

Datana APC

Руководство пользователя

Содержание

1. О решении Datana APC.....	3
2. Термины и сокращения.....	3
3. Порядок работы в системе Datana APC	4
4. Начало работы в системе Datana APC	5
4.1 Загрузка файла модели	5
4.2 Интерфейс Datana APC	5
5. Настройка контроллера	6
6. Настройка симулятора	8
7. Настройка параметров переменных	11
7.1 Параметры в разделе Основные	12
7.2 Параметры в разделе Инженерные	13
7.3 Настройка отображения параметров	14
8. Выбор задачи Управление/Оптимизация	16
9. Запуск и остановка контроллера	17
9.1 Запуск контроллера.....	17
9.2 Остановка контроллера	18
10. Работа со вкладкой Модель	19
11. Выгрузка результатов работы контроллера	20
12. Экспорт контроллера	20
13. Закрытие контроллера	21

1. О решении Datana APC

Datana APC – решение, предназначенное для разработки и внедрения решений класса APC.

Решение имеет в основе многопараметрический контроллер (МРС), состоящий из двух частей:

- Прогнозирующая модель процесса (ПМП) – позволяет спрогнозировать поведение системы при тех или иных управляющих воздействиях; спрогнозировать факторы, влияющие на экономику; оценить соблюдение требований технологии и безопасности. Для прогноза используется упрощенная динамическая модель процесса (описывается системой линейных дифференциальных уравнений).

- Оптимизаторы – позволяют с использованием ПМП рассчитать оптимальные управляющие воздействия с учетом ограничений в системе и целей оптимизации.

Преимущества решения Datana APC:

- Быстрая оптимизация даже при большом количестве связанных переменных.

- Независимость от типа производственной установки.

- Возможность быстрой и дешевой реализации проектов на базе решения исключает потребность разработки с нуля.

- Возможность работы в условиях возмущений в данных или неточной прогнозной модели за счет дополнительных техник отделения содержательных данных от шумов и корректировки управления.

Продукт позволяет адаптировать встроенный математический аппарат для широкого класса промышленных установок на производствах непрерывного цикла в химической, горнообогатительной промышленности, предприятиях нефтепереработки и нефтехимии.

2. Термины и сокращения

Система усовершенствованного управления технологическим процессом (**Advanced Process Control, APC**) – надстройка над базовой АСУТП/PCУ, которая

позволяет обеспечить непрерывный прогноз показателей процесса и управление параметрами системы/объекта в автоматическом режиме.

Объект управления (ОУ) – объект, подключенный к системе в качестве источника данных (например, технологическая установка), для которого решается задача управления или оптимизации. В качестве ОУ может использоваться симулятор.

Симулятор – встроенная модель, имитирующая реальный ОУ, например, управляемую установку.

Многопараметрический контроллер (Model Predicted/Process Control, MPC) – виртуальное устройство, которое получает данные о текущем состоянии ОУ и на их основе решает задачу управления или оптимизации.

Задача управления (ЗУ) – задача целенаправленного воздействия на ОУ, чтобы перевести его в некоторое требуемое состояние.

Задача оптимизации (ЗО) – задача поиска оптимальных значений выходных параметров ОУ с учетом заданных критериев и ограничений.

Управляемые переменные (Manipulated Variables, MV) – переменные, значения которых вычисляет система.

Контролируемые переменные (Controlled Variables, CV) – переменные, значения которых система контролирует через влияние на MV.

Наблюдаемые переменные (Disturbance Variable, DV) – переменные, влияющие на результат, но не доступные системе для изменения.

3. Порядок работы в системе Datana APC

Порядок работы в системе Datana APC включает следующие шаги:

1. [Загрузите в систему файл модели](#) – специальный файл, подготовленный с помощью библиотеки MPC.
2. Выполните [настройку контроллера](#).
3. Если в качестве источника данных используется симулятор, выполните [настройку симулятора](#).
4. Запустите контроллер для решения [задачи управления](#).
5. Когда задача управления решена, вы можете решить [задачу оптимизации](#).

6. Если требуется, [выгрузите результаты работы контроллера](#) или [экспортируйте контроллер](#).

4. Начало работы в системе Datana APC

4.1 Загрузка файла модели

Для начала работы в Datana APC необходимо загрузить в систему файл модели – специальный файл, подготовленный с помощью библиотеки MPC, либо файл контроллера – json-файл состояния контроллера, сохраненный в рамках предыдущей сессии (см. [Экспорт контроллера](#)).

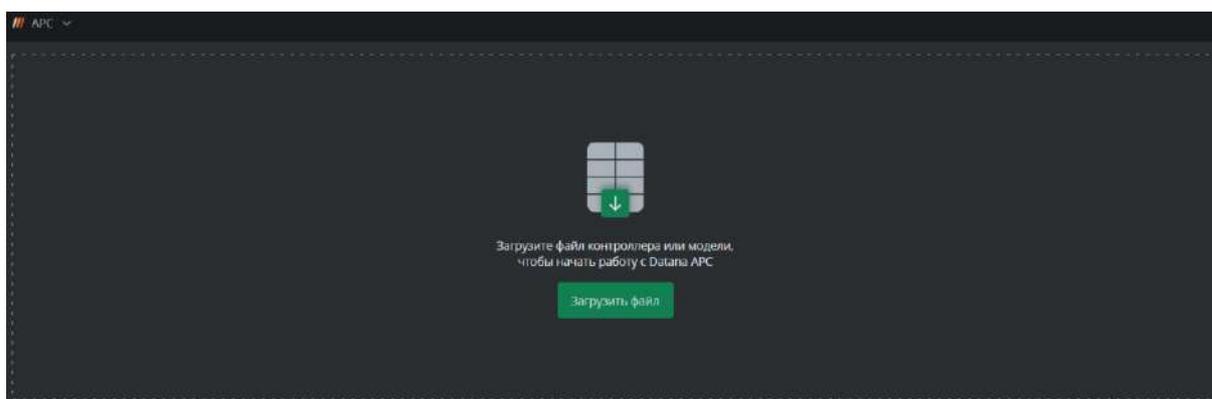


Рисунок 1 – Форма загрузки файла модели

Из файла модели система получает следующие данные:

- список переменных CV, MV и DV с некоторыми их параметрами;
- динамическая модель, описывающая изменения CV при изменении MV+DV.

После успешной загрузки файла модели будет доступен основной интерфейс системы с возможностями настройки параметров контроллера и симулятора.

4.2 Интерфейс Datana APC

Интерфейс Datana APC с обозначением элементов представлен на рисунке ниже:

The screenshot shows the Datana APC interface with several elements highlighted by yellow boxes and numbered 1 through 8. At the top, there are tabs for 'Основные' (1) and 'Инженерные'. Below these are three variable tabs: 'CV' (2), 'MV' (3), and 'DV'. A 'Модель' tab (4) is also present. On the right, there are buttons for 'Управление...' (5), 'Оптимизация' (6), and 'Остановить' (7). The main area contains a table with 11 columns: '№', 'Название', 'Описание', 'Состояние', 'Статус', 'Тек. знач.', 'Прогн. знач.', 'Устан. знач.', 'Нижн. пред.', 'Верхн. пред.', and 'Уставка'. The table contains three rows of data.

№	Название	Описание	Состояние	Статус	Тек. знач.	Прогн. знач.	Устан. знач.	Нижн. пред.	Верхн. пред.	Уставка
1	TNK_35_120	Температура начала	ВКЛ	ВКЛ	30.599	30.512	30.011	30.000	32.000	-
2	TNK_35_180	Температура начала	ВКЛ	ВКЛ	38.479	38.513	38.000	38.000	40.000	-
3	BA_SHFLU_C5	Содержание C5 в Ш	ВКЛ	ВКЛ	3.401	3.400	3.500	3.400	3.500	-

Рисунок 2 – Элементы интерфейса Datana APC

Описание элементов интерфейса Datana APC:

1. **Разделы** с типами отображаемых параметров:

- **Основные** – раздел с основными параметрами.
- **Инженерные** – раздел с инженерными параметрами.

2. **Главное меню** – содержит функции настроек контроллера и симулятора, а также дополнительные опции.

3. **Вкладки переменных** – вкладки для отображения переменных **CV**, **MV** и **DV** соответственно. Переменные выбранной вкладки отображаются ниже в таблице (7).

4. **Модель** – вкладка с данными о модели.

5. **Статус контроллера** – отображается в режиме запущенного контроллера. Возможные значения: **Управление** – при решении задачи управления и **Оптимизация** – при решении задачи оптимизации.

6. **Оптимизация** – блок управления оптимизацией, позволяет включить/выключить функцию оптимизации.

7. **Запустить** – кнопка запуска контроллера.

8. **Таблица параметров** – отображает список параметров и их значений в зависимости от текущей вкладки переменной (3) и раздела (1).

5. Настройка контроллера

Перед запуском симуляции вы можете задать требуемые настройки для контроллера. Настройки контроллера находятся в главном меню, в группе **Настройки контроллера**.

Доступны следующие настройки контроллера:

- **Подключение** – тип источника данных. По умолчанию в системе используется **Симулятор**. Datana APC позволяет организовать подключение к реальному источнику данных, например, к производственной установке.

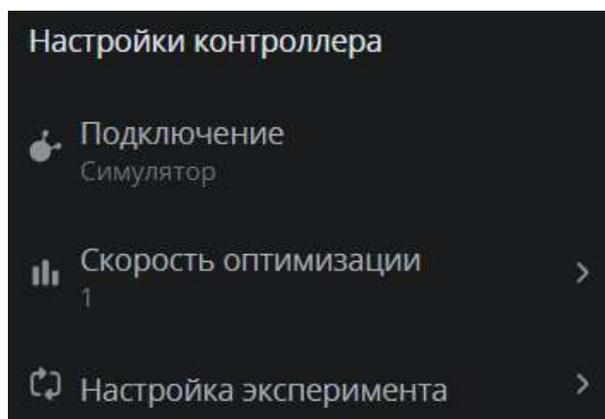


Рисунок 3 – Группа **Настройки контроллера**

- **Скорость оптимизации** – величина, характеризующая скорость приближения к оптимальному значению в режиме включенной оптимизации. Диапазон изменения: от **1** до **10**.

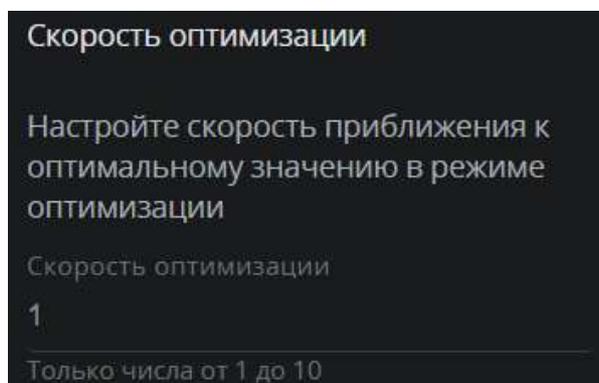


Рисунок 4 – Опция **Скорость оптимизации**

- **Настройка эксперимента** – набор настроек параметров эксперимента:
 - **Частота пересчета, такты** – частота, с которой требуется пересчитывать управляющие воздействия. Значение по умолчанию: **1** – пересчет выполняется на каждый такт. Такты могут быть увеличены для ускорения эксперимента.

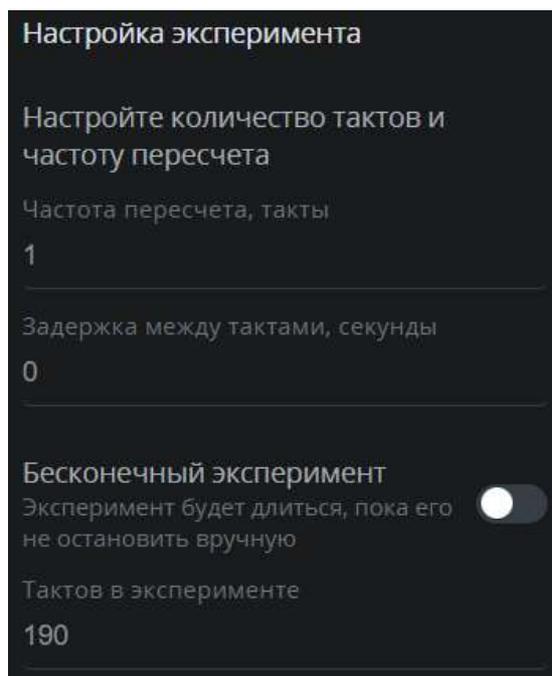


Рисунок 5 – Группа **Настройка эксперимента**

Примечание. Блок **Настройка эксперимента** и его опции доступны только в режиме подключения к симулятору.

- **Задержка между тактами, секунды** – позволяет управлять скоростью симуляции. Значение по умолчанию: **0** – нет влияния на скорость симуляции.
- **Бесконечный эксперимент** – опция управления режимом бесконечного эксперимента. При включенной опции эксперимент будет длиться до тех пор, пока он не будет остановлен инженером вручную. По умолчанию: **включен**.
- **Число тактов в эксперименте** – количество тактов, через которое контроллер должен остановиться после начала эксперимента. Настройка доступна только при выключенной опции **Бесконечный эксперимент**.

6. Настройка симулятора

Перед запуском симуляции вы можете задать требуемые настройки для симулятора. Настройки симулятора находятся в главном меню, в группе **Настройки симулятора**:

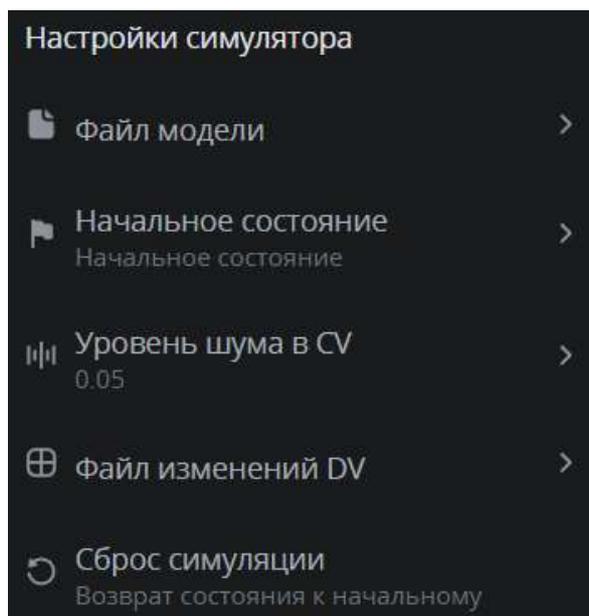


Рисунок 6 – Группа **Настройки симулятора**

Примечание. Блок **Настройка симулятора** и его опции доступны только в режиме подключения к симулятору.

Для симулятора доступны следующие настройки:

- **Файл модели** – выбор файла модели, которая будет использоваться в симуляторе. По умолчанию используется модель, встроенная в контроллер.

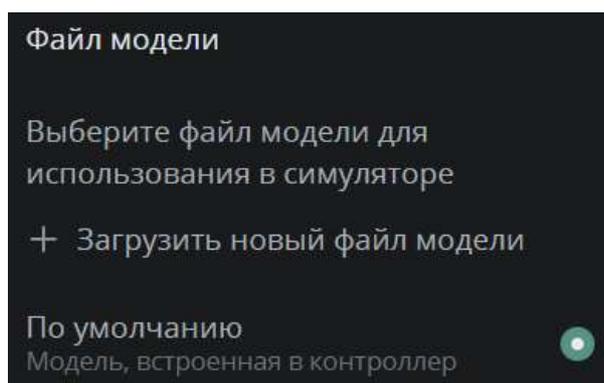


Рисунок 7 – Выбор файла модели

- **Начальное состояние** – вы можете задать начальные значения для каждого типа переменных CV, MV и DV на соответствующей вкладке. По умолчанию эти значения симулятор берет из файла модели.

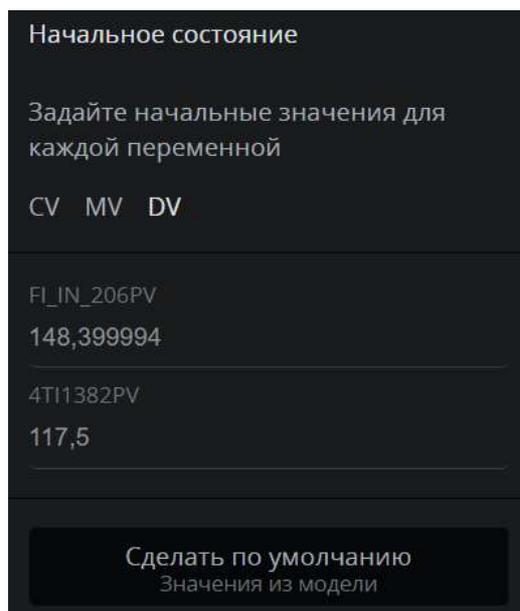


Рисунок 8 – Настройка начального состояния

- **Уровень шума в CV** – уровень шума в данных CV в ходе симуляции. Указывается в долях от типового диапазона изменения переменной, определенного при создании модели. Значение по умолчанию: **0,05**. Опция **Применить для DV** будет добавлять шум в данных DV.

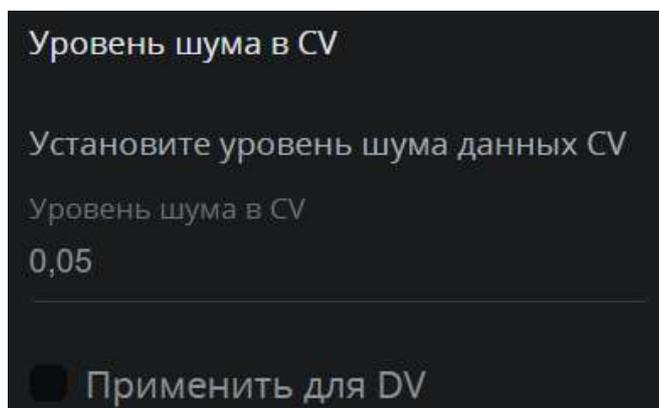


Рисунок 9 – Уровень шума в данных

- **Файл изменений DV** – выбор файла, в котором описаны изменения для переменных DV. По умолчанию симулятор берет начальные значения из файла модели.

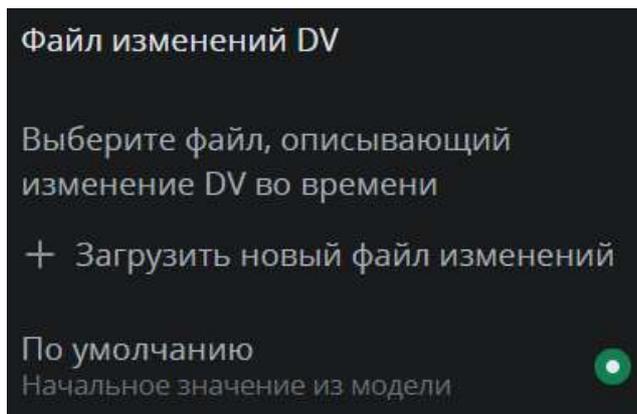


Рисунок 10 – Выбор файла изменений DV во времени

Файл изменений DV – это csv-файл, который содержит значения для DV. Если файл загружен, то симулятор будет брать значения DV из этого файла, по одному значению на такт. Это позволяет провести более реалистичную симуляцию. Пример содержимого файла изменений DV:

```
FI_IN_206/PV, 4TI1382/PV  
0, 148.5, 117.6  
1, 149.1, 118.2  
2, 149.6, 118.7
```

В первой строке файла указываются названия DV, а в последующих строках – номер строки и значения для каждой DV. Когда значения в файле закончатся, симулятор будет использовать последнее значение DV.

- **Сброс симуляции** – сброс данных симуляции с возвратом симулятора к начальному состоянию.

7. Настройка параметров переменных

Параметры переменных CV, MV и DV представлены в виде таблиц на соответствующих вкладках. Названия параметров переменных отличаются для выбранного раздела – **Основные** или **Инженерные**. В зависимости от параметра, значение для него может быть введено вручную пользователем, либо подобрано автоматически – из файла модели или рассчитано контроллером.

Примечание. В зависимости от текущей роли пользователя в системе, часть вкладок переменных и их параметры могут быть недоступны.

7.1 Параметры в разделе Основные

Описание параметров переменных на вкладках **CV**, **MV** и **DV** в разделе **Основные**:

Название параметра	Описание параметра	Ввод пользователем	Вкладки переменных
Название	Название переменной, которое берется из файла модели.	–	CV, MV, DV
Описание	Текстовое описание для переменной.	+	CV, MV, DV
Статус	Текущий статус поступления данных для переменной. Возможные значения: <ul style="list-style-type: none"> ВКЛ – данные для переменной поступают. ВЫКЛ – поступление данных для переменной выключено. Потеря данных – данные для переменной потеряны (нет сигнала от ОУ). 	–	CV, MV, DV
Тек. знач. (Текущее значение)	Последнее актуальное значение переменной, поступившее от ОУ.	–	CV, MV, DV
Шаг	Изменение между двумя последними значениями MV, отправленными в ОУ.	–	MV
Прогн. знач. (Прогнозное значение)	Прогнозируемое значение, к которому должна прийти система при включенном контроллере.	–	CV, MV
Устан. знач. (Установившееся значение)	Максимально близкое к целевым (пределам или уставке) значение, которое может быть достигнуто при решении задачи. При попадании этого значения в границы мягких пределов с некоторой точностью, контроллер запускает оптимизацию.	–	CV, MV
Нижн. пред. (Нижний предел)	Нижняя граница диапазона, в котором должно оказаться значение переменной. При вводе этого параметра значение для Уставки будет сброшено.	+	CV, MV

Верхн. пред. (Верхний предел)	Верхняя граница диапазона, в котором должно оказаться значение переменной. При вводе этого параметра значение для Уставки будет сброшено.	+	CV, MV
Уставка	Эталонное значение для переменной CV. При вводе этого параметра значения пределов Нижн. пред. и Верхн. пред. будут сброшены.	+	CV

7.2 Параметры в разделе Инженерные

Описание параметров переменных на вкладках **CV**, **MV** и **DV** в разделе **Инженерные**:

Название параметра	Описание параметра	Ввод пользователем	Вкладки переменных
Название	Название переменной, которое берется из файла модели.	-	CV, MV, DV
Описание	Текстовое описание для переменной.	+	CV, MV, DV
Нижн. инж. пред. (Нижний инженерный предел)	Нижняя и верхняя границы, определяющие диапазон для ввода пределов и уставки на вкладке Основные .	+	CV, MV
Верхн. инж. пред. (Верхний инженерный предел)			
Вес отклон. вверх (Вес отклонения вверх)	Коэффициент критичности нарушения целей по CV. Меньше коэффициент – меньше допустимое отклонение от цели и больше вероятность достижения цели для определенной CV в ущерб другим CV.	+	CV
Вес отклон. вниз (Вес отклонения вниз)			
Вес	Коэффициент гладкости изменения MV. Больше коэффициент – меньше приоритет использования MPC этой MV для управления.	+	MV
Коэф. замедления (Коэффициент замедления)	Скорость, с которой MPC будет приводить переменную к пределам и уставкам при решении задачи управления. Больше коэффициент –	+	CV

	медленнее решается задача управления контроллером.		
Чувствит. к ошибке (Чувствительность к ошибке)	Величина, характеризующая выход за границы мягких пределов. Определяет точность, с которой Устан. знач. должно попасть в суженные пределы. Имеет смысл только при включенной оптимизации.	+	CV
Козф. лин. оптим. (Кoeffициент линейной оптимизации)	Величина активности, с которой требуется минимизировать (положительное значение), либо максимизировать (отрицательное значение) переменную при оптимизации. Имеет смысл только при включенной оптимизации.	+	CV, MV
Козф. квадр. оптим. (Кoeffициент квадратичной оптимизации)	Величина активности, с которой требуется приближаться к оптимальному значению при оптимизации. Используется только при включенной оптимизации.	+	CV, MV
Цель	Целевое значение для переменной при квадратичной оптимизации. Используется только при включенной оптимизации.	+	CV, MV
Мягкий нижн. пред. (Мягкий нижний предел)	Нижняя и верхняя границы, в пределах которых MPC будет подбирать оптимальные цели при решении ЗО, отступы внутрь (суженные пределы) от границ пределов в разделе Основные . Используются только при включенной оптимизации.	+	CV, MV
Мягкий верхн. пред. (Мягкий верхний предел)			

7.3 Настройка отображения параметров

Вы можете настроить отображение для параметров переменных – изменить порядок и скрыть ненужные. Чтобы настроить отображение параметров:

1. Выберите вкладку переменных, для которых требуется настроить отображение параметров и нажмите на значок шестеренки:

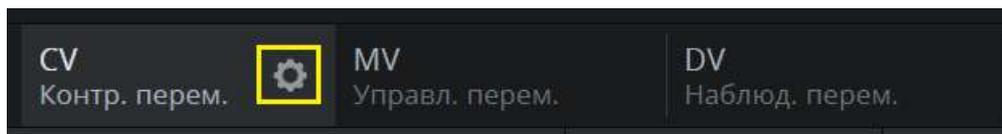


Рисунок 11 – Опция настройки отображения параметров

Откроется группа **Настройки колонок** для выбранной вкладки переменных:

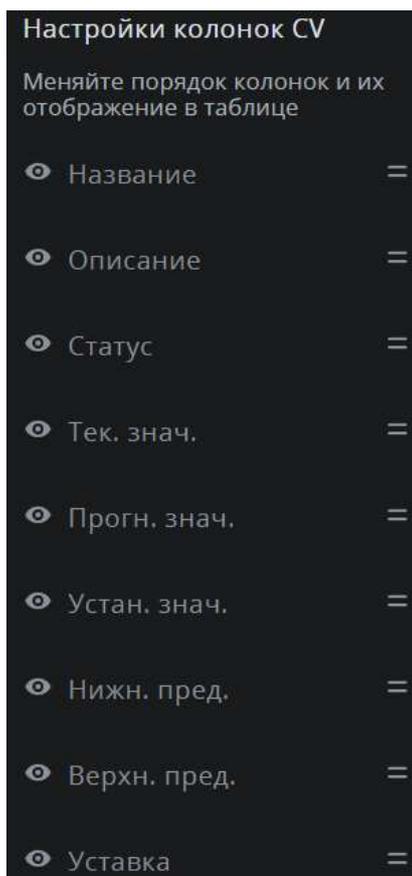


Рисунок 12 – Настройки колонок параметров переменных

2. Настройте отображение параметров:

- Чтобы скрыть/показать параметр, используйте кнопку , расположенную рядом с названием параметра. Видимые и скрытые параметры будут обозначены соответствующими пиктограммами:

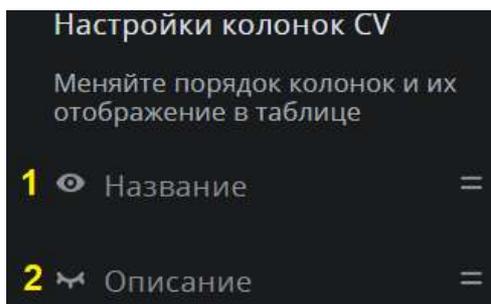


Рисунок 13 – Обозначение видимых (1) и скрытых (2) параметров

- Для изменения порядка отображения параметров захватите нужный параметр и переместите его на требуемую позицию в группе:

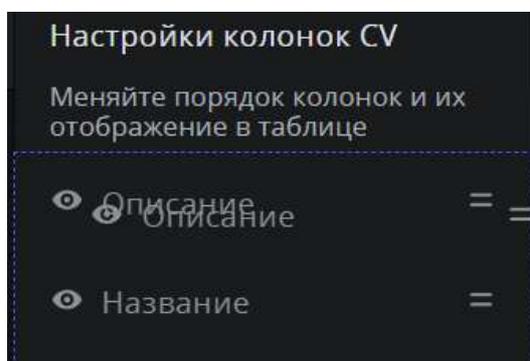


Рисунок 14 – Изменения порядка отображения параметров

8. Выбор задачи Управление/Оптимизация

После [настройки контроллера](#) и [параметров переменных](#) вы можете решить задачу управления, а затем – задачу оптимизации.

Задача управления (ЗУ) – оказать целенаправленное воздействие на объект управления (ОУ), чтобы перевести его в состояние, заданное верхними и нижними пределами, либо уставками.

Задача оптимизации (ЗО) – найти оптимальные значения выходных параметров ОУ с учетом заданных критериев и ограничений.

Выбор задачи, которую будет решать контроллер, выполняется с помощью блока **Оптимизация:**

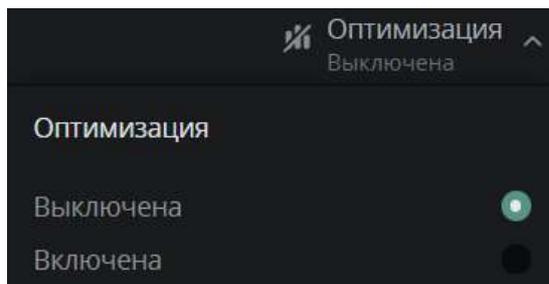


Рисунок 15 – Блок настройки оптимизации

При выключенной опции оптимизации после запуска контроллера будет решаться задача управления:

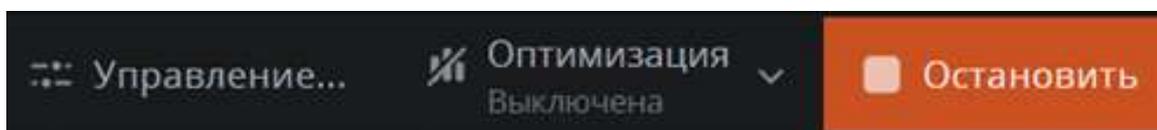
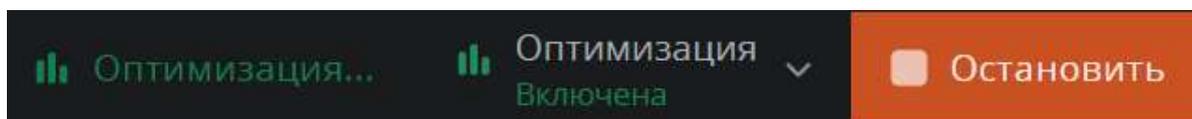


Рисунок 16 – Контроллер в режиме управления

При включенной опции – задача оптимизации:



Рисунок

17 – Контроллер в режиме оптимизации

Примечание. Решение задачи оптимизации возможно только после решения задачи управления, даже если опция **Оптимизация** принудительно включена.

9. Запуск и остановка контроллера

9.1 Запуск контроллера

Запуск контроллера выполняется кнопкой **Запустить**. После запуска контроллера рядом с блоком оптимизации появится тип решаемой задачи и станет доступна кнопка **Остановить** (см. рис. 16, 17).

В процессе работы контроллера доступны следующие возможности:

- Наблюдение за поведением объекта управления и работой контроллера: в разделе **Основные**, на вкладках переменных **CV**, **MV** и **DV** обновляются значения параметров, полученные от ОУ и рассчитанные контроллером:

№	Название	Описание	Статус	Тек. знач.	Прогн. знач.	Нижн. пред.	Верхн. пред.	Уставка
1	TNK_35_120	Температура нач. кипения фракции 35-120	ВКЛ	31.059	30.574	30.000	32.000	-
2	TNK_35_180	Температура нач. кипения фракции 35-180	ВКЛ	38.903	38.467	38.000	40.000	-
3	BA_SHFLU_C5	Содержание С5 в ШФЛУ с уст	ВКЛ	3.492	3.399	3.400	3.500	-
4	F_SFLLUPV	Расход ШФЛУ с уст	ВКЛ	12.838	12.628	12.000	12.600	-
5	RUG/PV	Расход ув. газа	ВКЛ	0.892	0.900	0.900	0.940	-
6	P_DIFF	Разница давлений PV-SV	ВКЛ	99.816	100.000	90.000	104.000	-

Рисунок 18 – Пример работы контроллера

- Изменение значений параметров CV, MV и DV, которые доступны для ввода пользователем. Некоторые параметры используются только при включенной оптимизации (см. раздел [Настройка параметров переменных](#)).

№	Название	Описание	Вес	Макс. шаг вниз	Макс. шаг вверх	Коеф. лин. оптим.	Коеф. квадрат. оптим.	Цель	Мягкий верхн. пред.	Мягкий нижн. пред.	Нижн. инж. пред.	Верхн. инж. пред.
1	P_UP206/SV	Задание по давлению верхн колонны	3,000	0,010	0,010	0,000	0,000	-	0,010	0,010	-	-
2	T_UP_206/SV	Задание по температуре верхн колонны	3,000	0,100	0,100	0,000	0,000	-	0,100	0,100	-	-
3	T_V_202A/SV	Задание по темп. паров на выходе X202A	3,000	0,020	0,020	0,000	0,000	-	0,100	0,100	-	-
4	T_V_202B/SV	Задание по темп. паров на выходе X202B	3,000	0,020	0,020	0,000	0,000	-	0,100	0,100	-	-
5	T_T41_206/SV	Задание по температуре на 41т колонны	3,000	0,100	0,100	0,000	0,000	-	0,100	0,100	-	-

Рисунок 19 – Список параметров в разделе **Инженерные** на примере MV

- Оценка полученных результатов решения задачи – насколько быстро и точно отработал контроллер. Если требуется, вы можете [выгрузить результаты работы контроллера](#) для возможности детального анализа в стороннем приложении или [экспортировать контроллер](#).

9.2 Остановка контроллера

При интеграции Datana APC с реальной установкой предполагается, что контроллер должен работать на протяжении всего технологического цикла. Он может быть остановлен принудительно только при нештатной ситуации, например, аварии.

При подключении к симулятору контроллер может быть отключен автоматически, если в блоке настроек эксперимента было задано конечное число тактов, либо вручную – кнопкой **Остановить**.

10. Работа со вкладкой Модель

На вкладке **Модель** отображаются графики зависимости CV от изменений MV и DV. Модель организована в виде таблицы, в ячейках которой располагаются графики связей:

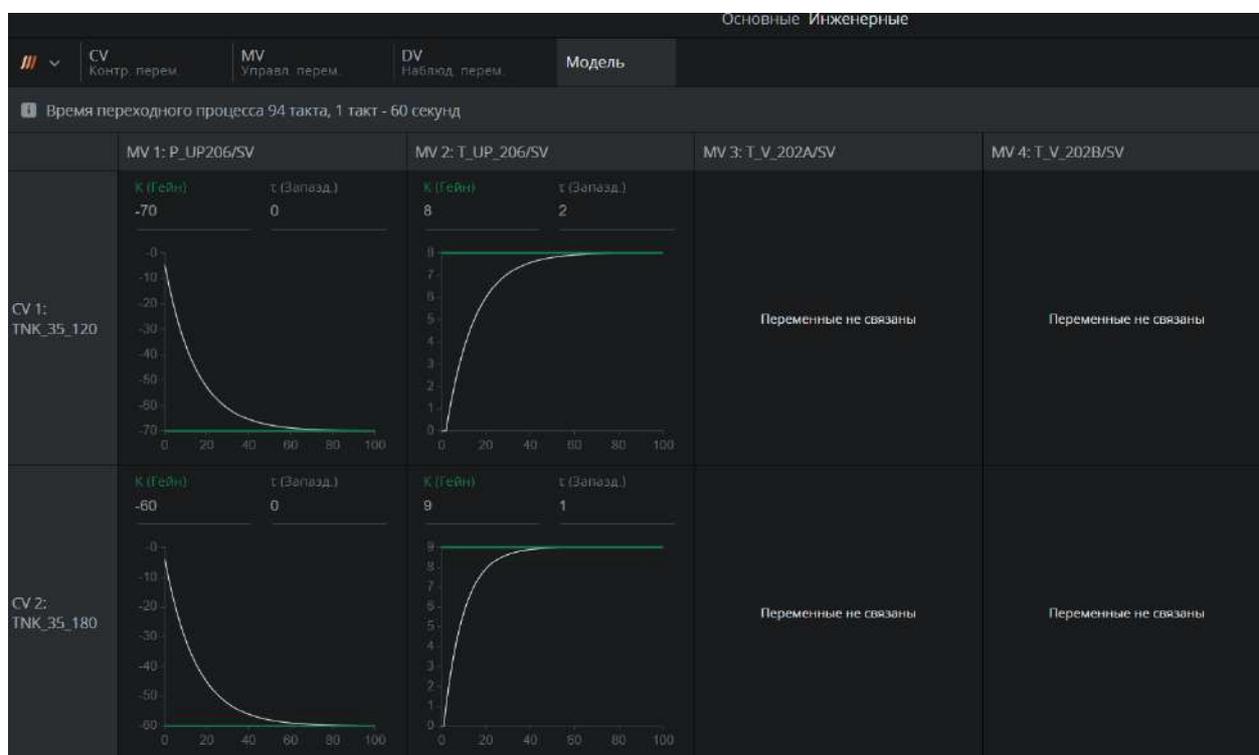


Рисунок 20 – Фрагмент области со вкладки **Модель**

Примечание. В зависимости от текущей роли пользователя в системе, вкладка **Модель** может быть недоступна.

Графики модели описывают влияние MV и DV на значение соответствующей CV: по оси абсцисс (строки) указываются значения CV, по оси ординат (столбцы) – значения MV и DV. Если переменные модели не связаны, вместо графика в ячейке выводится сообщение **Переменные не связаны**.

Для каждого графика вы можете указать значения для двух параметров в соответствующих полях:

- **K (Гейн)**, зеленая линия на графике – значение в асимптоте на графике, показывающее на сколько изменится значение CV при единичном изменении MV и DV. Измеряется в инженерных единицах. Значение по умолчанию берется из файла модели.
- **τ (Запазд.)**, белая линия на графике – тау-запаздывание, длина первого горизонтального участка на графике. Показывает, через какое время после изменения MV и DV произойдет первое изменение значения CV. Значение по умолчанию берется из файла модели.

11. Выгрузка результатов работы контроллера

Вы можете выгрузить результаты работы контроллера для детального анализа данных в стороннем приложении. Выгрузка результатов выполняется в формате **csv**. Чтобы выгрузить результаты работы контроллера:

1. В главном меню перейдите в группу **Прочее** и нажмите **Скачать историю**:

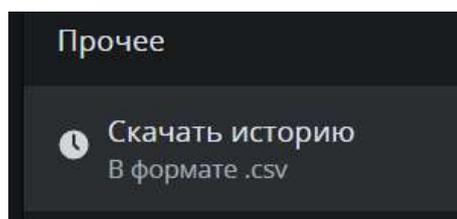


Рисунок 21 – Опция **Скачать историю**

2. Сохраните файл **history.csv** с результатами работы контроллера на устройство.

12. Экспорт контроллера

Вы можете сохранить значения параметров контроллера, чтобы использовать их в дальнейшем. Экспорт данных выполняется в формате **json**. Чтобы экспортировать контроллер:

1. В главном меню перейдите в группу Прочее и нажмите **Экспорт контроллера**:

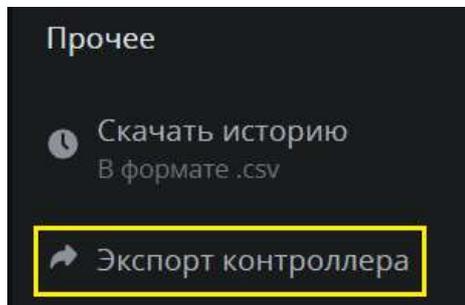


Рисунок 22 – Опция **Экспорт контроллера**

2. Сохранить json-файл с параметрами контроллера на устройство.

13. Заккрытие контроллера

Если с текущим файлом модели/контроллера больше не требуется работать, вы можете его закрыть. Для этого выполните следующие шаги:

1. Если контроллер запущен, остановите его кнопкой **Остановить**.
2. В главном меню выберите **Общее** → **Закреть контроллер** → **Закреть**.

Если требуется закрыть и экспортировать контроллер, выберите опцию **Экспортировать и закрыть**.

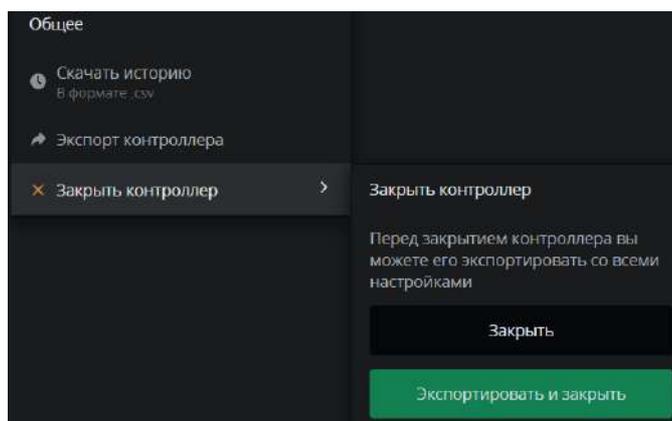


Рисунок 23 – Опция **Закреть контроллер**

3. Текущий файл контроллера будет закрыт, произойдет возврат к начальной форме выбора файла модели/контроллера.