



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

Опыт использования системы предиктивной аналитики на Нововоронежской АЭС

Научно-техническая молодёжная конференция «Будущее атомной энергетики»

Воронов Алексей Викторович
Инженер 2 категории ОТД НВАЭС

Что такое предиктивная аналитика?

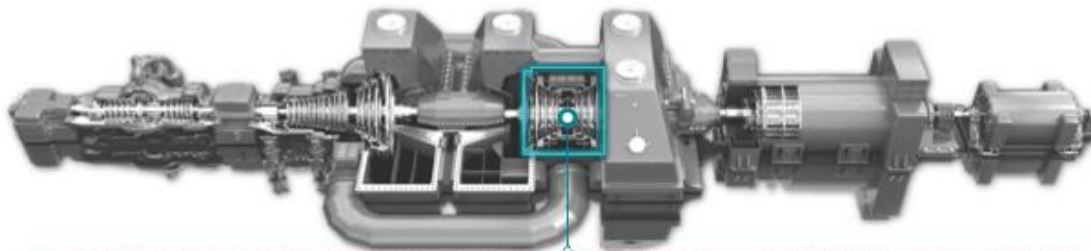
Предиктивная аналитика

(предикативная, предсказательная, прогнозная аналитика, от англ. **predictive analytics**) — класс методов анализа данных, прогнозирующих поведение объекта.



Система предиктивной аналитики (СПА)

СПА предназначена для предиктивного анализа данных, характеризующих состояние технологического оборудования АЭС, с целью обнаружения неисправностей и отказов оборудования на ранней стадии их развития.



Выявляет неисправности на ранних стадиях



Проводит локализацию и определяет причину неисправности



Прогнозирует развитие отклонений и выдает рекомендации



Предиктивный анализ

Документация на оборудование (эксплуатационная, проектная, конструкторская)



Опыт эксплуатации оборудования (исторические архивы изменения значений параметров оборудования в условиях нормальной эксплуатации)

Информация об объеме проведенного ТОиР и зафиксированных нарушений в работе оборудования



Актуальные значения параметров оборудования (давления, температуры, расходы и т.д.)



Предиктивная модель оборудования (его узла, его функции)

«Индекс здоровья оборудования»

Дополнительная информация, характеризующая причины его отклонения от нормы

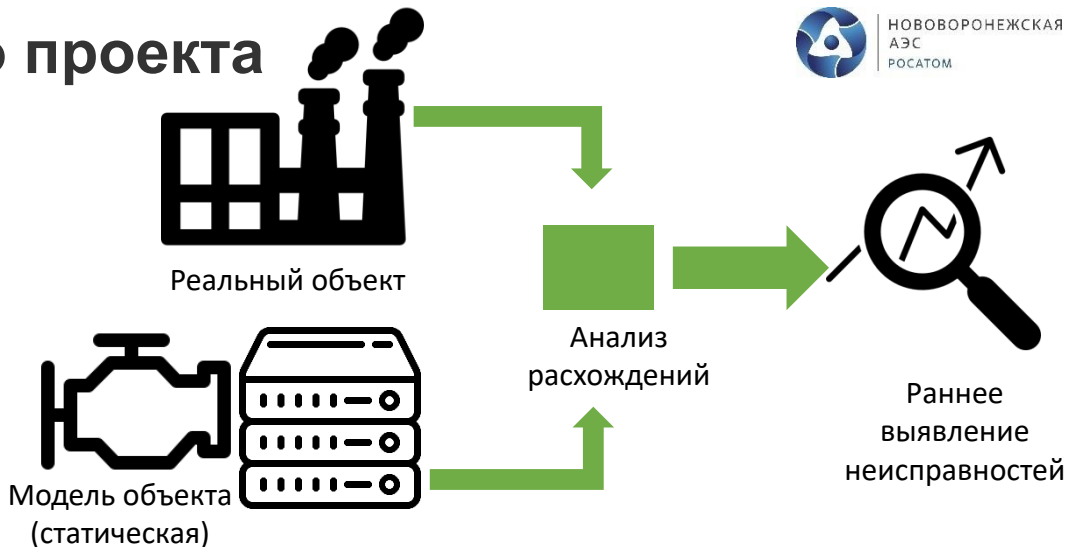
Основание для реализации пилотного проекта

- Приказ АО «Концерн Росэнергоатом» от 29.12.2018 № 9/1969-П «Об утверждении и введении в действие Программы цифровизации дивизиона «Электроэнергетический» на период 2018-2022 гг.».
- Приказ АО «Концерн Росэнергоатом» от 15.02.2019 № 9/224-П по теме «Об открытии проекта «Предиктивная аналитика оборудования АЭС в части анализа состояния основного электротехнического и тепломеханического оборудования».
- Приказ АО «Концерн Росэнергоатом» от 12.12.2022 № 9/01/2095-П по теме «О вводе в промышленную эксплуатацию системы предиктивной аналитики состояния оборудования АЭС».

Цель и задачи пилотного проекта

Цель пилотного проекта:

- создание прототипа СПА



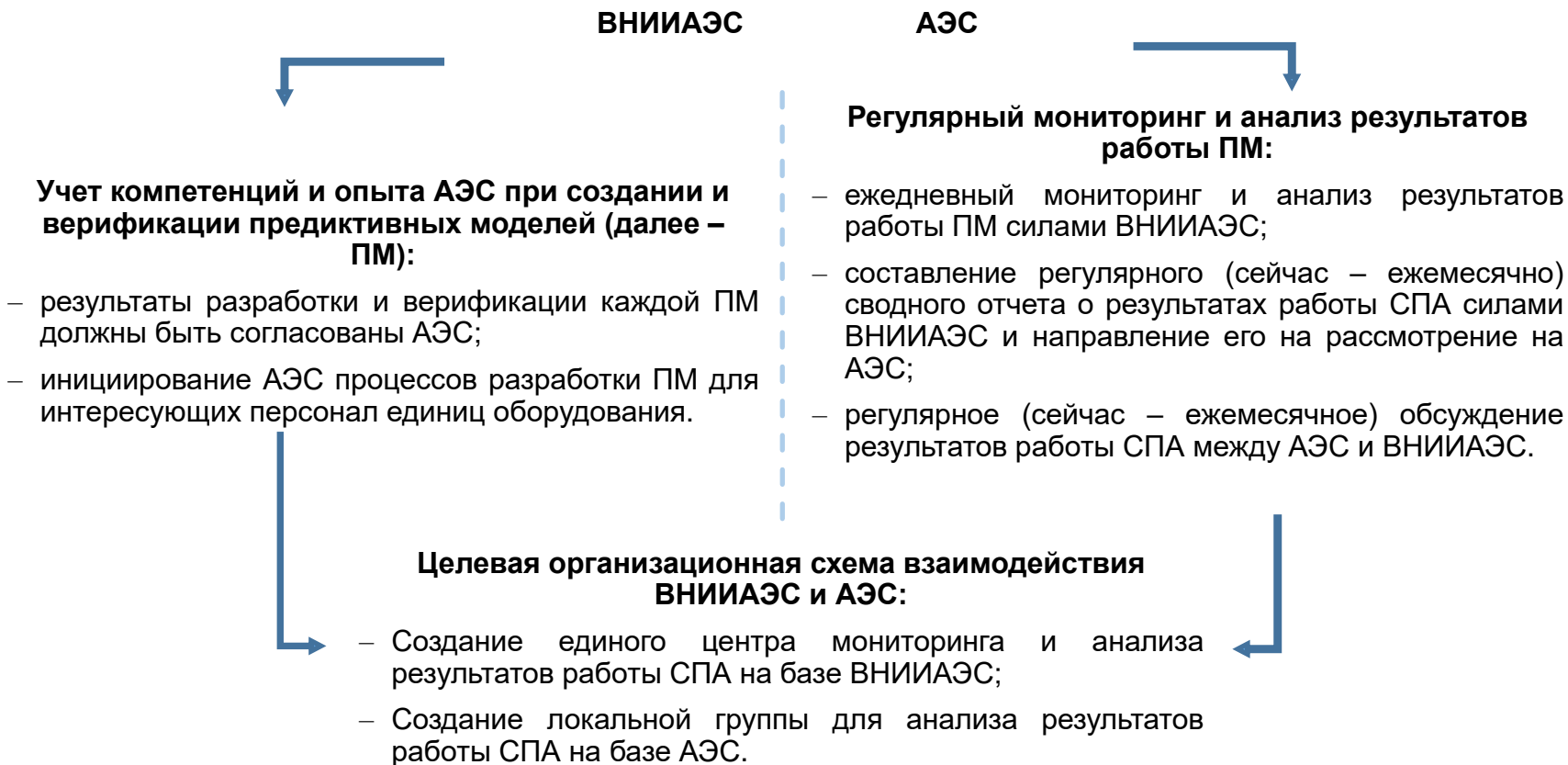
Задачи пилотного проекта:

- разработка эскизного проекта СПА.
- подготовка пилотного образца СПА для выявления скрытых дефектов в оборудовании энергоблоков АЭС.
- построение, верификация и обеспечение возможности работы в режиме реального времени предиктивных моделей.
- проведение опытной эксплуатации пилотного образца СПА.

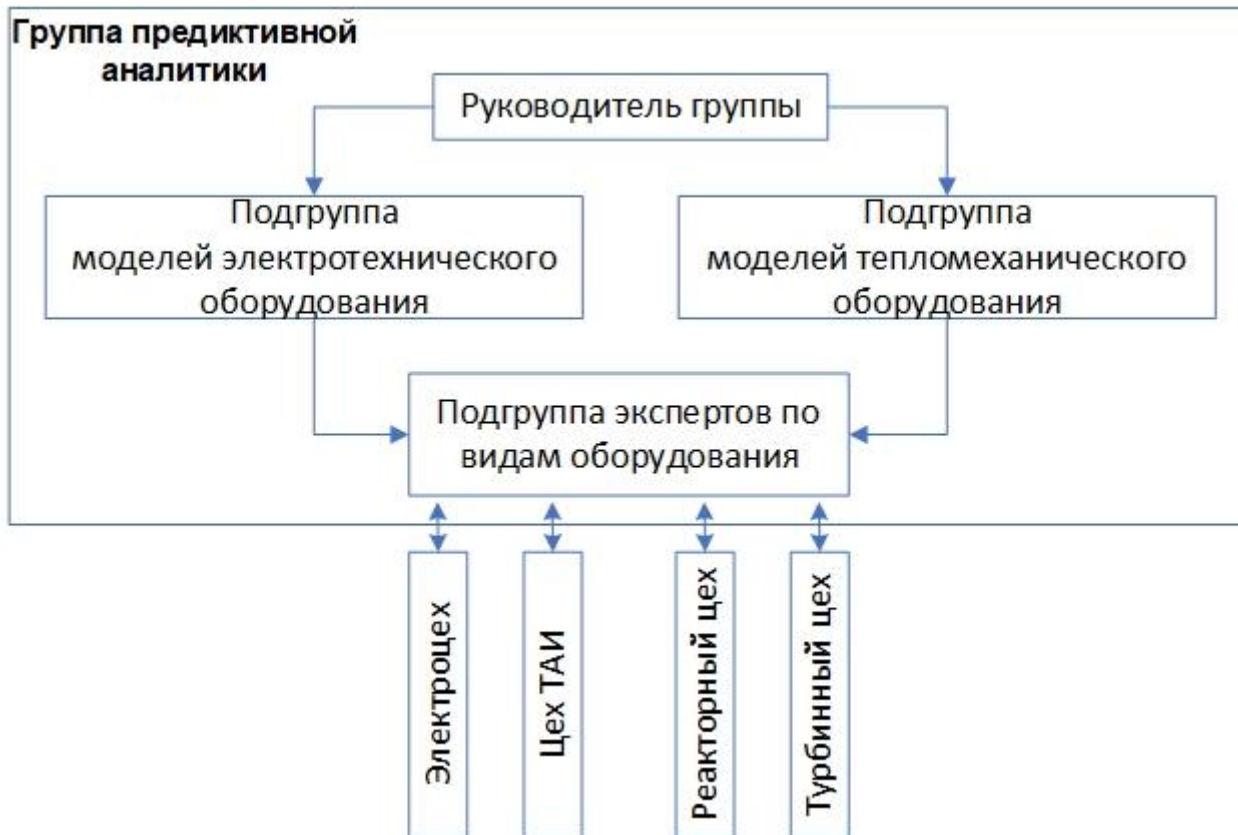
Статус разработки предиктивных моделей

№ п/п	Оборудование	Количество моделей
1	Циркуляционные насосы	13
2	Питательные электронасосы	15
3	Главные циркуляционные насосы	12
4	Паровая турбина	16
5	Турбогенератор	11

Взаимодействие НВАЭС и ВНИИАЭС



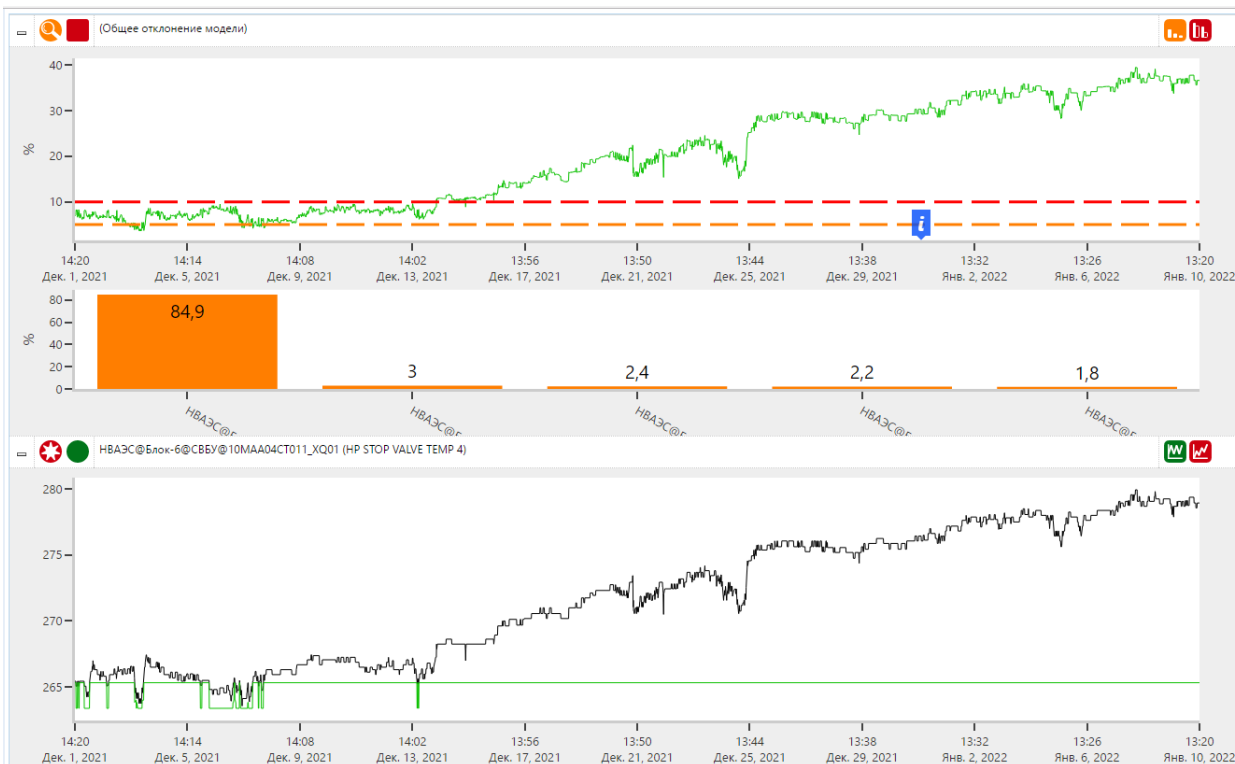
Группа предиктивной аналитики на НВАЭС



Порядок взаимодействия АЭС и ВНИИАЭС

- специалисты АО «ВНИИАЭС» осуществляют сопровождение и эксплуатацию пилотного образца СПА в части создания ПМ, мониторинга сигнализаций по отклонениям состояния оборудования энергоблока АЭС от ПМ и определения причин данных отклонений;
- специалисты АО «ВНИИАЭС» подготавливают ежемесячный сводный отчет с результатами работы СПА;
- отклонения, причиной которых являются дефекты технологического оборудования верифицируются рабочей группой (ЭЦ, ОТД, ЦТАИ, ТЦ);
- верифицированные результаты подтверждаются мероприятиями на энергоблоке в период ремонта.
- НВАЭС согласовывает записи с результатами анализа выявленных отклонений, получивших статус «отклонения в работе технологического оборудования» или «отклонения в работе КИП, размещенных на технологическом оборудовании» и ежемесячный отчет с результатами функционирования СПА;
- подтвержденные случаи заносятся специалистами АО «ВНИИАЭС» в базу дефектов и на основе них в дальнейшем разрабатываются диагностические правила;

Рост температуры металла корпуса СКВД-4



Линейный рост температуры металла корпуса стопорного клапана высокого давления № 4 в течении длительного времени.

Дата – 15.12.2021г.

Возможная причина появления дефекта:
электрохимическая коррозия контактов термометра сопротивления или выход его из строя

Мнение АЭС по данному событию:
подтверждено, благодаря применению СПА удалось заблаговременно получить информацию об отклонениях в работе КИП

Параметр 10MAA04CT011_XQ01 – линейный рост температуры в течении длительного промежутка времени (месяц).

Колебательные изменения вибропараметров обмотки статора



Колебательные изменения вибропараметров обмотки статора – виброконтроль состояния выводов и торцевого крепления обмотки статора со стороны турбины.

Дата – 04.10.2021.

Возможная причина появления дефекта:

снижение уровня жесткости креплений обмотки статора.

Мнение АЭС по данному событию:

событие реальное, удалось заблаговременно получить информацию об изменениях в вибрационном состоянии статора ТГ.

Параметр 10МКУ01СУ007 – Тангенциальная составляющая вибрации. Размах изменений до 145 мкм. Максимальное значение 323 мкм (22:32 часов)

Изменение вибрационного состояния подшипника ЦН-1



Периодическое повышение значений виброскорости подшипников электродвигателя и насоса ЦН-1 (временные метки пиков совпадают с провалами уровня воды за ВВС менее 11,7 м).

Дата – 04.09.2021г.

Возможная причина появления дефекта: отклонение угла разворота лопаток предротационного устройства ЦН-1 от исходного положения, приводящие к снижению давления на всасе и напоре, сопровождающееся скачками вибрации подшипников.

Мнение АЭС по данному событию: подтверждено, что скачки вибропараметров связаны с изменением положения лопаток предротационного устройства;

Параметр 10РАС01СУ008, 10РАС01СУ010 - синхронные скачки значений виброскорости верхнего и нижнего подшипника насоса ЦН-1. Максимальный скачок виброскорости - 28.09.2021г. с 1.6 мм/сек до 2.1 мм/сек продолжительностью 2,5 часа.

Основные результаты пилотного проекта

1. Создан пилотный образец СПА
2. Созданы и опробованы различные предиктивные модели оборудования
3. Организован процесс верификации разработанных ПМ на исторических данных.
4. Пилотный образец СПА запущен в промышленную эксплуатацию.
5. Подтверждена практическая польза использования СПА в качестве дополнительной контролирующей системы с более расширенным функционалом.
6. Требуется длительный период наработки СПА для отстройки предиктивных моделей, что не всегда возможно (необходимость переобучения моделей после каждых ремонтно-восстановительных работ оборудования).

Проблемные вопросы по внедрению СПА

- Импортозависимое программное обеспечение (PRiSM, Франция);
- Не привычная идеология работы СПА (существование аномальных ситуаций с точки зрения СПА при непревышении уставок);
- Непроработанная схема доведения результатов работы СПА до оперативного персонала;
- В СПА не учитываются зафиксированные дефекты измерительных каналов.

Результаты промышленной эксплуатации пилотного образца системы предиктивной аналитики состояния оборудования АЭС



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

№ п/п	Дата создания записи	Анализируемое оборудование/система	Характеристика модели	Первопричина срабатывания сигнализации СПА	Результаты анализа записи
1	2023.01.31	Контур основной охлаждающей воды	Модель качества очистки охлаждающей воды	Отказ ИК 10PAA01CL002_XQ01. Потеря сигнала, отсутствие сигнала	Первичная сигнализация (по качеству данных). ИК 10PAA01CL002_XQ01 Дефект. Срок устранения в ППР 2023 (При наличии ЗИП)
2	2023.01.31	Контур основной охлаждающей воды	Модель качества очистки охлаждающей воды	Отказ ИК 10PAA02CL001_XQ01. Потеря сигнала, отсутствие сигнала	Первичная сигнализация (по качеству данных). ИК 10PAA02CL001_XQ01 Дефект. Срок устранения в ППР 2023 (При наличии ЗИП)
3	2023.01.31	Контур основной охлаждающей воды	Модель качества очистки охлаждающей воды	Отказ ИК 10PAA01CL003_XQ01. Потеря сигнала, отсутствие сигнала	Первичная сигнализация (по качеству данных). ИК 10PAA01CL003_XQ01 Дефект. Срок устранения в ППР 2023 (При наличии ЗИП)
4	2023.01.31	Контур основной охлаждающей воды	Процессная модель циркуляции охлаждающей воды	Отказ ИК 10PAB20CF001_XQ01. Потеря сигнала, отсутствие сигнала	Первичная сигнализация (по качеству данных). ИК 10PAB20CF001_XQ01 Нестабильные показания в следствии из-за условий технологической среды установки датчика.

Результаты промышленной эксплуатации пилотного образца системы предиктивной аналитики состояния оборудования АЭС



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

№ п/п	Дата создания записи	Анализируемое оборудование/система	Характеристика модели	Первопричина срабатывания сигнализации СПА	Результаты анализа записи
5	2023.02.01	Контур основной охлаждающей воды	Процессная модель циркуляции охлаждающей воды	Неисправность ИК 10РАВ10CF001_XQ01. Частичная потеря сигнала, отсутствие сигнала, колебание параметра	Первичная сигнализация. ИК 10РАВ10CF001_XQ01 Нестабильные показания в следствии из-за условий технологической среды установки датчика.
6	2023.02.01	Контур основной охлаждающей воды	Процессная модель циркуляции охлаждающей воды	Неисправность ИК 10РАВ30CF001_XQ01. Колебание параметра	Первичная сигнализация. ИК 10РАВ30CF001_XQ01 Нестабильные показания в следствии из-за условий технологической среды установки датчика.
7	2023.02.01	Контур основной охлаждающей воды	Процессная модель циркуляции охлаждающей воды	Неисправность ИК 10РАВ40CF001_XQ01. Колебание параметра	Первичная сигнализация. ИК 10РАВ40CF001_XQ01 Нестабильные показания в следствии из-за условий технологической среды установки датчика
8	2023.02.08	Контур основной охлаждающей воды	Тепловая модель контура основной охлаждающей воды	Отказ ИК 10РАС03СТ009_XQ01. Потеря сигнала, отсутствие сигнала	Первичная сигнализация (по качеству данных). Дефект ЦТАИ, описан в ЭЦ. Датчик внутрикорпусной, замена возможна только при вскрытии оборудования

Спасибо за внимание

Воронов Алексей Викторович

Инженер 2 категории ОТД НВАЭС

Тел.: +7 (47364) 775 52

Моб. тел.: +7 (951) 559 42 76

E-mail: voronovav@nvnpp1.rosenergoatom.ru

www.rosatom.ru

28.04.2023

