

**Программное обеспечение CyberStudio – платформа для
предиктивной аналитики оборудования и оптимизации режимов
технологических процессов
v 3.20.0
Описание функционала**



Таблица 1.

История изменений

Версия	Дата	Комментарий	Автор
1	07.04.2026	Первая версия документа	Гавриленков С.И.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Глоссарий	5
1.1	Термины	5
1.2	Сокращения	5
2	Назначение и область применения	6
2.1	Для кого предназначена платформа	6
2.2	Какие задачи решает платформа	6
2.3	Типы оборудования	6
3	Концепция предиктивной аналитики	7
3.1	Принцип работы: модели исправного состояния.....	7
3.2	Индекс состояния и разладка	8
3.3	Классификация дефектов	9
3.4	Прогнозирование остаточного ресурса.....	10
4	Состав платформы.....	11
4.1	Обзор сервисов	11
4.2	Сбор и хранение данных	11
4.3	Проектирование и моделирование	13
4.4	Диагностика и прогноз	16
4.5	Визуализация и мониторинг	17
4.6	Бизнес-логика и реагирование	20
4.7	Администрирование и импорт/экспорт	21
5	Сценарии работы пользователей	23
5.1	Мониторинг технического состояния	23
5.2	Реагирование на предупреждающие сообщения	23
5.3	Реагирование на события ТОиР.....	24
5.4	Просмотр исторических данных.....	25
5.5	Формирование отчётов	26
5.6	Корректировка расчётных объектов	26
5.7	Создание предиктивных моделей для нового оборудования	27
5.8	Управление ролевой моделью	27
6	Интеграции.....	28
6.1	Источники данных	28
6.2	Взаимодействие с системами ТОиР	28
6.3	Экспорт данных и отчётов	29



7	Ролевая модель и права доступа	29
7.1	Роли пользователей.....	29
7.2	Матрица доступа	30
8	Отчёты и печатные формы	30
8.1	Отчёты.....	30

1 ГЛОССАРИЙ

1.1 ТЕРМИНЫ

Термин	Определение
Актив	Обобщающее название объектов в иерархии проекта: сборки и узлы. Активы формируют древовидную структуру оборудования.
Узел	Конечный элемент иерархии, в котором размещаются вычислительные объекты: модели, неисправности, прогнозные блоки. Соответствует отдельному агрегату или подсистеме оборудования.
Сборка	Контейнерный элемент для группировки других активов (сборок и узлов). Не содержит вычислительных объектов.
Тег платформы	Именованная переменная, представляющая параметр оборудования или технологического процесса. Может быть обычным (из источника данных) или виртуальным (рассчитываемым по правилу).
Виртуальный тег	Тег, значение которого рассчитывается на основе других тегов по заданному пользователем правилу.
Модель	Вычислительный объект, реализующий цифровой двойник оборудования. Рассчитывает значения диагностических параметров, соответствующие исправному состоянию.
Неисправность	Объект, описывающий конкретный дефект через набор правил. Формирует предупреждающее событие при выполнении заданных условий.
Прогнозный блок	Вычислительный объект для экстраполяции значений параметра на заданный горизонт в будущее и расчёта остаточного ресурса.
Индекс состояния (ИС)	Интегральный показатель технического состояния: от 0 (предельно допустимая степень дефекта) до 1 (исправное состояние).
Рабочий режим	Набор логических условий, определяющих, в каких режимах работы оборудования выполняется расчёт. Исключает ложные срабатывания при пуске, останове и нештатных ситуациях.
Прогонка	Тестовый расчёт модели или неисправности на историческом интервале для валидации настроек перед запуском мониторинга.
Картирование	Операция сопоставления параметров расчётного объекта с тегами платформы. Связывает логику моделирования с реальными данными.
Остаточный ресурс	Расчётное время до достижения прогнозируемым параметром заданного порогового значения.

1.2 СОКРАЩЕНИЯ

Сокращение	Расшифровка
ИС	Индекс состояния
ССД	Сервис сбора данных
СДП	Сервис дизайна проекта
СМД	Сервис моделирования
СМ	Сервис мониторинга
СИ	Сервис исторический
СДМ	Сервис дизайна мнемосхем
СБЛ	Сервис бизнес-логики
СП	Сервис прогноза
СА	Сервис администрирования
ТОиР	Техническое обслуживание и ремонт
AutoML	Автоматический подбор архитектуры и параметров модели
MLP	Многослойный перцептрон (Multilayer Perceptron)
BNN	Байесовская нейронная сеть (Bayesian Neural Network)
CNN	Свёрточная нейронная сеть (Convolutional Neural Network)
PCR	Регрессия главных компонент (Principal Component Regression)
K-MEANS	Кластеризация методом k-средних

2 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1 ДЛЯ КОГО ПРЕДНАЗНАЧЕНА ПЛАТФОРМА

ПО CyberStudio — платформа предиктивной аналитики и диагностики промышленного оборудования, предназначенная для предприятий, эксплуатирующих сложное технологическое оборудование.

Основные группы пользователей платформы:

- **Операторы мониторинга** — специалисты, осуществляющие оперативный контроль технического состояния оборудования в режиме, близком к реальному времени. Получают предупреждающие сообщения, анализируют показатели на дашбордах, участвуют в процессах отработки сообщений.
- **Инженеры-моделисты** — специалисты, отвечающие за создание и настройку предиктивных моделей, правил обнаружения неисправностей и прогнозных блоков. Проектируют расчётные цепочки, проводят обучение моделей, корректируют их по результатам эксплуатации.
- **Инженеры по эксплуатации** — специалисты, управляющие составом пользователей, правами доступа и операциями экспорта/импорта настроек проекта.
- **Администраторы** — специалисты, отвечающие за развёртывание, обновление и мониторинг работоспособности платформы на уровне инфраструктуры.

2.2 КАКИЕ ЗАДАЧИ РЕШАЕТ ПЛАТФОРМА

ПО CyberStudio решает следующие задачи:

1. **Увеличение надёжности технологических линий.** Платформа обеспечивает непрерывный мониторинг технического состояния оборудования и раннее выявление дефектов — до того, как они приведут к аварийному останову.
2. **Снижение затрат на ТОиР.** Переход от регламентного обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию позволяет сократить расходы на материально-технические ресурсы, работы и складские запасы.
3. **Повышение доступности оборудования.** Прогнозирование остаточного ресурса и своевременное реагирование на аномалии увеличивают время безотказной работы.
4. **Сокращение внеплановых ремонтов.** Выявление развивающихся дефектов на ранней стадии позволяет планировать ремонтные воздействия заблаговременно.
5. **Формализация экспертных знаний.** Платформа позволяет зафиксировать в виде моделей и правил знания специалистов о поведении оборудования, обеспечивая их переиспользование и масштабирование.
6. **Обеспечение прозрачности процессов реагирования.** Автоматическое формирование процессов отработки предупреждающих сообщений с фиксацией действий исполнителей, комментариев и файловых вложений.

2.3 ТИПЫ ОБОРУДОВАНИЯ

ПО CyberStudio является универсальной платформой и может применяться для мониторинга любого промышленного оборудования, данные о работе которого доступны в цифровом виде. Типичные примеры:

- **Газовые и паровые турбины** — мониторинг вибрации, температуры подшипников, параметров проточной части, системы уплотнений.
- **Компрессорные установки** — контроль параметров нагнетания, охлаждения, вибрации, состояния уплотнений и подшипников.
- **Насосное оборудование** — мониторинг напора, расхода, вибрации, температуры подшипников.
- **Теплообменные аппараты** — отслеживание перепада давления, эффективности теплопередачи.
- **Электрические машины (генераторы, электродвигатели)** — контроль температуры обмоток, вибрации, параметров изоляции.
- **Технологические линии и установки** — комплексный мониторинг состояния всех агрегатов в составе линии с агрегацией индексов состояния по иерархии оборудования.

Подход к моделированию основан на декомпозиции оборудования на отдельные подсистемы (узлы), для каждой из которых создаётся набор моделей, описывающих поведение диагностических параметров в исправном состоянии. Это позволяет локализовать дефект с точностью до подсистемы.

3 КОНЦЕПЦИЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

3.1 ПРИНЦИП РАБОТЫ: МОДЕЛИ ИСПРАВНОГО СОСТОЯНИЯ

В основе ПО CyberStudio лежит концепция мониторинга технического состояния оборудования методами предиктивной диагностики.

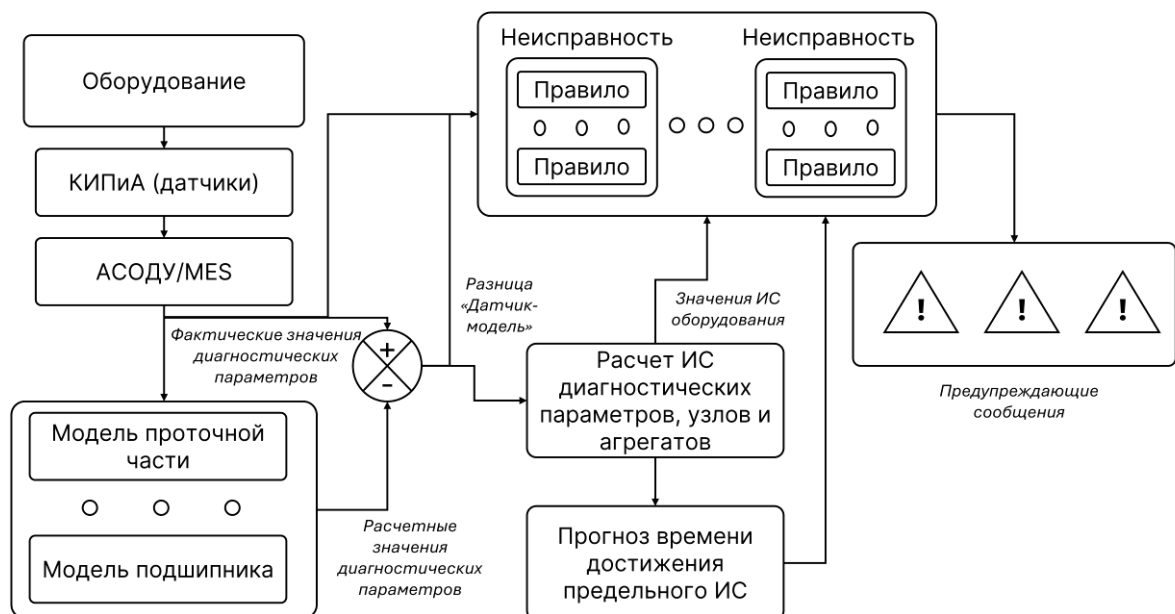


Рисунок 1. Схема взаимодействия пользователей с платформой при настройке алгоритмов предиктивной аналитики и мониторинге состояния оборудования

Платформа непрерывно получает данные о работе оборудования из систем промышленной автоматизации (SCADA, MES, Historian) или из архивных файлов. На

основе этих данных для каждого диагностического параметра рассчитываются **эталонные значения**, соответствующие исправному состоянию оборудования.

Расчёт выполняется при помощи **предиктивных моделей** — вычислительных объектов, реализующих цифровой двойник оборудования. Модель принимает на вход один или несколько параметров, характеризующих режим работы (давление, температура, расход, частота вращения и др.), и рассчитывает ожидаемые значения выходных диагностических параметров.

Платформа поддерживает несколько типов моделей:

- **Многослойный перцептрон (MLP)** — универсальный инструмент для большинства задач предиктивной аналитики.
- **Кластерная модель (K-MEANS)** — подходит для случаев с ограниченным числом параметров, запоминает комбинации параметров в исправном состоянии.
- **Байесовская нейронная сеть (BNN)** — вероятностная модель, учитывающая неопределённость в данных.
- **Свёрточная нейронная сеть (CNN)** — для учёта временных зависимостей в переходных процессах.
- **Регрессия главных компонент (PCR)** — линейная модель на основе главных компонент входных данных.
- **Физико-математическая модель (PHYS)** — модель на основе физических уравнений, описывающих процесс.

Создание моделей осуществляется в режиме **no-code** (для регрессионных моделей — через интерфейс, без программирования) или **low-code** (для физико-математических моделей — с минимальным программированием на языке Python).

Платформа поддерживает **автоматический подбор архитектуры и гиперпараметров модели (AutoML)**: система выполняет перебор конфигураций и выбирает вариант с наименьшей ошибкой при перекрёстной проверке.

3.2 ИНДЕКС СОСТОЯНИЯ И РАЗЛАДКА

Ключевым диагностическим показателем в ПО CyberStudio является **индекс состояния (ИС)** — нормированная величина от 0 до 1:

- **ИС = 1** — оборудование работает в штатном режиме, отклонений от модельных значений не выявлено.
- **ИС = 0** — зафиксировано предельно допустимое отклонение, требуется немедленное реагирование.

Индекс состояния рассчитывается как разница между фактическими и модельными (эталонными) значениями диагностических параметров. Чем сильнее фактическое значение отклоняется от расчётного, тем ниже ИС.

Для каждого параметра задаются **зоны чувствительности** — пороговые значения, определяющие, какое отклонение соответствует какому значению ИС. Это позволяет настроить баланс между чувствительностью (раннее обнаружение дефектов) и специфичностью (минимизация ложных срабатываний).

ИС агрегируется по иерархии объектов:

- ИС модели определяется как наименьшее значение ИС среди всех выходных параметров модели.
- ИС узла определяется как наименьшее значение ИС среди входящих в него объектов.
- ИС сборки определяется как наименьшее значение ИС среди входящих в неё узлов и сборок.

Такая иерархическая агрегация позволяет быстро определить «узкое место» — от общей оценки состояния установки до конкретного параметра, вызвавшего отклонение.

3.3 КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ

Выявление дефектов в ПО CyberStudio осуществляется при помощи объектов «Неисправность» — наборов диагностических правил, каждое из которых описывает характерную картину отклонений для конкретного типа дефекта.

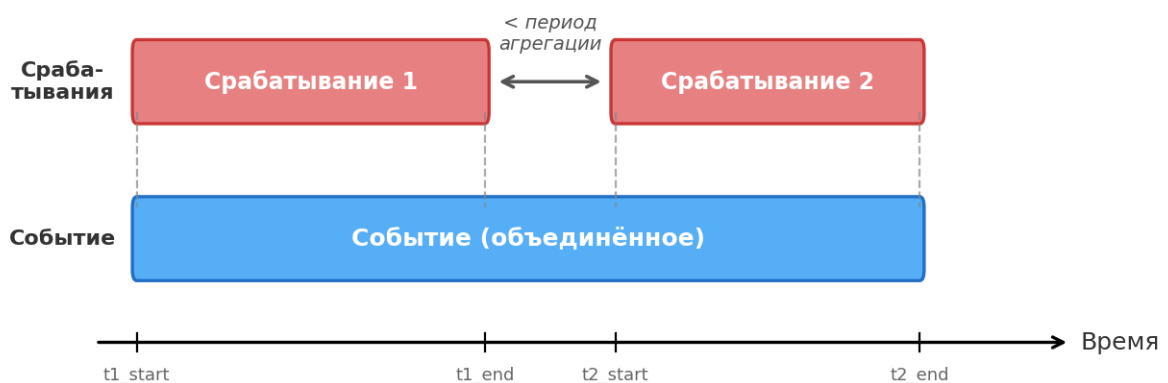


Рисунок 2. Принцип агрегации срабатываний неисправности в событие

Платформа поддерживает два типа правил:

- **Правила по параметрам** — определяют, в каком направлении (выше или ниже модельного значения) и на какую величину отклоняется диагностический параметр. Этот тип правил создаётся без программирования (no-code): достаточно указать параметр, направление отклонения и пороговые значения.
- **Правила по критериям** — позволяют задать произвольное выражение (формулу), связывающее несколько параметров. Выражения задаются на языке Python (low-code).

Логика срабатывания неисправности построена на двухуровневой агрегации:

- **Внутри правила** действует логика «И»: все параметры или критерии правила должны одновременно показывать аномалию, чтобы правило сработало.
- **Между правилами** действует логика «ИЛИ»: для снижения ИС неисправности достаточно срабатывания хотя бы одного правила.

Для снижения чувствительности к кратковременным выбросам применяется **усреднение во времени** в рамках настраиваемого окна агрегации.

При срабатывании неисправности платформа автоматически формирует **предупреждающее сообщение** с указанием вероятных причин и рекомендаций по дальнейшим действиям. Эти атрибуты задаются инженером на этапе настройки.

3.4 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

ПО CyberStudio позволяет прогнозировать значения диагностических параметров на заданный горизонт в будущее и оценивать **остаточный ресурс** — время до достижения параметром предельного значения.

Для этого используются **прогнозные блоки**, настраиваемые для параметров с монотонным характером деградации: индексов состояния моделей, параметров вибрации, перепадов давления и других показателей.

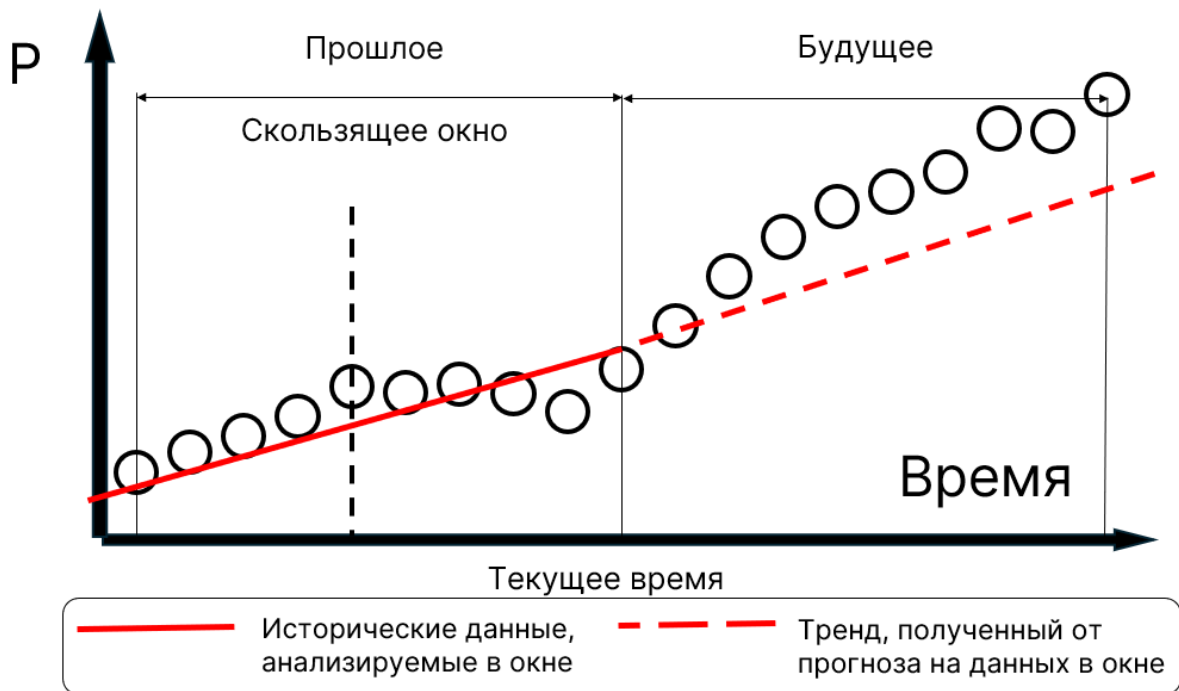


Рисунок 3. Принципиальная схема прогнозного блока

Платформа поддерживает несколько алгоритмов прогнозирования:

- **Метод наименьших квадратов (МНК)** — подбор тренда (линейного, квадратичного или экспоненциального) по историческим данным.
- **Авторегрессия (AR)** — прогноз на основе предыдущих значений временного ряда.
- **Prophet** — аддитивная модель временных рядов с автоматическим обнаружением трендов и сезонности.

Для каждого прогнозного блока настраиваются:

- **Окно агрегации** (в днях) — интервал исторических данных, на которых строится прогноз.
- **Горизонт прогноза** (в часах) — период, на который выполняется экстраполяция.
- **Пороговое значение и направление тренда** — для расчёта остаточного ресурса.

Результатами работы прогнозного блока являются:

- Среднее прогнозное значение параметра.
- Нижняя и верхняя границы доверительного интервала (95%).
- Расчётное время до достижения порогового значения (остаточный ресурс).

Прогнозные значения и данные об остаточном ресурсе используются совместно с предупреждающими сообщениями как дополнительная информация при планировании мероприятий ТОиР.

4 СОСТАВ ПЛАТФОРМЫ

4.1 ОБЗОР СЕРВИСОВ

ПО CyberStudio построено на микросервисной архитектуре. Каждый сервис отвечает за определённый функциональный блок и взаимодействует с остальными через внутреннюю интеграционную шину.

Сервис	Назначение
Сервис администрирования (СА)	Управление пользователями, ролями, пространствами и проектами. Обеспечение ролевой модели и разграничения доступа.
Сервис сбора данных (ССД)	Сбор, очистка и предварительная обработка данных из внешних источников. Управление тегами платформы, виртуальными тегами и правилами расчёта.
Сервис дизайна проекта (СДП)	Создание иерархии оборудования (сборки, узлы), размещение расчётных объектов, настройка шаблонов и управление статусом мониторинга.
Сервис моделирования (СМД)	Конфигурация, обучение, тестирование и версионирование предиктивных моделей. Поддержка AutoML.
Сервис неисправностей	Создание и настройка наборов правил для выявления дефектов оборудования.
Сервис прогноза (СП)	Конфигурация прогнозных блоков для экстраполяции параметров и расчёта остаточного ресурса.
Сервис мониторинга (СМ)	Визуализация технического состояния в режиме, близком к реальному времени. Формирование предупреждающих сообщений.
Сервис дизайна мнемосхем (СДМ)	Конструктор дашбордов из стандартных блоков с привязкой к данным платформы.
Сервис исторический (СИ)	Визуализация исторических данных — собранных и расчётных — в виде настраиваемых графиков.
Сервис бизнес-логики (СБЛ)	Управление процессами отработки предупреждающих сообщений, автоматизации, формирование отчётов.
Сервис экспорта/импорта	Экспорт и импорт настроек проекта для миграции между средами.
Исполнитель	Безопасное исполнение пользовательского кода для вычисления виртуальных тегов.

Для хранения данных платформа использует специализированную базу данных временных рядов (для телеметрии и расчётных данных), реляционные базы данных (для справочников и конфигурации) и объектное хранилище (для файлов и вложений).

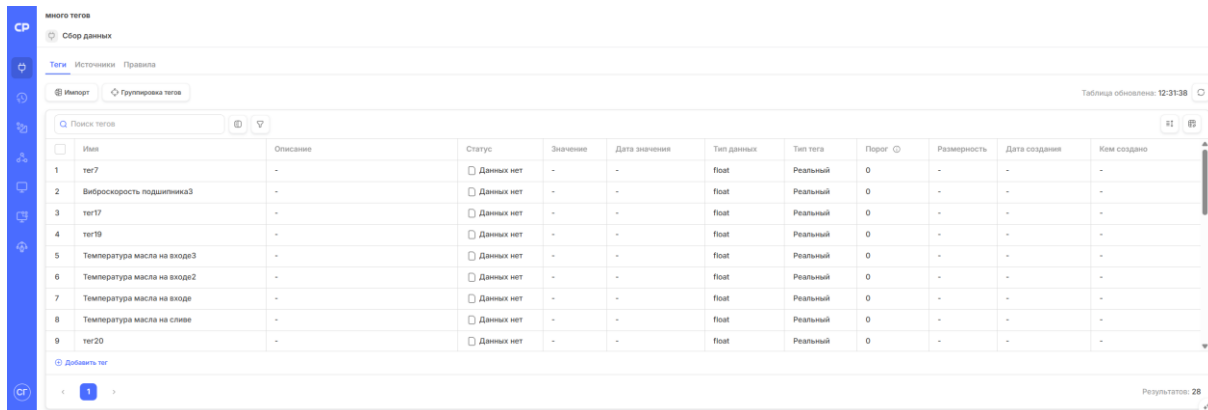
4.2 СБОР И ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ

Сервис сбора данных (ССД) обеспечивает получение, очистку и хранение данных о работе оборудования.

Источники данных. Платформа поддерживает два типа источников:

- **Внешние источники** — подключение к промышленным системам в режиме реального времени. Данные поступают через интеграционные модули с заданной периодичностью (типичный период опроса — 1 минута).
- **Ретроспективные источники** — загрузка исторических данных из файлов в формате CSV. Используются для первичного наполнения системы данными, необходимыми для обучения моделей.

Теги платформы. Все данные в системе хранятся в виде тегов платформы — именованных переменных, привязанных к параметрам оборудования. Теги организуются в иерархические группы для удобства навигации.



Имя	Описание	Статус	Значение	Дата значения	Тип данных	Тип тега	Порог	Размерность	Дата создания	Кто создан
1 tet7	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-
2 Виброскорость подшипника3	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-
3 tet17	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-
4 tet19	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-
5 Температура масла на входе3	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-
6 Температура масла на входе2	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-
7 Температура масла на входе	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-
8 Температура масла на сливе	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-
9 tet20	-	☐ Данных нет	-	-	float	Реальный	0	-	-	-

Рисунок 4. Интерфейс сводной таблицы тегов платформы в сервисе сбора данных

Виртуальные теги. Платформа позволяет создавать вычисляемые теги, значения которых рассчитываются на основе других тегов по заданным правилам. Правила могут быть заданы в виде математических выражений или Python-скриптов. Поддерживается создание переиспользуемых шаблонов правил.

Порог записи. Для каждого тега можно настроить порог чувствительности — минимальное относительное изменение значения, при котором новое значение записывается в базу данных. Это позволяет оптимизировать объём хранимых данных.

Сервис исторический (СИ) обеспечивает визуализацию всех собранных и расчётных данных в виде настраиваемых графиков.



Рисунок 5. Области с графиками в историческом сервисе

Пользователь может:

- Выводить на графики значения тегов платформы, расчётные значения моделей, индексы состояния, данные прогноза и периоды срабатывания неисправностей.
- Сохранять наборы графиков для повторного использования.
- Настраивать временной интервал отображения.

4.3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сервис дизайна проекта (СДП) предоставляет инструменты для создания иерархии оборудования и управления расчётными объектами.

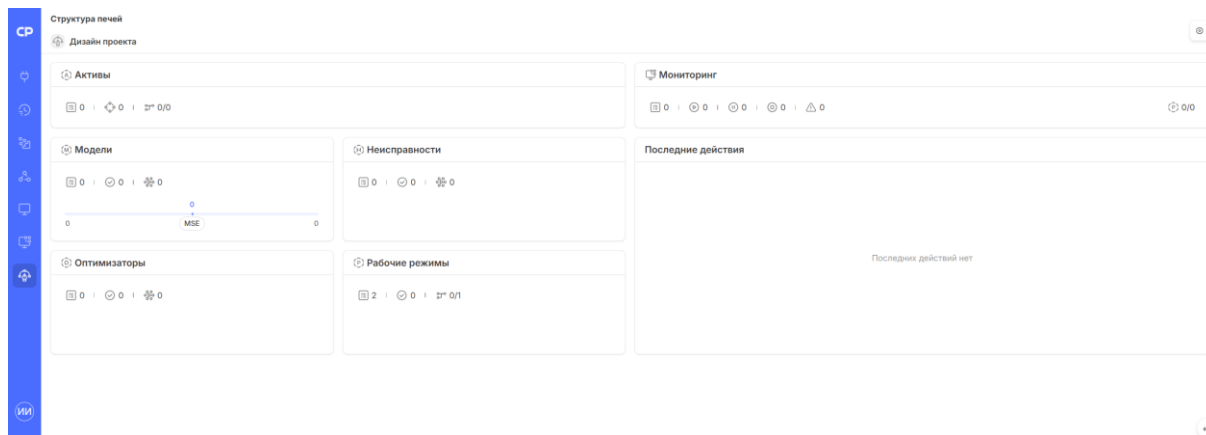


Рисунок 6. Главная страница сервиса дизайна проекта

Иерархия активов. Оборудование организуется в произвольную древовидную структуру из сборок и узлов. Глубина и наименование уровней определяются при настройке платформы в соответствии со структурой конкретного предприятия. Внутри узлов размещаются модели, неисправности и прогнозные блоки.

Шаблоны и дублирование. Любой актив (сборка, узел, модель, неисправность, прогнозный блок) можно сохранить как шаблон. Шаблон сохраняет структуру объекта и связи между вложенными элементами. При создании нового актива на основе шаблона достаточно выполнить картирование тегов — привязать параметры расчётных объектов к реальным тегам платформы. Также поддерживается создание дубликатов — полных копий актива со всеми вложенными объектами.

Управление статусом мониторинга. Инженер управляет запуском и остановкой расчёта для отдельных объектов. При остановке мониторинга сбор данных продолжается, но расчёт моделей и формирование сообщений приостанавливаются.

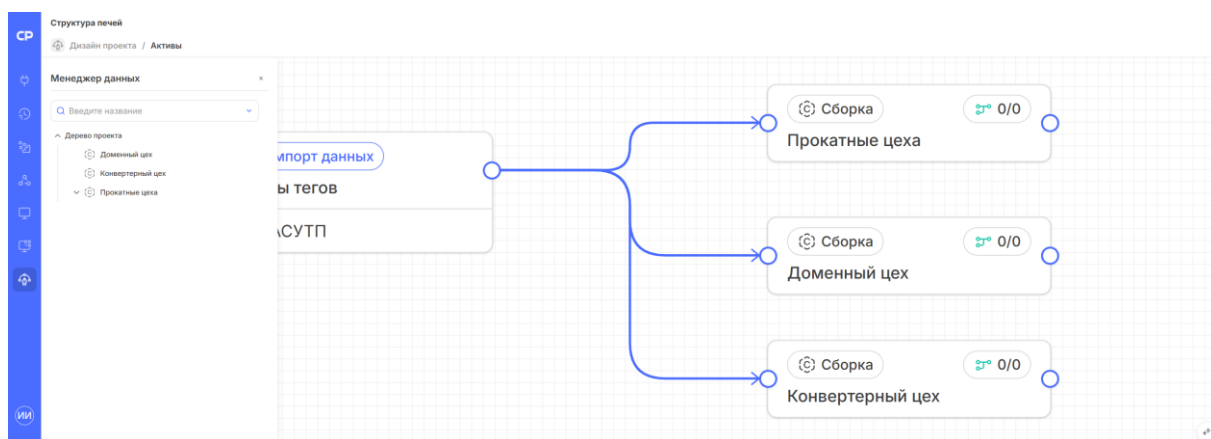


Рисунок 7. Навигация по дереву проекта в менеджере данных

Сервис моделирования (СМД) обеспечивает полный цикл работы с предиктивными моделями:

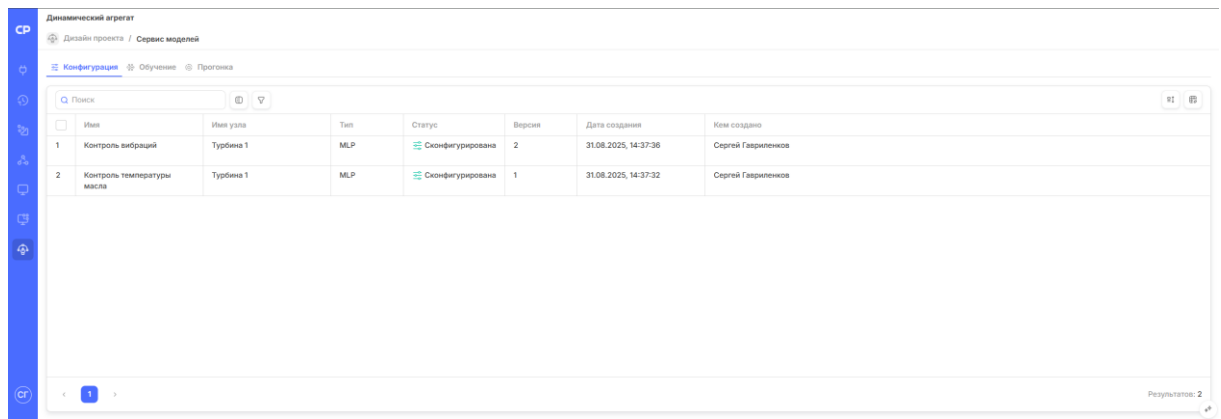


Рисунок 8. Интерфейс сервиса моделирования

- Определение структуры модели: входные и выходные параметры.
- Настройка конфигурации: выбор типа модели, задание гиперпараметров (вручную или через AutoML).
- Задание областей определения: допустимые диапазоны значений для входных и выходных параметров.
- Обучение на исторических данных исправного состояния.
- Тестирование (прогонка) на историческом интервале для оценки качества.
- Версионирование: каждое изменение конфигурации создаёт новую версию с сохранением полной истории.

Конфигурация модели

x

Имя	Контроль температуры масла 
Имя узла	Турбина 1 
Статус	 Сконфигурирована
Версия	1

[Конфигурация](#) [Версия](#) [История изменений](#)

Тип

MLP 

Архитектура

AutoML 

Кросс-валидация

Интервальная 

Триалы

10 

Фолды

3  Сконфигурировать

Рисунок 9. Параметры автоматического подбора архитектуры модели (AutoML)

Точность моделей оценивается при помощи встроенных метрик, доступных в сводных таблицах и карточках каждой версии.



Рисунок 10. Пример графика обучения модели

Рабочие режимы. Для исключения ложных срабатываний при пуске, останове или нештатных конфигурациях оборудования в платформе предусмотрен механизм рабочих режимов.

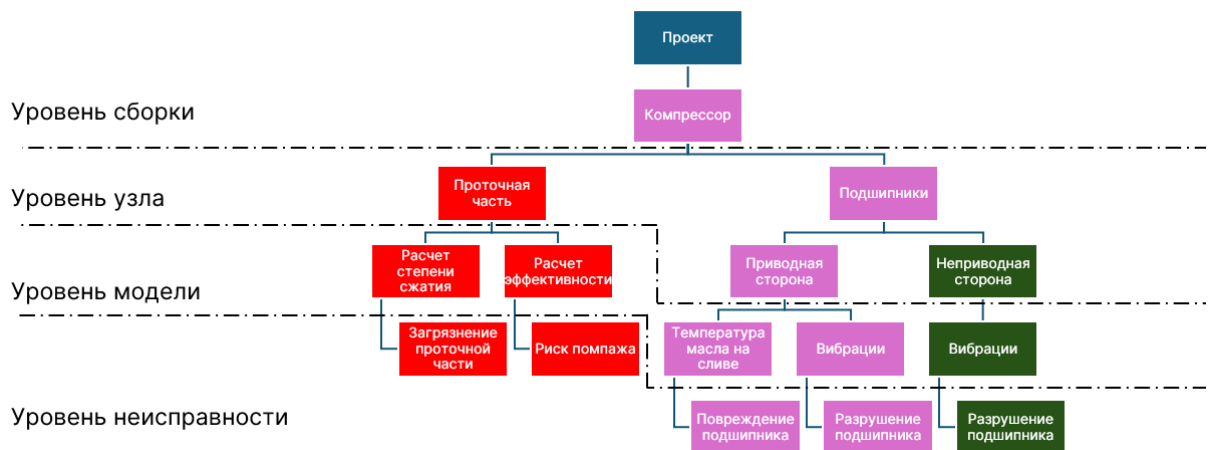


Рисунок 11. Примеры наследования рабочего режима в иерархии объектов

4.4 ДИАГНОСТИКА И ПРОГНОЗ

Сервис неисправностей предоставляет инструменты для создания правил выявления дефектов.

Для каждого типа дефекта создаётся объект «Неисправность», включающий один или несколько наборов правил. Каждое правило описывает характерную картину отклонений диагностических параметров от модельных значений.

Типичный подход к настройке: для каждой группы однотипных выходных параметров модели (например, вибрация, температура) создаются две неисправности — «фактическое значение выше модельного» и «фактическое значение ниже модельного». Это позволяет различать дефекты с разной физической природой.

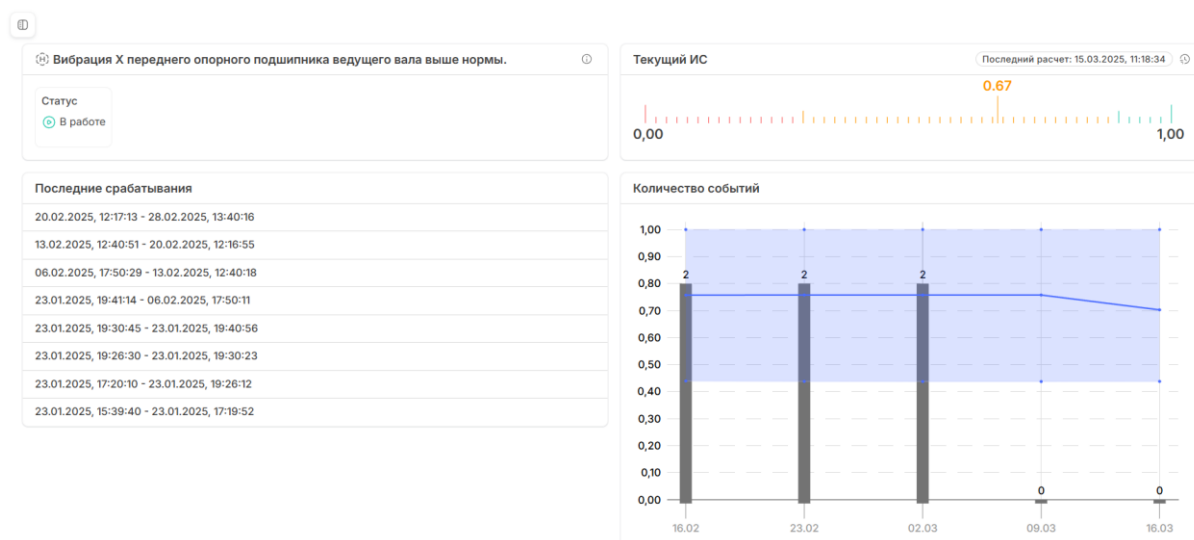


Рисунок 12. Виджет неисправности в сервисе мониторинга

При срабатывании неисправности формируется предупреждающее сообщение, содержащее:

- Описание выявленной аномалии.
- Вероятные причины.
- Рекомендации по дальнейшим действиям.
- Приоритет и категорию события.

Для объединения близких по времени срабатываний предусмотрен период агрегации, снижающий информационную нагрузку на операторов.

Прогонка (тестовый расчёт на исторических данных) позволяет до запуска мониторинга убедиться в корректности настройки: отсутствии срабатываний в периоды исправной работы и наличии срабатываний при известных дефектах.

Сервис прогноза (СП) обеспечивает конфигурацию прогнозных блоков для параметров с монотонным характером изменения. Блок прогноза работает в режиме онлайн-адаптации: на каждом такте мониторинга пересчитывает прогноз на основе скользящего окна исторических данных.

4.5 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И МОНИТОРИНГ

Сервис мониторинга (СМ) — основной интерфейс для оперативного контроля технического состояния оборудования.

Информация о состоянии оборудования представляется двумя способами:

- **Дашборды (мнемосхемы)** — индивидуализированные экраны, создаваемые в конструкторе мнемосхем. Дашборды разрабатываются для разных уровней иерархии оборудования — от обзорных сводок до детализации по отдельным узлам.
- **Встроенные виджеты** — стандартные формы визуализации, содержимое которых зависит от уровня в иерархии: сборка, узел, модель, неисправность.

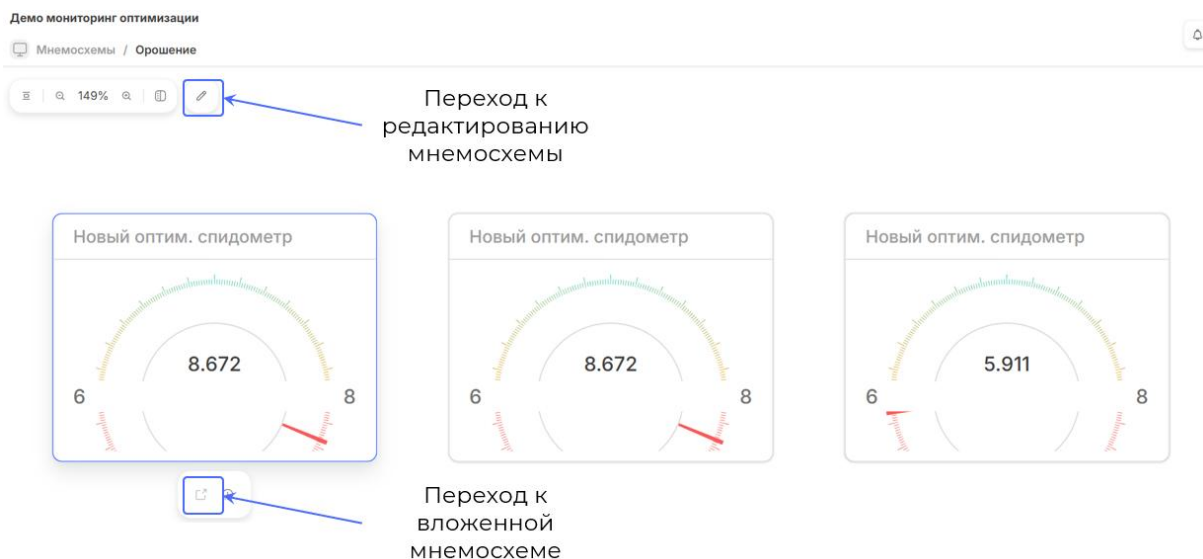


Рисунок 13. Мнемосхема в сервисе мониторинга

Навигация по данным осуществляется через дерево проекта в боковой панели (аналогично иерархии в сервисе дизайна проекта) и через гиперссылки на блоках дашбордов.

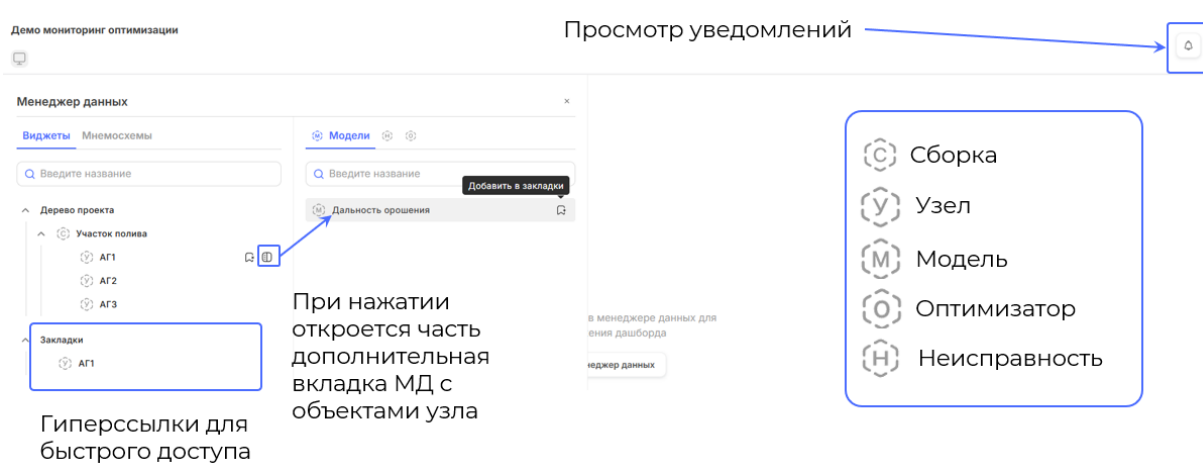


Рисунок 14. Выбор виджета через менеджер данных

Сервис мониторинга отображает:

- Значения индексов состояния оборудования, узлов, моделей и неисправностей.
- Предупреждающие сообщения о выявленных аномалиях.
- Тренды изменения параметров.
- Статус оборудования (рабочий режим, мониторинг включён/выключен).



Рисунок 15. Виджет сборки — сводка по состоянию вложенных объектов



Рисунок 16. Виджет модели — детальная информация о расчётных параметрах

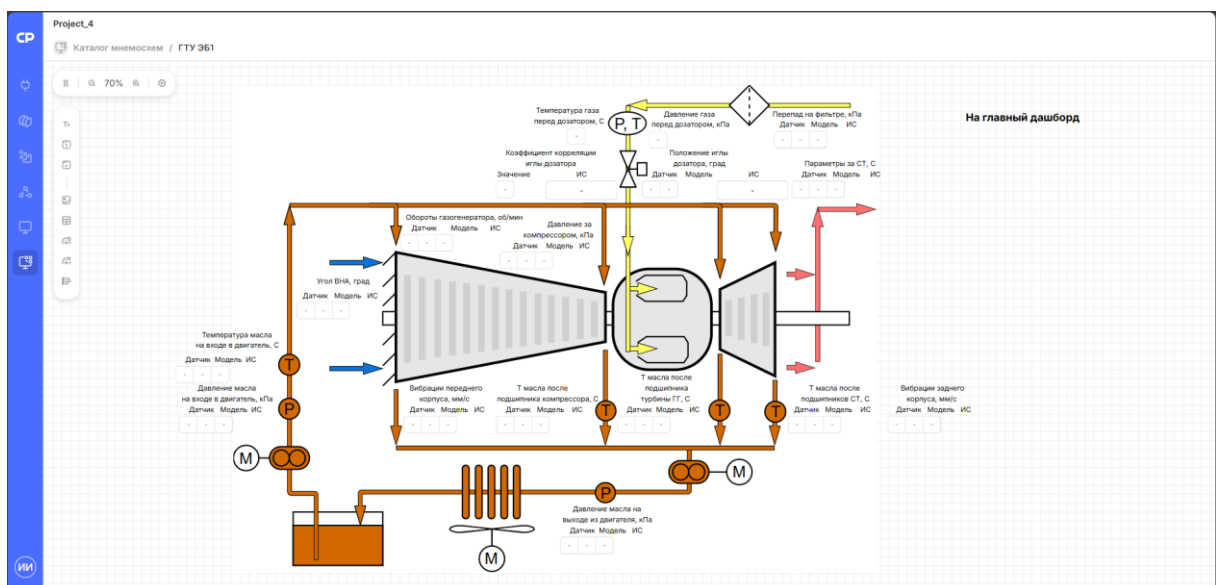


Рисунок 17. Пример мнемосхемы

Сервис дизайна мнемосхем (СДМ) предоставляет конструктор дашбордов из стандартных блоков: изображения, текст, спидометры, блоки значений и другие.

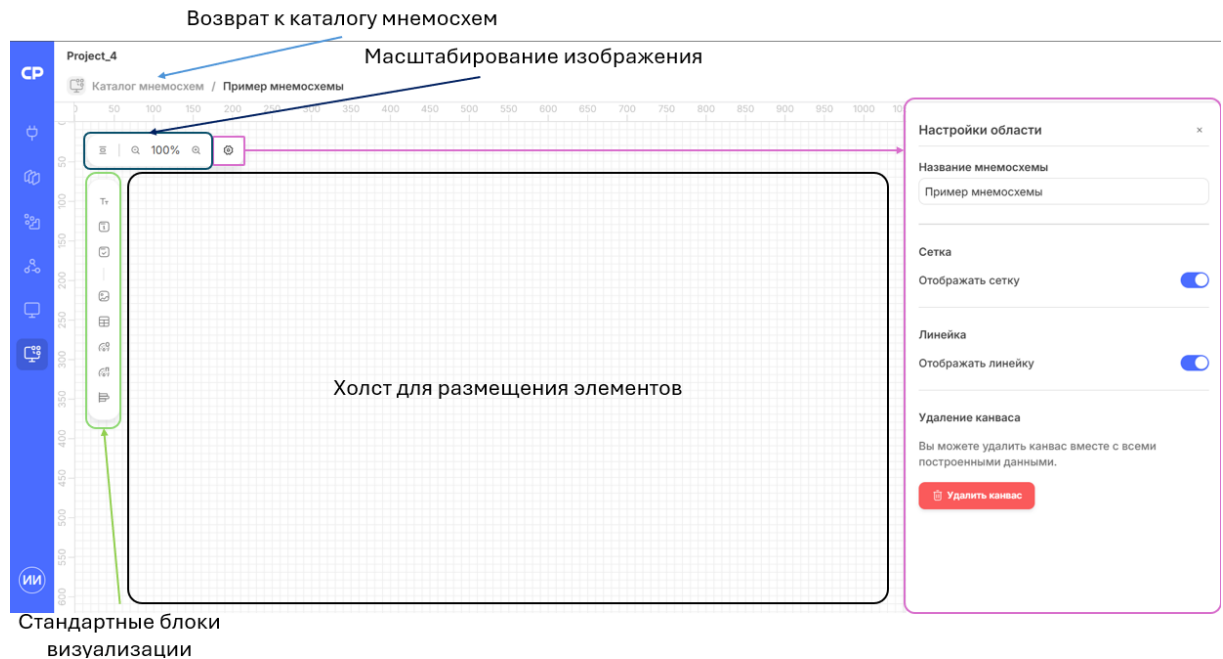


Рисунок 18. Интерфейс редактирования мнемосхемы

Количество и содержание дашбордов определяется при настройке платформы. Типичная организация — от обзорных экранов (сводка по состоянию всех объектов) до детальных (фактические и модельные значения параметров конкретного узла, индексы состояния, прогнозные значения, остаточный ресурс).

4.6 БИЗНЕС-ЛОГИКА И РЕАГИРОВАНИЕ

Сервис бизнес-логики (СБЛ) обеспечивает управление процессами реагирования на предупреждающие сообщения платформы.

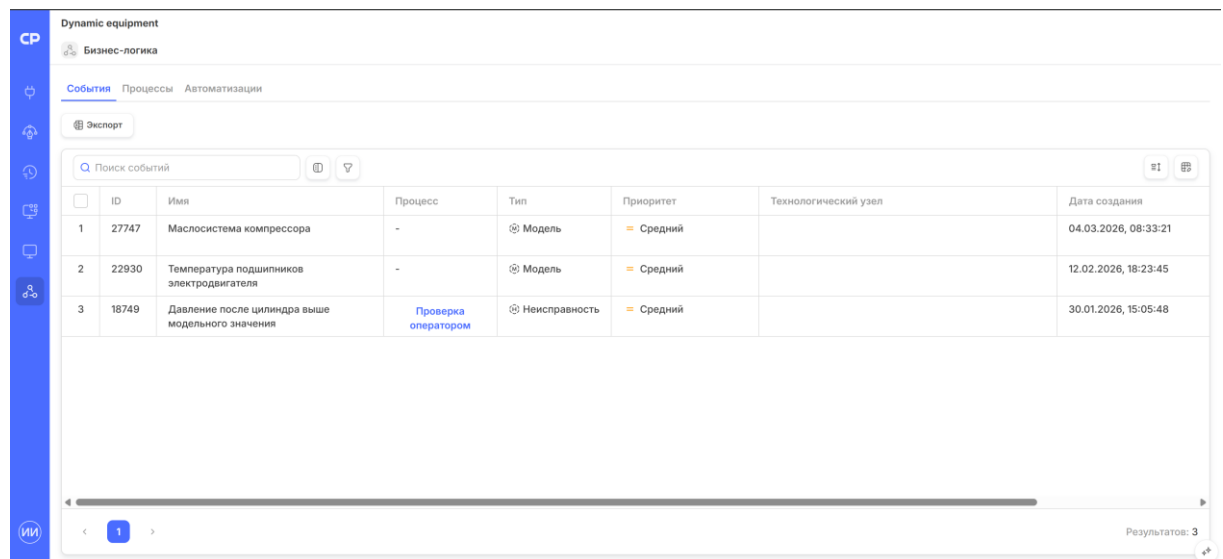


Рисунок 19. Интерфейс сервиса бизнес-логики

Процессы. При формировании предупреждающего сообщения автоматически создаётся процесс реагирования на основе заранее настроенного шаблона. Процесс включает набор задач с назначенными исполнителями и возможными результатами

выполнения. Задачи связаны логикой процесса: активация следующих задач зависит от результата выполнения предыдущих.

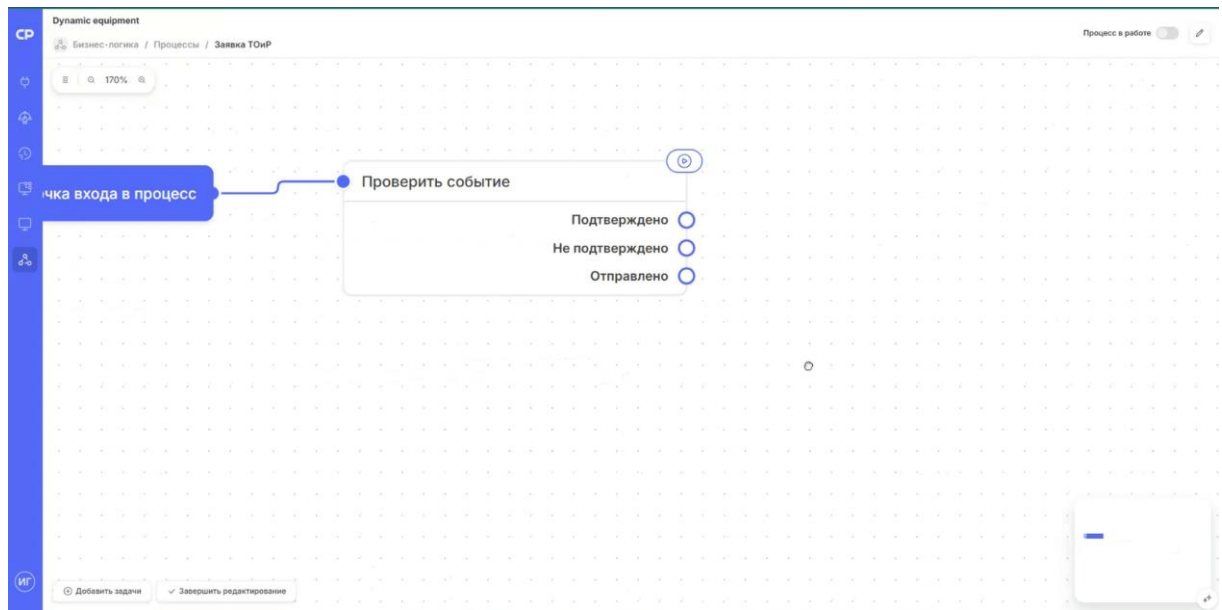


Рисунок 20. Холст процесса реагирования с задачами и связями

Шаблоны процессов. Создаются в визуальном конструкторе. Типичные шаблоны:

- Реагирование оператора на предупреждающее сообщение о неисправности.
- Реагирование инженера на изменение конфигурации оборудования (например, замена агрегата).

Автоматизации. Механизм, позволяющий задать автоматические действия при выполнении определённых условий:

- Автоматическое создание процесса по шаблону при появлении события заданного типа.
- Почтовая рассылка пользователям при создании процесса.

Все автоматизации доступны в сводной таблице с журналом исполнения (время, статус, результат).

Комментарии и вложения. Участники процесса могут оставлять текстовые комментарии с файловыми вложениями (фотографии, документы) в истории изменений процесса. Это обеспечивает фиксацию обратной связи и накопление аналитической информации.

Сводные таблицы. СБЛ предоставляет сводные таблицы по текущим процессам и событиям с возможностью фильтрации по всем атрибутам.

4.7 АДМИНИСТРИРОВАНИЕ И ИМПОРТ/ЭКСПОРТ

Сервис администрирования (СА) обеспечивает управление доступом к платформе.

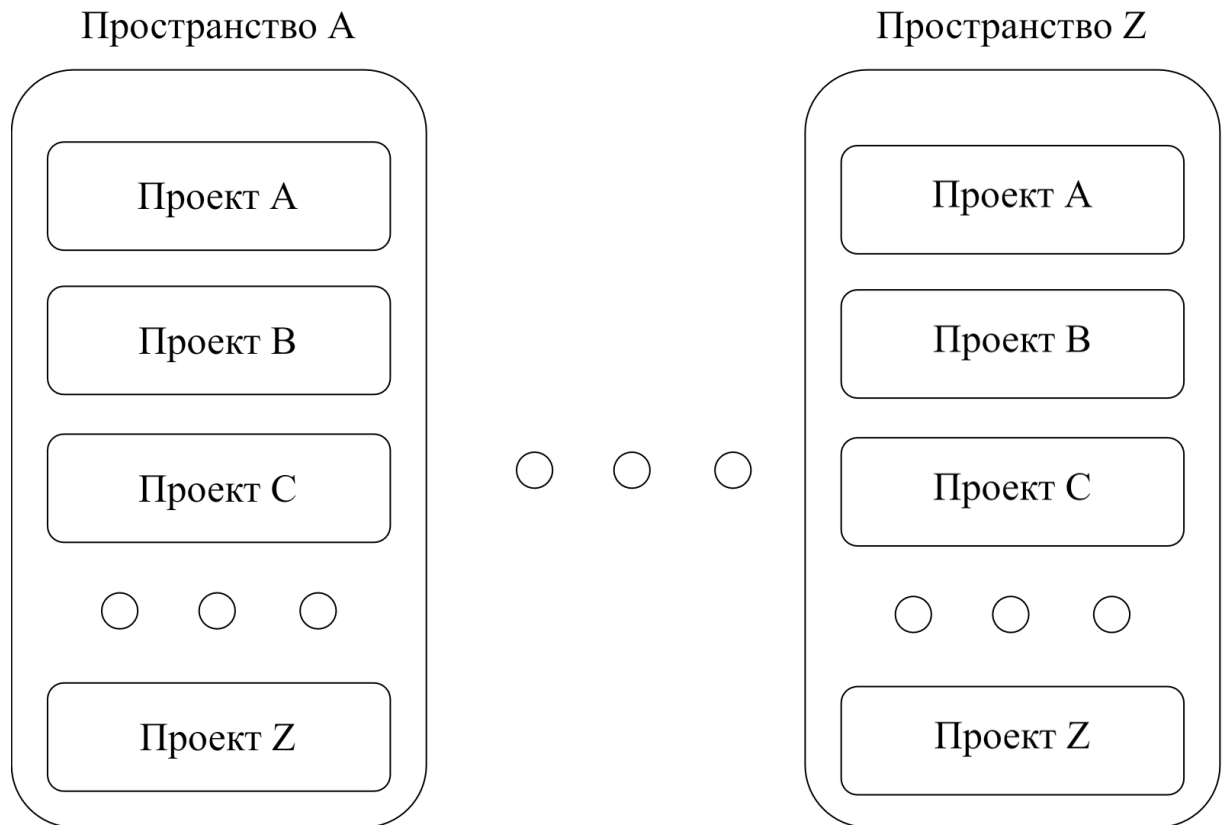


Рисунок 21. Иерархия пространств и проектов в сервисе администрирования

Пространства и проекты. Данные в ПО CyberStudio изолированы при помощи двухуровневой иерархии:

- **Пространство** — логический контейнер верхнего уровня. Объединяет один или несколько проектов.
- **Проект** — основная единица работы, в которой создаётся иерархия активов, настраиваются модели и прочие объекты.

Пользователи имеют доступ только к тем пространствам и проектам, членами которых они являются.

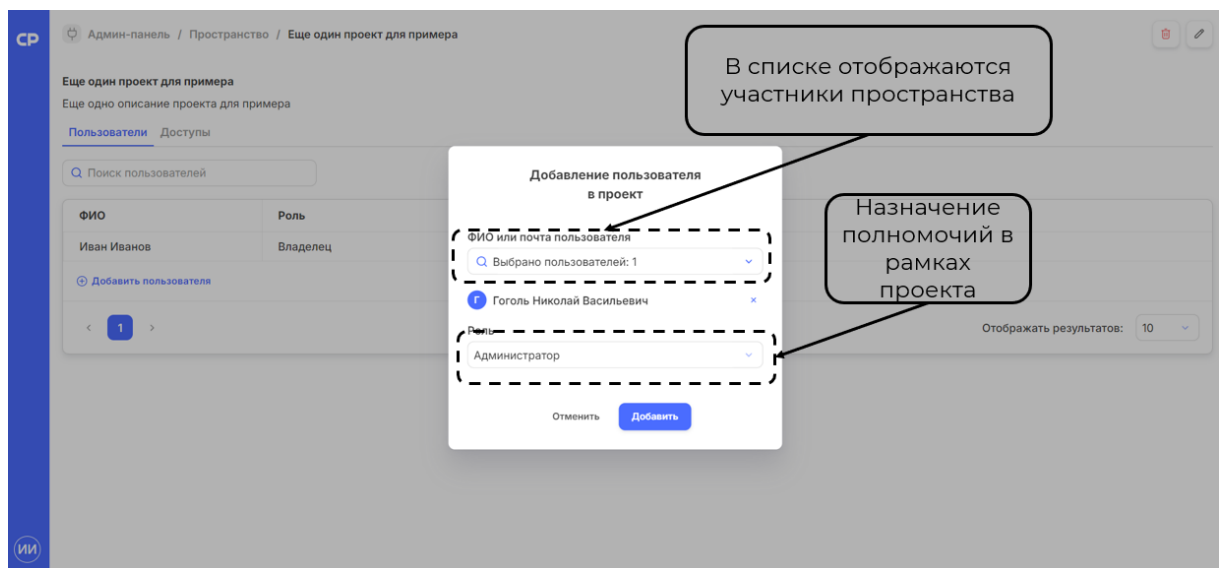


Рисунок 22. Управление пользователями проекта

Управление пользователями. Аутентификация пользователей выполняется через внешний сервис аутентификации (Keycloak). Сервис администрирования управляет назначением пользователей в пространства и проекты, а также установлением прав доступа в соответствии с ролевой моделью.

Сервис экспорта/импорта позволяет переносить настройки проекта (иерархию активов, модели, правила, шаблоны) между средами — например, из тестовой среды в продуктивную. Операции экспорта и импорта доступны пользователям с правами администратора.

5 СЦЕНАРИИ РАБОТЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

5.1 МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Оператор или инженер открывает сервис мониторинга и получает актуальную информацию о техническом состоянии оборудования.

Информация представляется на нескольких уровнях детализации — от обзорных сводок до детальных карточек отдельных узлов:

- **Обзорный уровень.** Сводка по объектам мониторинга: тренды ИС за период, статус оборудования (в работе / остановлено), текущее значение ИС.
- **Средний уровень.** ИС входящих объектов, столбиковая диаграмма ИС по подразделениям иерархии, статус рабочих режимов.
- **Детальный уровень.** Фактические и модельные значения диагностических параметров, значения ИС, прогнозные значения и остаточный ресурс.

Навигация между уровнями осуществляется через дерево проекта в боковой панели и через гиперссылки на блоках дашбордов. Переход от общей картины к детализации выполняется в несколько кликов.

Встроенные виджеты сервиса мониторинга обеспечивают полную информацию по каждому расчётному объекту: значения параметров, графики ИС, список активных событий.

5.2 РЕАГИРОВАНИЕ НА ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ СООБЩЕНИЯ

При выявлении аномалии платформа автоматически формирует предупреждающее сообщение. Сообщения формируются на основе шаблонов событий, заданных при настройке расчётных объектов:

- **Неисправности** — сообщение формируется, когда ИС объекта опускается ниже порогового значения.
- **Модели** — аналогично неисправностям, при снижении ИС модели.
- **Прогнозные блоки** — сообщение формируется, если расчётный остаточный ресурс укладывается в горизонт прогноза (критическое состояние прогнозируется в обозримом будущем).

Каждое сообщение содержит описание аномалии, вероятные причины, рекомендации по действиям и приоритет.

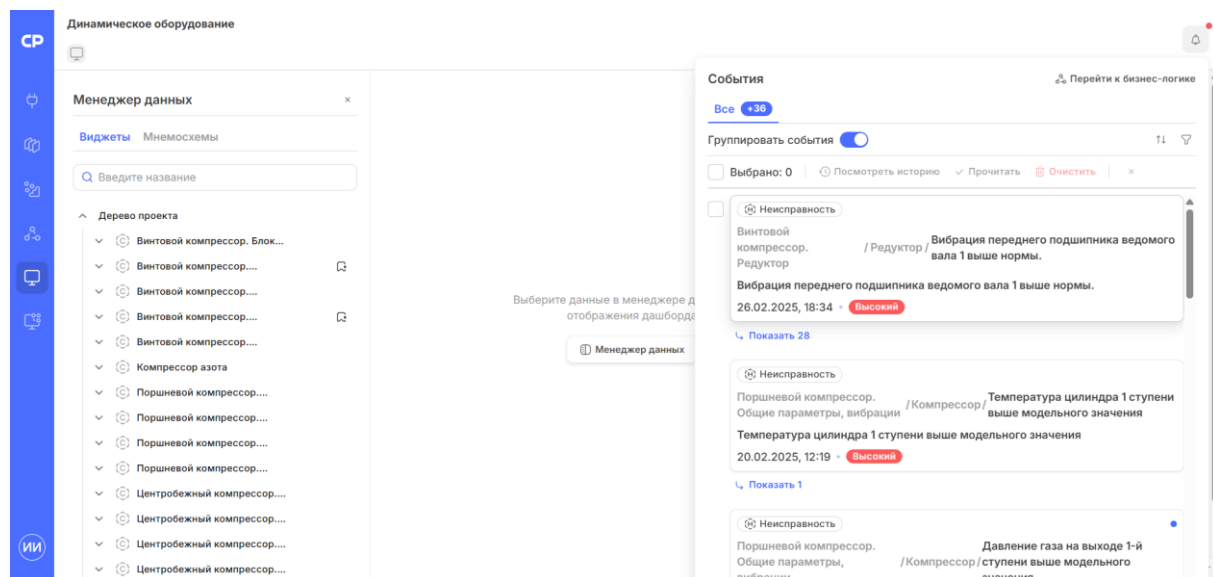


Рисунок 23. Просмотр уведомлений в боковой панели сервиса мониторинга

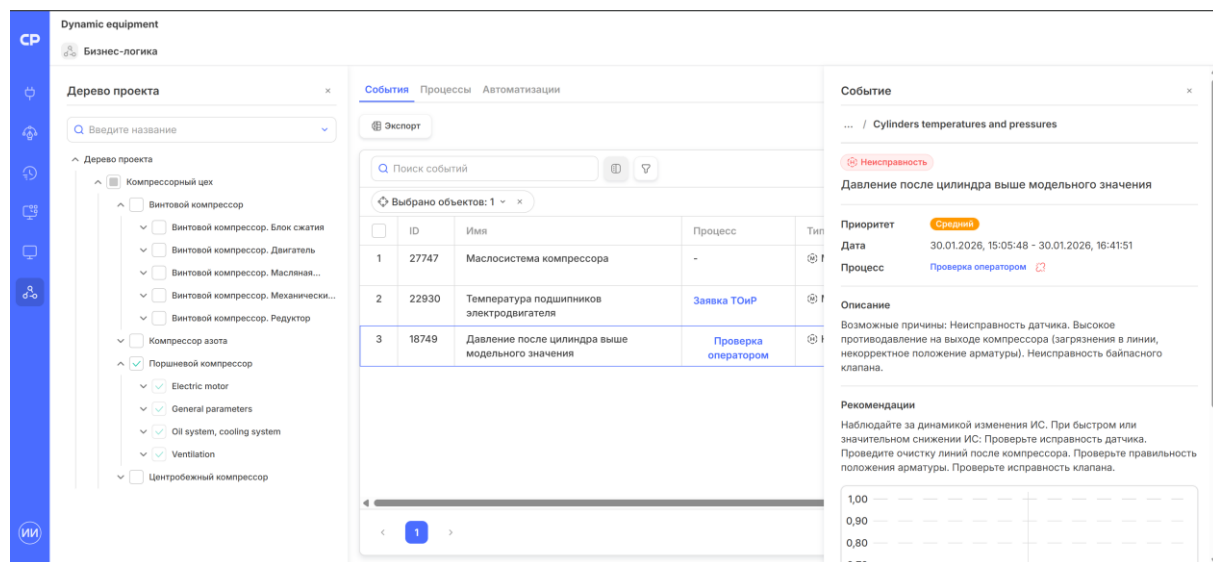


Рисунок 24. Карточка события с подробной информацией

Процесс реагирования. При появлении предупреждающего сообщения автоматически создаётся процесс отработки по настроенному шаблону. Оператор выполняет задачи процесса:

1. Анализирует показатели технического состояния на дашбордах.
2. Принимает решение и фиксирует результат выполнения задачи.
3. При необходимости оставляет комментарии с файловыми вложениями.

Прогресс выполнения процесса фиксируется и доступен в сводной таблице. При создании процесса может быть настроена автоматическая почтовая рассылка ответственным пользователям.

5.3 РЕАГИРОВАНИЕ НА СОБЫТИЯ ТООР

ПО CyberStudio поддерживает автоматическое реагирование на изменения в конфигурации оборудования, поступающие из внешней системы ТООР.

При изменении оборудования (например, замена агрегата или изменение его статуса) платформа автоматически:

1. Останавливает процесс мониторинга для всех расчётных объектов, относящихся к этому оборудованию.
2. Создаёт процесс реагирования по настроенному шаблону.

Инженер, назначенный ответственным, выполняет следующие задачи:

- Проверяет поступление данных для оборудования.
- Оценивает корректность работы расчётных объектов на данных после изменения при помощи функционала прогонки.
- При необходимости корректирует модели и правила (дообучение, изменение настроек).
- Возвращает расчётные объекты в процесс мониторинга.

Описание процесса содержит информацию об изменении и ссылки для перехода в соответствующие сервисы платформы.

5.4 ПРОСМОТР ИСТОРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Все результаты расчётов в режиме мониторинга сохраняются в базе данных временных рядов и доступны для просмотра в историческом сервисе.

Пользователь может вывести на графики следующие данные:

- Значения тегов платформы (включая виртуальные теги).
- Расчётные значения выходных параметров моделей.
- Индексы состояния: по отдельным параметрам, по моделям, по неисправностям.
- Периоды срабатывания моделей и неисправностей — отображаются в виде полос на временной оси.
- Прогнозные значения и значения остаточного ресурса.

Просмотр организован в виде набора графических областей. Для каждой области можно выбрать произвольный набор параметров и настроить временной интервал.

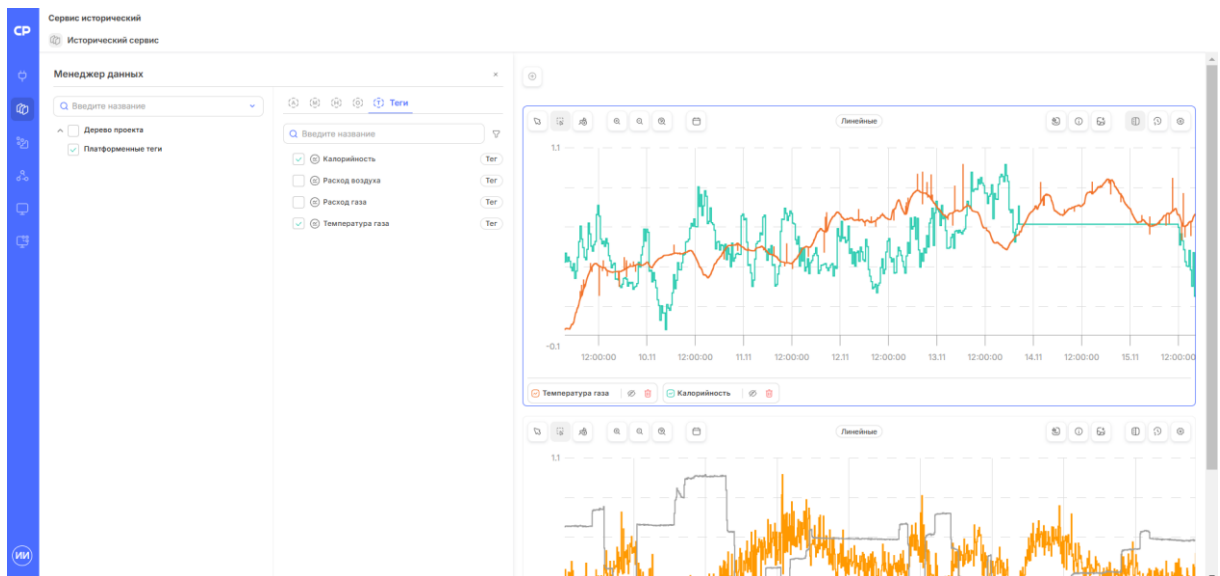
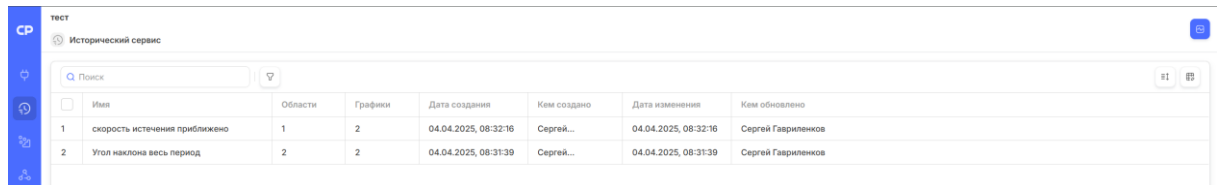


Рисунок 25. Выбор параметров для графиков в менеджере данных исторического сервиса



Имя	Области	Графики	Дата создания	Кем создано	Дата изменения	Кем обновлено
1 скорость истечения приближено	1	2	04.04.2025, 08:32:16	Сергей...	04.04.2025, 08:32:16	Сергей Гавриленков
2 Угол наклона весь период	2	2	04.04.2025, 08:31:39	Сергей...	04.04.2025, 08:31:39	Сергей Гавриленков

Рисунок 26. Сохранённые группы графиков

Для повторяющихся задач по анализу данных предусмотрено **сохранение групп графиков** — фиксированных наборов параметров с настроенным отображением. Типичная конфигурация: верхний график — фактические и расчётные значения выходных параметров модели, нижний — значения ИС.

5.5 ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЁТОВ

Отчёты формируются в сервисе бизнес-логики на основе сводной таблицы событий. Порядок формирования:

1. Пользователь применяет фильтры к таблице событий (временной диапазон, тип, приоритет, статус, наименование объекта).
2. По отфильтрованной таблице формируется отчёт в формате Microsoft Excel (.xlsx).

Отчёт содержит табличное представление экземпляров событий со всеми основными реквизитами: наименование, тип объекта, приоритет, временные метки начала и окончания, статус.

Формирование отчёта не требует предварительной настройки шаблонов — отчёт строится динамически по текущему запросу пользователя.

Дополнительно доступен **аналитический отчёт о событиях и процессах их отработки**, включающий атрибуты событий, информацию о связанных процессах, текущих и завершённых задачах, результатах выполнения. Этот отчёт предназначен для анализа эффективности и дисциплины процессов реагирования и может быть предоставлен внешней ВІ-системе в виде представления базы данных.

5.6 КОРРЕКТИРОВКА РАСЧЁТНЫХ ОБЪЕКТОВ

В процессе эксплуатации может возникнуть необходимость в корректировке моделей — при снижении ИС при заведомо исправном оборудовании или при формировании предупреждающих сообщений, не подтверждённых службами ТОиР.

Порядок корректировки:

1. **Остановка мониторинга.** Инженер приостанавливает расчёт для объектов, требующих корректировки. Сбор данных при этом продолжается — не формируются лишь ложные предупреждающие сообщения.
2. **Дообучение модели.** Для модели создаётся новая версия с указанием актуального диапазона данных. Обучение запускается с флагом «дообучение» — модель корректируется на основе наиболее актуальных данных. Для дообучения могут использоваться как потоковые данные, сохранённые в базе, так и ретроспективные данные, загруженные из файлов.
3. **Настройка чувствительности.** При необходимости корректируются границы зон ИС:
 - 3.1 Ужесточаются — при высокой критичности выявляемых неисправностей.

- 3.2 Ослабляются — при невысокой критичности, для снижения количества ложноположительных срабатываний.
4. **Тестирование.** Проводится прогонка на историческом интервале для проверки корректности новых настроек.
5. **Возобновление мониторинга.** Инженер устанавливает актуальные версии для скорректированных объектов и включает их в процесс мониторинга.

Каждое изменение настроек создаёт новую версию объекта. Полная история версий сохраняется — можно переключиться на любую из ранее созданных версий.

5.7 СОЗДАНИЕ ПРЕДИКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При расширении периметра мониторинга на новое оборудование платформа обеспечивает эффективный процесс масштабирования.

Порядок создания моделей для нового оборудования:

1. **Создание структуры.** Инженер создаёт новую сборку в сервисе дизайна проекта. Внутри сборки создаются узлы с моделями, неисправностями и прогнозными блоками.
2. **Использование шаблонов.** Для типового оборудования рекомендуется создавать объекты на основе шаблонов. Шаблон сохраняет полную структуру: связи между объектами, наборы тегов моделей, конфигурации правил обнаружения неисправностей, настройки прогнозных блоков. При создании актива на основе шаблона достаточно выполнить картирование тегов — привязать параметры к реальным тегам платформы.
3. **Дублирование.** Для похожего оборудования можно создать полную копию существующего актива со всеми вложенными объектами.
4. **Обучение и тестирование.** Для каждой созданной модели выполняется обучение на данных исправного состояния и тестирование (прогонка) на историческом интервале.
5. **Подключение к мониторингу.** После успешного тестирования инженер включает синхронизацию с иерархией оборудования предприятия и запускает мониторинг.

В течение периода настройки синхронизация с внешней системой ТОиР для новой сборки отключена, что позволяет выполнять настройку без влияния на текущий процесс мониторинга.

5.8 УПРАВЛЕНИЕ РОЛЕВОЙ МОДЕЛЬЮ

Данные в ПО CyberStudio изолированы на уровне пространств и проектов. Пользователи имеют доступ только к тем пространствам и проектам, членами которых они являются. Это обеспечивает разграничение данных между различными подразделениями или площадками предприятия.

Управление доступом включает:

- **Назначение пользователей.** Информация о пользователях импортируется из системы аутентификации (Keycloak). Администратор назначает пользователей членами пространств и проектов через сервис администрирования.

- **Установление прав.** Каждому пользователю в рамках проекта назначается профиль доступа, определяющий набор доступных операций. Детали ролевой модели описаны в соответствующем разделе настоящего документа.
- **Разграничение привилегий.** Помимо ролевого доступа к сервисам, права детализируются на уровне операций с данными (создание, чтение, обновление, удаление).

6 ИНТЕГРАЦИИ

6.1 ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ

ПО CyberStudio поддерживает получение данных о работе оборудования из различных промышленных систем.

Режим реального времени. Данные поступают через интеграционные модули, которые с заданной периодичностью опрашивают системы-источники. Поддерживаемые протоколы и источники:

- OPC DA / OPC UA / OPC HDA — стандартные промышленные протоколы.
- OSIsoft PI (PI Web API) — подключение к серверам PI через HTTPS.
- Другие системы промышленной автоматизации (SCADA, MES, Historian) — через разработку интеграционных модулей.

Каждый интеграционный модуль настраивается на конкретный внешний источник данных, созданный в сервисе сбора данных. Данные передаются в формате «тег — метка времени — значение» через внутреннюю интеграционную шину.

Ретроспективный режим. Исторические данные загружаются из файлов в формате CSV. После загрузки выполняется картирование: теги файла сопоставляются с тегами платформы. Данные записываются в базу данных временных рядов и далее используются наравне с потоковыми данными.

Метаданные и мониторинг источников. Интеграционные модули периодически обновляют метаданные тегов (единицы измерения и другие атрибуты), контролируют соответствие единиц измерения между источником и платформой.

6.2 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С СИСТЕМАМИ ТОИР

ПО CyberStudio обеспечивает интеграцию с системами технического обслуживания и ремонта предприятия для синхронизации информации об иерархии оборудования.

Синхронизация справочников. Интеграционный модуль получает из системы ТОиР актуальные данные об иерархии оборудования: наименование, статус, классификационные атрибуты. При изменении данных в системе ТОиР обновление автоматически применяется к соответствующим объектам в ПО CyberStudio.

Реагирование на изменения. При замене оборудования или изменении его статуса платформа автоматически:

- Останавливает мониторинг расчётных объектов, относящихся к затронутому оборудованию.
- Создаёт процесс реагирования в сервисе бизнес-логики для проверки и корректировки моделей.

Аналитические атрибуты. Информация из системы ТОиР (класс оборудования, модель, местоположение) автоматически заполняется в атрибутах соответствующих объектов иерархии ПО CyberStudio. При обновлении элемента справочника изменения каскадно применяются ко всем связанным объектам.

Интеграция настраивается для конкретной системы ТОиР при внедрении платформы.

6.3 ЭКСПОРТ ДАННЫХ И ОТЧЁТОВ

ПО CyberStudio предоставляет следующие возможности для экспорта данных:

Экспорт отчётов. Отчёты о событиях формируются в формате Microsoft Excel (.xlsx) с возможностью фильтрации по любым атрибутам: временной диапазон, тип события, приоритет, статус, объект.

Аналитическое представление. Для интеграции с внешними ВІ-системами доступно представление (view) в базе данных, содержащее сведения о событиях, процессах реагирования и результатах их выполнения. Представление доступно только для чтения в режиме реального времени.

Экспорт/импорт настроек проекта. Сервис экспорта/импорта позволяет сохранить и перенести полную конфигурацию проекта: иерархию активов, структуры моделей, правила обнаружения неисправностей, настройки прогнозных блоков, шаблоны процессов. Это обеспечивает миграцию настроек между средами и переиспользование конфигураций.

7 РОЛЕВАЯ МОДЕЛЬ И ПРАВА ДОСТУПА

7.1 РОЛИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

ПО CyberStudio предусматривает следующие бизнес-роли:

Инженер по эксплуатации ИС (профиль доступа: администратор пространства, администратор проекта):

- Управляет составом пользователей пространств и проектов.
- Управляет привилегиями пользователей в рамках сервисов.
- Выполняет операции по экспорту и импорту настроек проекта.

Инженер-моделист (профиль доступа: инженер):

- Администрирует настройки сбора данных (теги, виртуальные теги, группы).
- Проектирует, настраивает и тестирует модели, неисправности, прогнозные блоки.
- Анализирует данные мониторинга.
- Разрабатывает дашборды (мнемосхемы).
- Конфигурирует процессы отработки сообщений.

Оператор мониторинга (профиль доступа: оператор):

- Работает с формами визуализации в сервисе мониторинга.
- Анализирует исторические данные.
- Участвует в процессах отработки предупреждающих сообщений.

Дополнительно предусмотрены инфраструктурные роли, не имеющие учётной записи в ПО CyberStudio:

- **Администратор ИБ** — контроль сервисных учётных записей, сертификатов SSL/TLS, управление пользователями в системе аутентификации (Keycloak).
- **Администратор ИС** — мониторинг производительности и доступности сервисов, диагностика ошибок, управление обновлениями.

Бизнес-роль	Профиль доступа
Инженер по эксплуатации ИС	Администратор пространства, администратор проекта
Инженер-моделист	Инженер
Оператор мониторинга	Оператор

7.2 МАТРИЦА ДОСТУПА

Доступ к сервисам платформы определяется профилем доступа пользователя:

Сервис	Администратор пространства	Администратор проекта	Инженер	Оператор
Сервис администрирования	Да	Да	Нет	Нет
Сервис сбора данных	Да	Да	Да	Нет
Сервис дизайна проекта	Да	Да	Да	Нет
Сервис моделирования	Да	Да	Да	Нет
Сервис неисправностей	Да	Да	Да	Нет
Сервис прогноза	Да	Да	Да	Нет
Сервис бизнес-логики	Да	Да	Да	Да
Сервис мониторинга	Да	Да	Да	Да
Сервис дизайна мнемосхем	Да	Да	Да	Нет
Сервис исторический	Да	Да	Да	Да
Сервис экспорта	Да	Да	Да	Нет
Сервис импорта	Да	Да	Да	Нет

Помимо доступа к сервисам, права детализируются на уровне операций с данными. Администраторы и инженеры имеют полный набор операций (создание, чтение, обновление, удаление) для объектов в своей зоне ответственности. Операторы имеют доступ на чтение.

Управление пользователями, пространствами и проектами доступно только пользователям с профилем администратора.

8 ОТЧЁТЫ И ПЕЧАТНЫЕ ФОРМЫ

8.1 ОТЧЁТЫ

ПО CyberStudio предоставляет следующие типы отчётов:

Отчёт о событиях. Формируется по запросу пользователя в сервисе бизнес-логики. Содержит список экземпляров событий (срабатываний) за указанный период с атрибутами: наименование, тип объекта, приоритет, временные метки, статус. Выгружается в формате Microsoft Excel (.xlsx). Поддерживается фильтрация по всем атрибутам.

Отчёт о событиях и процессах отработки. Расширенный аналитический отчёт, включающий информацию о процессах реагирования: наименование процесса, текущие и завершённые задачи, результаты выполнения. Предназначен для анализа эффективности работы с предупреждающими сообщениями. Доступен как представление базы данных для подключения внешних BI-систем.

Сводные таблицы. Интерактивные таблицы в интерфейсе сервисов:

- Сводная таблица событий — в сервисе мониторинга.
- Сводная таблица процессов — в сервисе бизнес-логики.
- Сводная таблица моделей с метриками точности — в сервисе моделирования.
- Журнал автоматизаций — в сервисе бизнес-логики.

Все сводные таблицы поддерживают фильтрацию и сортировку.