



**Платформа для автоматизации технологических процессов и
управления производством WISECON**

**РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПРОГРАММЫ
Интегрированное управление турбокомпрессорным
оборудованием**

СОДЕРЖАНИЕ

1. НАЗНАЧЕНИЕ	4
2. ПОРЯДОК КОНФИГУРИРОВАНИЯ	5
2.1. Вход в программу Configurator	5
2.2. Настройка интеграции с РСУ	10
2.3. Создание и настройка объекта «Турбокомпрессор»	12
3. КОНФИГУРИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ.....	14
3.1. Настройка антипомпажного регулирования	14
3.2. Настройка регулирования производительности и давления	15
3.3. Настройка интегрированного управления турбиной	16
3.4. Конфигурирование управления сетью компрессоров	17
4. МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА	18
4.1. Мониторинг в реальном времени	15
4.2. Ключевые показатели работы оборудования	16
4.3. Диагностика и предиктивное обслуживание	17
5. ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЁТОВ	21

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем документе приводится описание порядка использования и конфигурирования программного модуля «Интегрированное управление турбокомпрессорным оборудованием» (далее по тексту – Модуль). Использование Модуля включает настройку интеграции с распределённой системой управления WiseDCS (далее по тексту – PCY), а также настройку и отладку алгоритмов управления компрессорами и их приводами.

Модуль «Интегрированное управление турбокомпрессорным оборудованием» интегрирован в комплексную программную платформу WISECON, предназначенную для автоматизации и интеллектуального управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности (далее – платформа WISECON). Платформа WISECON объединяет в себе функционал сбора, обработки, анализа и визуализации данных, а также предоставляет инструменты для создания систем управления и обеспечения безопасности.

1 НАЗНАЧЕНИЕ

Модуль «Интегрированное управление турбокомпрессорным оборудованием» предназначен для реализации комплексных алгоритмов управления, защиты и мониторинга одиночных турбокомпрессорных агрегатов и групп (сетей) компрессоров.

Модуль обеспечивает выполнение следующих ключевых функций:

- **Антипомпажное регулирование (Anti-Surge Control):** Защита компрессора от нестабильного режима работы (помпажа) путем упреждающего управления антипомпажным клапаном. Функция включает прогнозирование приближения к границе помпажа и предотвращение аварийных ситуаций.
- **Регулирование производительности и давления:** Автоматическое поддержание заданного давления или производительности в нагнетательной сети путем управления частотой вращения, положением направляющих аппаратов или другими регулирующими органами.
- **Интегрированное управление турбиной:** Обеспечение согласованного управления турбиной (приводом) и компрессором для оптимизации их взаимодействия, повышения эффективности и обеспечения безопасной работы агрегата в целом.
- **Частотное регулирование:** Реализация алгоритмов управления скоростью вращения привода для эффективного изменения производительности компрессора с пропорциональным изменением потребляемой энергии.
- **Мониторинг и диагностика:** Непрерывный сбор и анализ ключевых параметров работы оборудования (давление, температура, вибрация, осевой сдвиг), расчет показателей эффективности и предсказание необходимости проведения технического обслуживания.
- **Управление сетью компрессоров:** Объединение от 2 до 24 компрессорных агрегатов в единую сеть для сбалансированной работы, равномерного распределения нагрузки, оптимизации энергопотребления и обеспечения требуемой производительности всей компрессорной станции.

Область применения

Модуль предназначен для использования на объектах нефтегазовой, химической, металлургической и других отраслей промышленности, где эксплуатируются центробежные и осевые компрессоры. Он может применяться как для управления отдельными

агрегатами, так и для комплексного управления компрессорными станциями.

2 ПОРЯДОК КОНФИГУРИРОВАНИЯ

Настройка системы осуществляется в программе *WisePredictiveAnalytics Configurator* (далее по тексту – Программа). В состав Программы входят средства визуальной разработки алгоритмов управления, их тестирования и интеграции с РСУ.

Процесс конфигурирования включает следующие основные этапы:

1. Настройка интеграции с РСУ для получения данных и передачи управляющих воздействий.
2. Создание и настройка иерархии объектов (компрессорных станций, агрегатов).
3. Настройка переменных и привязка их к тегам РСУ.
4. Разработка и тестирование алгоритмов управления (антипомпажного, регулирования производительности и т.д.).

2.1 Вход в программу

Для входа в программу необходимо использовать учётные данные зарегистрированного пользователя.

Для входа в программу выполните следующие действия:

- 1) Запустите программу «Configurator» двойным кликом на исполняемом файле.
- 2) В окне входа (рисунок 2.1) введите логин и пароль. По умолчанию используется Логин: admin, пароль: admin

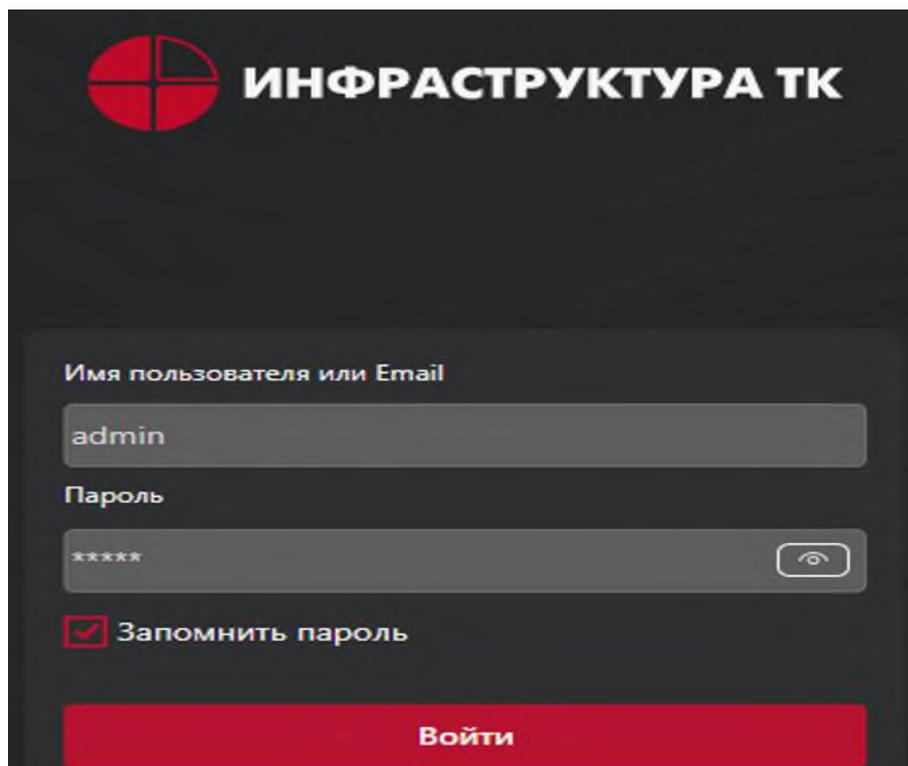


Рисунок 2.1 – Окно входа в программу *Configurator*

3) Для сохранения данных авторизации и удобства последующих входов поставьте флажок «Сохранить».

После успешной авторизации открывается основное окно программы (рисунок 2.2), содержащее следующие элементы:

- Меню программы с функционалом для работы с проектом и справочной информацией.
- Панель навигации с доступом к основным компонентам программы.
- Основное рабочее окно, предназначенное для управления службами, источниками данных и конфигурирования иерархии объектов.

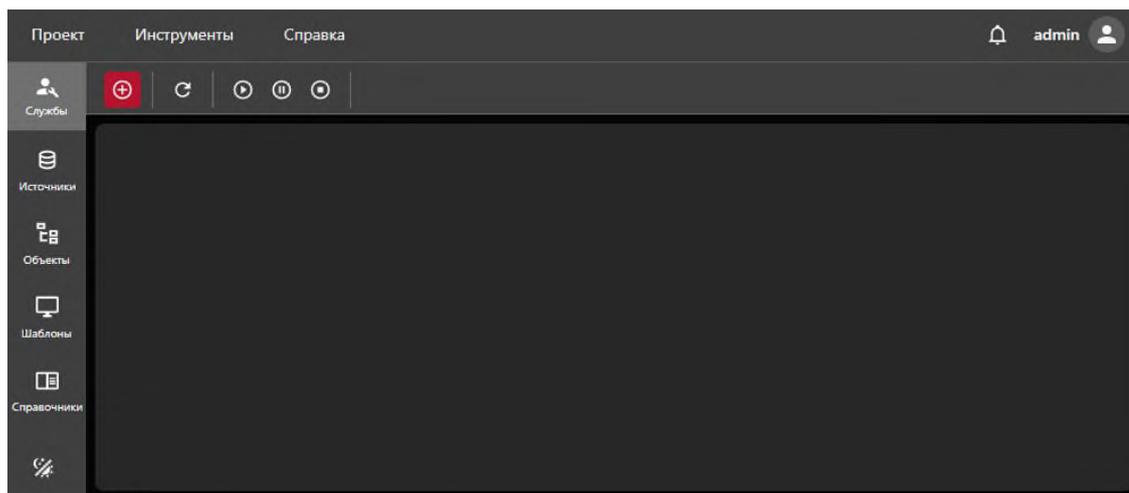


Рисунок 2.2 – Основное окно программы

Конфигурирование служб системы.

Для конфигурирования служб выполните следующие действия:

В панели навигации выберите вкладку «Службы» (рисунок 2.2).

Нажмите кнопку «Добавить» и в открывшемся окне (рисунок 2.3) из выпадающего списка выберите «Служба коллектора данных». Если хост приложения DataCollector отличается от localhost укажите его IP адрес.

Нажмите кнопку «Сохранить».

The image shows a dialog box for adding a service. It has a dark background. The fields are: 'Тип' (Type) with a dropdown menu showing 'Служба коллектора данных'; 'Имя' (Name) with a text input field containing 'DataCollectorService_1'; 'Хост' (Host) and 'Порт' (Port) with text input fields containing 'localhost' and '5065' respectively; 'Описание (при необходимости)' (Description) with a large text area; and two buttons at the bottom: 'Отменить' (Cancel) and 'Сохранить' (Save).

Рисунок 2.3 – Окно добавления службы

Выполните действия аналогичные описанному выше п. 2), выбирая в выпадающем списке «Служба обработки данных».

Выполните действия аналогичные описанному выше п. 2), выбирая в выпадающем списке «Сервер данных».

Проконтролируете наличие связи со службами - индикатор службы должен иметь вид:  (служба не выполняется) или  (служба выполняется), (рисунок 2.4). Если индикатор службы не цветной, значит связь между программой и службой отсутствует.

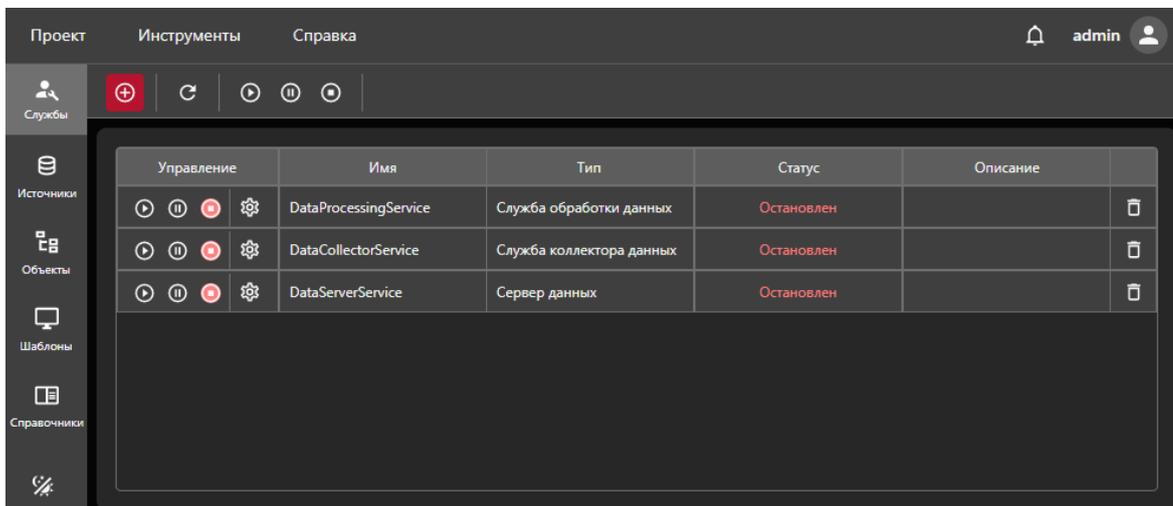


Рисунок 2.4 – Визуализация состояния служб

В системе может быть настроено сохранение результатов работы алгоритмов в базе исторических данных (далее – БД).

Для настройки хранения исторических данных двойным кликом или нажатием кнопки  (рисунок 2.4) откройте окно настройки службы «DataProcessingService» и в открывшемся окне нажмите кнопку «Дополнительно». В дополнительных настройках службы укажите адрес, порт, логин и пароль СУБД, например, как на рисунке 2.5. Нажмите кнопку «Сохранить».

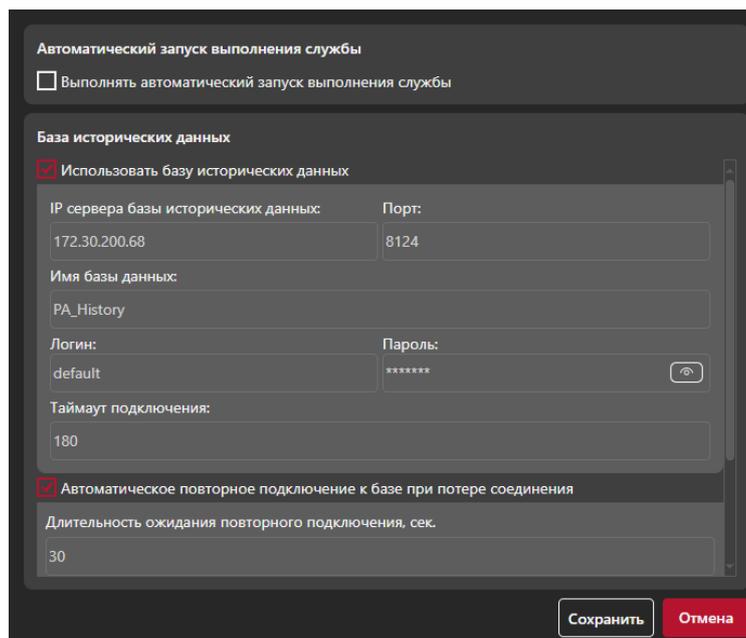


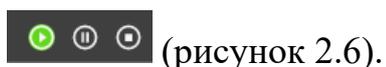
Рисунок 2.5 – Настройка базы данных

На панели управления службой , поочередно у каждой службы нажмите на кнопку «Пуск». Пуск – осуществляет запуск выполнения функций выбранной службы. В случае удачного запуска кнопка выделяется зеленым цветом.

Пауза – временная остановка выполнения выбранной службы. В состоянии паузы служба не выполняет свои функции, но сохраняет все параметры в оперативной памяти. При запуске службы из состояния паузы не осуществляется инициализация параметров службы.

Стоп – остановка выполнения выбранной службы. В остановленном состоянии служба не выполняет свои функции. При запуске службы из остановленного состояния осуществляется инициализация всех параметров службы.

Проконтролируете статус выполнения служб по зеленому индикатору



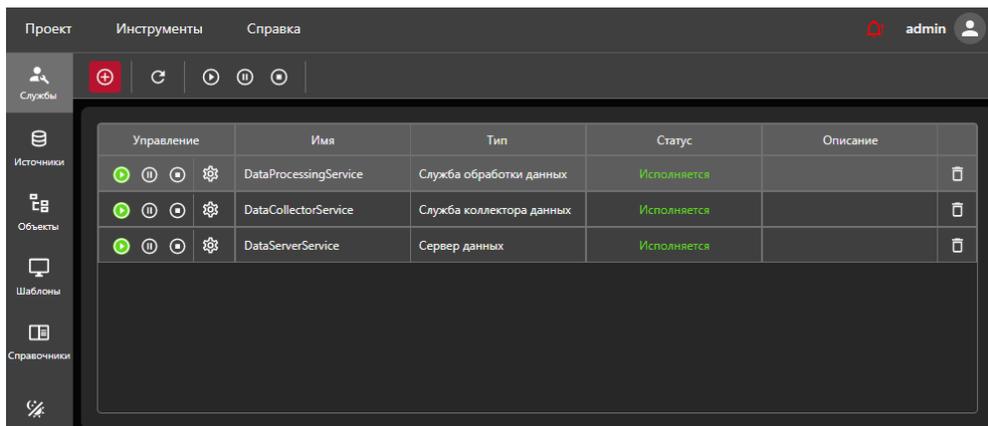


Рисунок 2.6 – Успешный запуск выполнения служб

2.2 Настройка интеграции с РСУ

Интеграция с РСУ может быть выполнена с использованием следующих протоколов: OPC DA, OPC UA, Modbus RTU, Modbus TCP. Далее приводится пример настройки интеграции с OPC DA сервером РСУ.

Для добавления источника данных, в качестве которого выступает OPC DA сервер РСУ, выполните следующие действия:

- 1) В панели навигации выберите вкладку «Источники».
- 2) Нажмите кнопку «Добавить» и в открывшемся окне (рисунок 2.7) из выпадающего списка Тип источника выберите «Клиент OPC DA», а из выпадающего списка «Служба сбора данных» выберите настроенную в п. 2 службу коллектора данных.

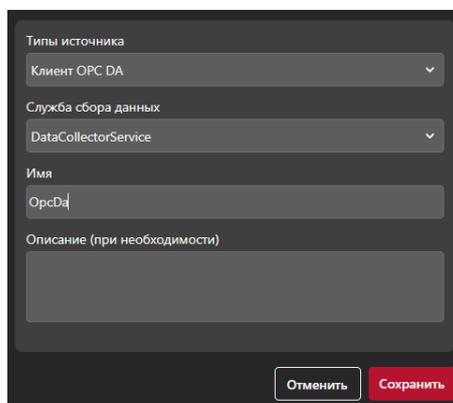


Рисунок 2.7 – Создание источника OPC DA

- 3) Для настройки тегов источника данных OPC DA выполните двойной

клик мыши на созданном источнике при этом откроется окно настройки источника (рисунок 2.8).

- 4) В открывшемся окне укажите IP адрес и имя OPC DA сервера. При нажатии кнопки «Подключиться» осуществляется подключение к серверу и чтение дерева тегов.
- 5) Для настройки интеграционных тегов рекомендуется ручной режим выбора.

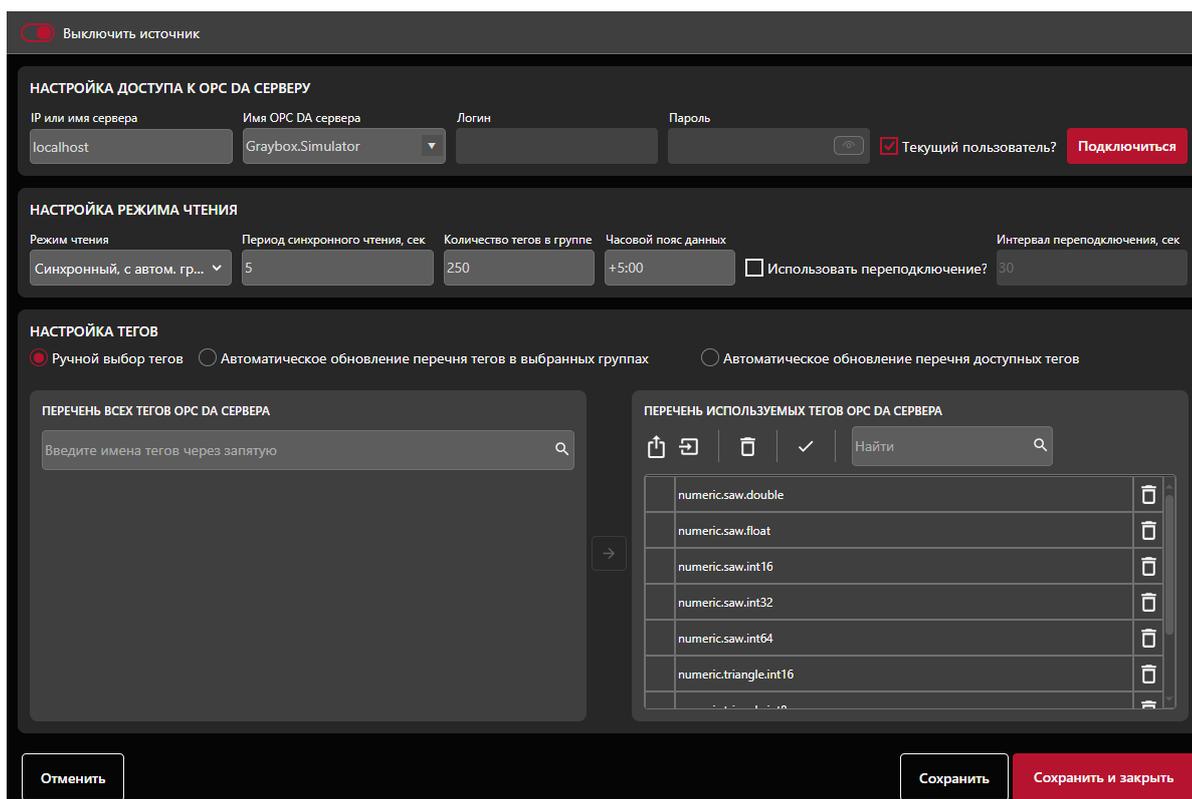
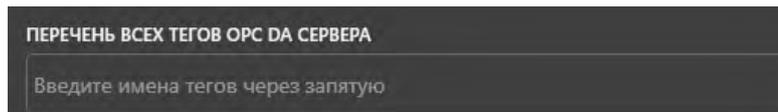


Рисунок 2.8 – Окно настройки источника OPC DA

Возможны следующие способы ручного выбора интеграционных тегов:

- Выбрать теги в дереве и нажать кнопку 
- Ввести их имена вручную через запятую в поле:



после этого нажать кнопку .

- Использовать импорт тегов из csv или json файла. Для импорта тегов необходимо нажать кнопку Импорт тегов . Если перечень тегов уже был заполнен ранее, то при импорте импортируемые теги добавляются к существующим. Если при импорте требуется, чтобы перечень заполнился только тегами из импортируемого файла, то сначала необходимо выделить все теги и нажать кнопку , расположенную над перечнем тегов, а потом выполнить импорт тегов из файла.

Для удаления одного тега необходимо нажать кнопку  напротив имени тега.

Для удаления нескольких тегов, необходимо их выбрать и нажать кнопку , расположенную над перечнем тегов.

- б) Выбрать режим чтения тегов и нажать кнопку «Сохранить и закрыть».

2.3 Создание и настройка объекта «Турбокомпрессор»

Для каждого компрессорного агрегата или станции необходимо создать соответствующий объект в иерархии системы.

1. В панели навигации перейдите на вкладку «Объекты».

2. Создайте иерархическую структуру (локации), соответствующую структуре вашего предприятия (например, Цех -> Установка -> Компрессорная станция). Для этого используйте контекстное меню, вызываемое правой кнопкой мыши.
3. Выберите узел, в котором будет создан объект компрессора, и в контекстном меню выберите **«Добавить объект»**.
4. В появившемся окне введите **имя объекта** (например, К-101) и выберите из списка **«Тип объекта»** соответствующий тип, например, **«Турбокомпрессорный агрегат»**.
5. Перейдите на вкладку **«Входные переменные»** созданного объекта.
6. Нажмите кнопку **«Добавить» (+)**. В открывшемся окне выбора переменных найдите и выберите в дереве тегов РСУ все необходимые теги для работы алгоритмов управления:
 - **Для антипомпажного регулирования:** расход, давление на всасе и нагнетании, температура, положение антипомпажного клапана.
 - **Для регулирования производительности:** текущее давление в сети, задание давления, частота вращения, положение направляющего аппарата.
 - **Для мониторинга:** значения вибрации, осевого сдвига, температуры подшипников и другие диагностические параметры.

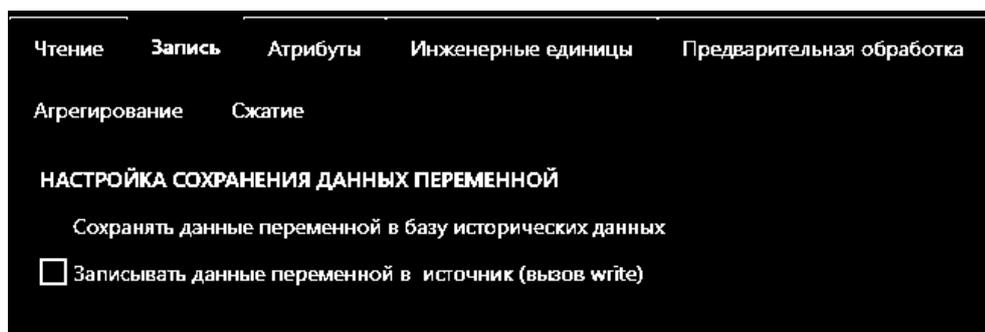


Рисунок 2.10 – Окно настройки атрибутов переменной

3 КОНФИГУРИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

После создания объекта «Турбокомпрессор» и привязки к нему всех необходимых тегов из PCSU, следует приступить к настройке алгоритмов управления. Конфигурирование выполняется на вкладке «Аналитика» в окне свойств объекта.

3.1. Настройка антипомпажного регулирования

Модуль антипомпажного регулирования (Anti-Surge Control) предназначен для защиты компрессора от помпажа.

1. В окне объекта перейдите на вкладку «Аналитика».
2. Нажмите кнопку «Добавить модель» (+).
3. В открывшемся окне введите имя модели, например, AntiSurge_K101, и из выпадающего списка выберите тип модели «Антипомпажное регулирование».
4. В панели конфигурирования модели появятся следующие разделы для настройки:
 - **Переменные (признаки):**
 - нажмите кнопку «Выбрать». В открывшемся окне выберите переменные (теги), необходимые для работы алгоритма: расход на всасе, давление на всасе, давление на нагнетании, температура на всасе.
 - **Выходные переменные:**
 - **управляющее воздействие:** укажите выходную переменную, которая будет управлять положением антипомпажного клапана.

- **статус:** переменная, отображающая текущее состояние регулятора (например, «Норма», «Близко к помпажу», «Вмешательство»).
 - **Настройки алгоритма:**
 - **карта компрессора:** загрузите или введите вручную точки **границы помпажа и рабочей границы**, определяющие безопасную зону работы компрессора.
 - **коэффициенты ПИД-регулятора:** настройте пропорциональный (K_p), интегральный (K_i) и дифференциальный (K_d) коэффициенты для управления антипомпажным клапаном.
 - **параметры безопасности:** укажите запас по производительности (в %) до границы помпажа, при котором начнется вмешательство регулятора.
5. После внесения всех настроек сохраните конфигурацию модели и активируйте ее, переведя переключатель в положение **«Включить»**.

3.2. Настройка регулирования производительности и давления

Данный модуль отвечает за поддержание заданных технологических параметров (давления или производительности) путем воздействия на регулирующие органы компрессора.

1. На вкладке **«Аналитика»** добавьте новую модель, выбрав тип **«Регулирование производительности»**.
2. В панели конфигурирования настройте следующие параметры:
 - **Переменные (признаки):**
 - **регулируемый параметр:** выберите переменную, которую необходимо поддерживать (например, **давление в общей сети**).

- **уставка:** привяжите переменную, содержащую задание для регулятора.
 - **Выходные переменные:**
 - **управляющее воздействие:** укажите выходную переменную, которая будет управлять регулирующим органом (например, задание на частоту вращения привода или положение направляющего аппарата).
 - **Настройки алгоритма:**
 - **тип регулирования:** выберите, что будет регулироваться — **давление** или **производительность**.
 - **коэффициенты ПИД-регулятора:** настройте коэффициенты для основного контура регулирования.
 - **ограничения:** задайте верхние и нижние пределы для выходного управляющего воздействия, чтобы предотвратить выход оборудования за безопасные рамки.
3. Сохраните и активируйте модель.

3.3. Настройка интегрированного управления турбиной

Этот функционал обеспечивает согласованную работу компрессора и его привода (например, газовой турбины). Он настраивается путем создания логических связей и ограничений между моделями антипомпажного регулирования и регулирования производительности.

1. В редакторе вычисляемых переменных или с помощью скриптов создайте логику, которая будет координировать работу двух регуляторов.
2. **Пример логики:** если антипомпажный регулятор начинает открывать клапан (статус «Вмешательство»), необходимо временно

приостановить увеличение производительности или плавно снизить его, чтобы избежать помпажа.

// Пример на языке ST

```
IF AntiSurge_K101.Status = 'Вмешательство' THEN
    PerformanceControl_K101.Enable_Increase := FALSE; //
Запретить увеличение производительности
ELSE
    PerformanceControl_K101.Enable_Increase := TRUE;
END_IF;
```

3. Убедитесь, что приоритет антипомпажного регулирования всегда выше, чем у регулирования производительности, чтобы обеспечить безопасность агрегата.

3.4. Конфигурирование управления сетью компрессоров

Данный функционал позволяет управлять группой компрессоров как единой системой для достижения общей цели (например, поддержания давления в коллекторе) с максимальной эффективностью.

1. Создайте в иерархии объектов новый объект, представляющий всю компрессорную станцию (например, Компрессорная_станция_1).
2. На вкладке «Аналитика» этого объекта добавьте новую модель с типом «Управление сетью компрессоров».
3. В панели конфигурирования:
 - **список компрессоров:** нажмите «Добавить» и выберите ранее сконфигурированные объекты отдельных компрессоров (К-101, К-102 и т.д.), которые входят в данную сеть.
 - **общий регулируемый параметр:** укажите тег, который является целью управления для всей группы (например, **давление в общем коллекторе**).

- **стратегия управления:** выберите стратегию распределения нагрузки между компрессорами:
 - **равномерная загрузка:** все работающие компрессоры поддерживают одинаковый уровень нагрузки.
 - **базовая и пиковая нагрузка:** один или несколько компрессоров работают с постоянной (базовой) нагрузкой, а остальные используются для компенсации пиковых потреблений.
 - **по наработке:** система автоматически распределяет нагрузку для выравнивания моточасов компрессоров.
- **настройка пуска/останова:** задайте условия (гистерезис по давлению), при которых система будет автоматически вводить в работу или выводить из работы дополнительные компрессоры.

4. Сохраните и активируйте модель управления сетью.

4 МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА

После завершения настройки и запуска моделей управления, пользователь может осуществлять мониторинг работы турбокомпрессорного оборудования в реальном времени. Мониторинг выполняется с помощью клиентских приложений платформы WISECON: Workstation (APM оператора) и веб-приложения INFRA-PORTAL.

4.1. Мониторинг в реальном времени

Для оперативного контроля за работой компрессоров используются специализированные мнемосхемы и дашборды.

1. Доступ к интерфейсу:

- откройте **Workstation** или **INFRA-PORTAL** и войдите в систему под своей учетной записью.
- в дереве объектов найдите и выберите объект компрессорного агрегата или компрессорной станции.

2. Визуализация на мнемосхеме:

- на основной мнемосхеме, как правило, отображаются:
 - **рабочая точка компрессора:** динамическое положение рабочей точки на карте производительности (характеристике компрессора) относительно границы помпажа и рабочих линий.
 - **ключевые параметры:** текущие значения расхода, давления, температуры, частоты вращения.
 - **состояние регуляторов:** статус антипомпажного регулятора и регулятора производительности (включен/отключен, автоматический/ручной режим).
 - **положение исполнительных механизмов:** текущее положение антипомпажного клапана, направляющего аппарата и т.д.

3. Использование трендов:

- Откройте вкладку с трендами для просмотра динамики изменения ключевых параметров во времени. Это позволяет анализировать переходные процессы, стабильность регулирования и реакцию системы на возмущения.

4.2. Ключевые показатели работы оборудования

Модуль автоматически рассчитывает и отображает ряд ключевых показателей (KPI), которые позволяют оценить эффективность и безопасность работы оборудования.

Основные показатели доступны на специализированных дашбордах или вкладках объекта:

- **расстояние до границы помпажа:** показывает текущий запас по производительности до границы помпажа. Критически важный показатель для оценки безопасности.
- **эффективность (КПД):** расчетный показатель эффективности работы компрессора, основанный на термодинамических параметрах.
- **количество срабатываний антипомпажного клапана:** счетчик, фиксирующий число открытий антипомпажного клапана. Частое срабатывание может указывать на нестабильность процесса или некорректную настройку регулятора.
- **время работы вблизи ограничений:** процент времени, в течение которого агрегат работает на максимальной или минимальной производительности.
- **вибрация и осевой сдвиг:** отображение текущих уровней вибрации и осевого сдвига ротора, которые являются ключевыми диагностическими параметрами механического состояния.

4.3. Диагностика и предиктивное обслуживание

Модуль предоставляет информацию, необходимую для перехода от планового к обслуживанию по состоянию.

1. Диагностические сообщения:

- система автоматически генерирует уведомления и тревоги при выходе ключевых параметров за установленные пределы или при обнаружении аномалий в работе. Например: «Высокая вибрация подшипника №1», «Низкая эффективность компрессора», «Приближение к границе помпажа».
- все сообщения отображаются в журнале событий и на мнемосхемах, привлекая внимание оператора.

2. Предиктивные показатели:

- на основе данных, обрабатываемых модулем **WisePredictiveAnalytics**, могут отображаться прогнозные значения:
 - **прогноз времени до отказа:** оценка времени, оставшегося до возможного отказа критически важного узла (например, подшипника).
 - **оценка остаточного ресурса:** прогноз оставшегося срока службы оборудования до необходимости проведения капитального ремонта.

3. Анализ исторических данных:

- используя тренды и отчеты, инженеры могут анализировать исторические данные для выявления долгосрочных тенденций деградации оборудования, например, постепенного роста вибрации или снижения эффективности. Эта информация используется для планирования технического обслуживания и ремонта (ТОиР).

5 ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЁТОВ

Модуль «Интегрированное управление турбокомпрессорным оборудованием» предоставляет инструменты для автоматической и ручной генерации отчётов о работе оборудования. Отчёты являются важным инструментом для анализа эффективности, планирования технического обслуживания и документирования технологических событий.

Типы отчётов

В системе доступны следующие основные типы отчётов:

- **суточный/сменный отчёт:** содержит сводную информацию о работе компрессорного агрегата за прошедшие сутки или смену. Включает средние, минимальные и максимальные значения ключевых параметров, количество срабатываний защит, время работы в различных режимах.
- **отчёт о событии:** формируется автоматически при срабатывании значимого события (например, срабатывание антипомпажной защиты, аварийный останов). Отчёт содержит тренды ключевых параметров за период до и после события для детального анализа причин.
- **отчёт по эффективности:** содержит рассчитанные показатели эффективности (КПД, удельное энергопотребление) за выбранный период времени, что позволяет оценивать экономичность работы оборудования.
- **отчёт по состоянию:** включает в себя диагностическую информацию, тренды по вибрации и другим параметрам, характеризующим техническое состояние агрегата.

Экспорт данных

Любой сформированный отчёт, а также данные с трендов или таблиц, можно экспортировать для дальнейшего анализа или хранения.

- Нажмите кнопку «**Экспорт**».
- Выберите требуемый формат файла: **PDF** для готового документа или **Excel (CSV)** для табличных данных.