНИТОРИНГА



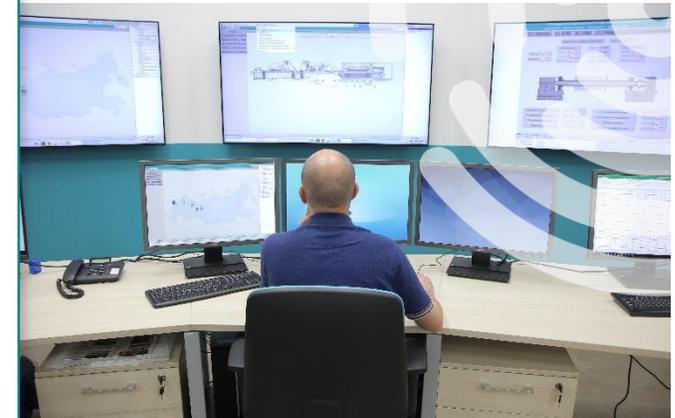
Серверная



АРМ оператора



Испытательный стенд



Структурная схема экспертно-диагностического центра

МЫ ВСЕГДА ОТКРЫТЫ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

И ГОТОВЫ ОТВЕТИТЬ НА ВСЕ
ИНТЕРЕСУЮЩИЕ ВОПРОСЫ

Дивизион сервиса

 8 (800) 250 76 59

 mail@power-m.ru

 <https://power-m.ru/>