



ООО АЭРОСИМ

Разработка ПО для технологического моделирования

РУКОВОДСТВО

по эксплуатации программы для ЭВМ

«ФЛОУСИМ»

г. Москва, 2025 г.

Оглавление

Введение.....	3
Установка и запуск программы ФЛОУСИМ (Flowsimpro)	3
Настройки программы и мультиязычная поддержка.....	4
Общий вид окна программы и элементы управления.....	9
Панель управления видами и работа с указателем мыши.....	11
Диалоговые окна оборудования и потоков	13
Управление единицами измерения	14
Настройки пакета веществ	15
Окно «Редактирование пакета».....	16
Уравнения состояния	18
Ускорение создания рабочей схемы.....	20
Моделирование технологической схемы	22
Создание и удаление связей	22
Базовые элементы.....	24

Введение

Программа ФЛОУСИМ (Flowsimpro) не требует установки и может быть запущена напрямую с USB-накопителя или после копирования на жёсткий либо сетевой диск. Это обеспечивает гибкость в развертывании и удобство использования на различных рабочих станциях.

Пользователь при необходимости может вручную создать ярлык на рабочем столе или закрепить ярлык на панели задач для более быстрого доступа к программе.

Установка и запуск программы ФЛОУСИМ (Flowsimpro)

ФЛОУСИМ (Flowsimpro) распространяется в трёх вариантах в зависимости от операционной системы:

Для **Windows** — в виде предварительно собранного дистрибутива (портативной папки), не требующего установки;

Для **Linux** (Redos, ALT) — в виде установочных пакетов .deb и .rpm.

Использование в Windows

Для пользователей Windows программа поставляется в виде готовой к запуску папки, не требующей установки.

Доступны два способа запуска:

- Непосредственно из архива (например, с USB-накопителя);
- После распаковки на жёсткий диск или в другую подходящую директорию.

Создание ярлыков и прикрепление на панель задач выполняется пользователем вручную в случае необходимости.

Установка в Linux

Для установки программы в дистрибутивах на базе Redos или ALT Linux используются стандартные пакетные менеджеры. В зависимости от формата установочного файла выполните одну из следующих команд:

- Redos:

```
sudo dnf install ./flowsim.deb
```

- ALT:

```
sudo rpm install ./flowsim.rpm
```

После установки программа будет размещена в системной директории:

```
/opt/Flowsim
```

Для удобного доступа ярлык можно добавить вручную в меню приложений или вынести на рабочий стол.

Конфигурационные данные

При первом запуске программа сохраняет пользовательские настройки, включая:

- выбранный язык интерфейса;
- имя текущего пользователя;
- список последних открытых проектов и файлов.

Пути хранения конфигурации:

Windows:

C:\Users\<Имя_пользователя>\AppData\Roaming\AeroSoft

Linux:

~/.config/flowsim/

Настройки программы и мультиязычная поддержка

Окно «Настройки»

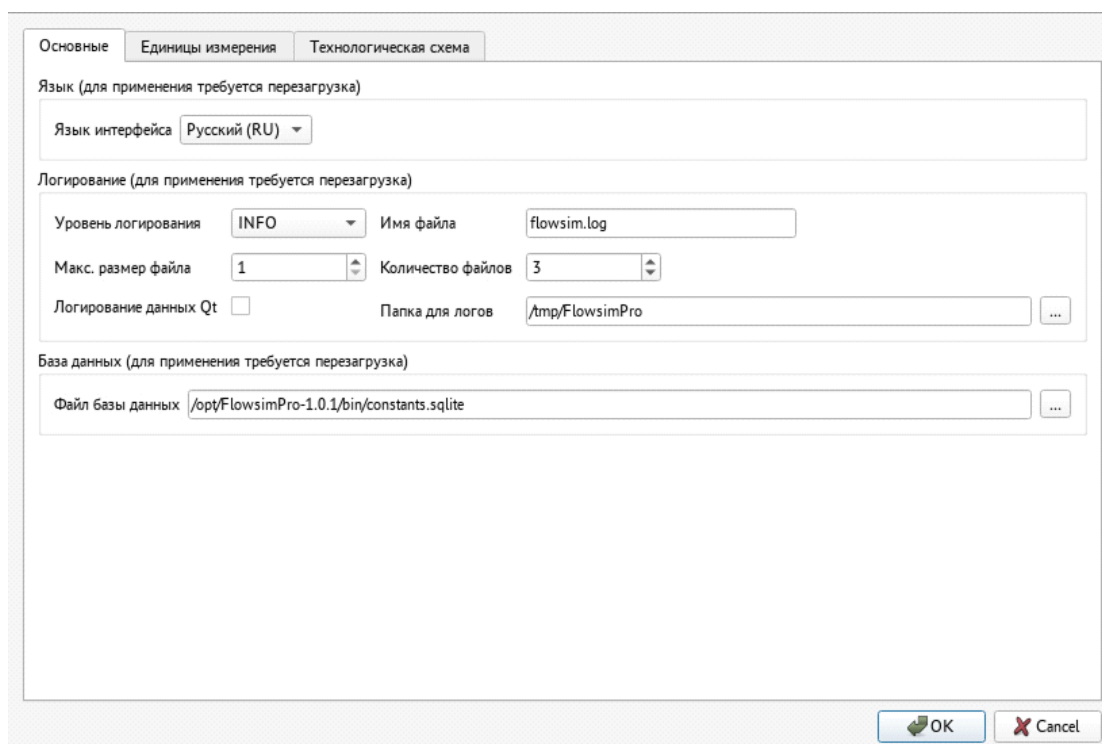


Рис. 1 Окно настройки

Окно «Настройки» предназначено для конфигурации интерфейса, поведения программы и параметров расчётов. Оно состоит из трёх вкладок:

- Основные — настройки языка, логирования и базы данных
- Единицы измерения — выбор физических единиц для расчётов
- Технологическая схема — параметры отображения рабочей области

Вкладка «Основные»

Язык интерфейса

Программа ФЛОУСИМ (Flowsimpro) поддерживает два языка интерфейса:

- Русский
- Английский

После выбора нового языка требуется перезапуск программы, чтобы изменения вступили в силу.

Логирование

Позволяет настроить параметры ведения логов для диагностики и отладки.

Уровень логирования

Тип: выпадающий список

Доступные уровни:

- Trace — максимально подробная запись всех операций. Рекомендуется при глубокой отладке.
- Info (по умолчанию) — стандартный режим, фиксируются основные события.
- Warning — записываются только предупреждения.
- Error — фиксируются только ошибки и критические сбои.

Максимальный размер лог-файла

Тип: числовое поле (в мегабайтах)

Значения:

По умолчанию: 1 МБ

Минимум: 1 МБ

Максимум: 2000 МБ

При достижении указанного размера создаётся новый файл.

Имя файла логов

Тип: текстовое поле

По умолчанию: flowsim.log

Позволяет задать имя основного лог-файла.

Количество лог-файлов

Тип: числовое поле

Значения:

По умолчанию: 1

Минимум: 1

Максимум: 99

Задаёт количество лог-файлов, хранящихся в рамках циклической ротации. При превышении лимита старые файлы удаляются.

Логирование Qt

Тип: чекбокс

По умолчанию: выключено

Включает запись сообщений, генерируемых графической библиотекой Qt. Используется при отладке интерфейса.

Папка для логов

Тип: поле выбора пути

По умолчанию (Windows):

C:\Temp\FlowsimPro

Позволяет задать путь к директории, в которую будут сохраняться лог-файлы.

Подключение базы данных

Назначение: указание файла базы данных, содержащего компоненты, физико-химические свойства, псевдокомпоненты и другую технологическую информацию.

Действия пользователя:

- Нажать кнопку выбора файла.
- Указать путь к базе данных.

Важно: для применения изменений необходимо перезапустить программу.

Вкладка «Единицы измерения»

Величина	Единица измерения	Формат	Число знаков	Минимум	Максимум	
Безразмерное значение		Инженерный	3	-1 000 000 000,000	1 000 000 000,000	...
Давление	Па	Инженерный	6	0,000000	1 000 000 000,000...	...
Диаметр	м	Инженерный	6	0,000000	1 000 000,000000	...
Динамическая вязкость	Па·с	Инженерный	6	0,000000	100,000000	...
Дипольный момент	Д	Инженерный	6	0,000000	100,000000	...
Длина	м	Инженерный	6	0,000000	1 000 000,000000	...
КПД		Инженерный	6	0,000000	1,000000	...
Кинематическая вязкость	м²/с	Инженерный	6	0,000000	1 000,000000	...
Коэффициент Джоуля-Томсона	К/Па	Инженерный	6	-1 000 000,000000	1 000 000,000000	...
Коэффициент термического ...	К⁻¹	Инженерный	6	-1 000 000,000000	1 000 000,000000	...
Массовая теплоемкость	Дж/(кг·К)	Инженерный	6	0,000000	1 000 000 000,000...	...
Массовая энергия	Дж/кг	Инженерный	6	-1 000 000 000,00...	1 000 000 000,000...	...
Массовая энтальпия	Дж/кг	Инженерный	6	-1 000 000 000,00...	1 000 000 000,000...	...
Массовая энтропия	Дж/(кг·К)	Инженерный	6	-1 000 000 000,00...	1 000 000 000,000...	...

OK Cancel

Рис. 2 Единицы измерения

Позволяет настроить отображение физических величин в интерфейсе и при расчётах. Это обеспечивает соответствие принятым на предприятии стандартам или личным предпочтениям пользователя.

- Все изменения применяются немедленно после выбора.
- Настройки сохраняются и будут использоваться при следующих запусках программы.

Вкладка «Технологическая схема»

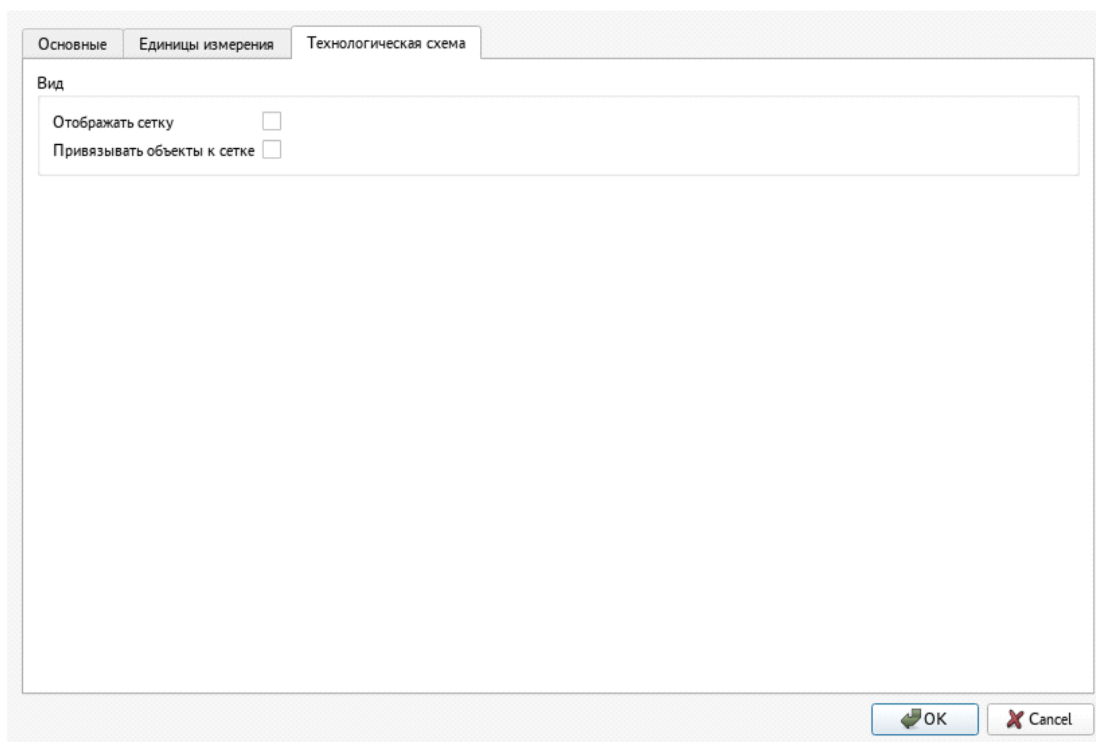


Рис. 3 Технологическая схема

Отвечает за настройку визуального представления схемы — рабочей области, в которой размещаются технологические элементы (аппараты, потоки, соединения и пр.).

Настройки данной вкладки не влияют на расчётные характеристики модели, а предназначены исключительно для повышения удобства работы.

Элементы вкладки:

1. Отображать сетку

Тип: чекбокс

По умолчанию: включено / отключено (уточняется в ПО)

Включает или отключает отображение вспомогательной сетки на фоне рабочей области.

2. Привязка объектов к сетке

Тип: чекбокс

По умолчанию: отключено / включено (уточняется в ПО)

Позволяет автоматически выравнивать элементы схемы по сетке при их перемещении или добавлении.

Общий вид окна программы и элементы управления

При запуске программы ФЛОУСИМ (Flowsimpro) создаётся одно основное окно, в рамках которого осуществляется работа с одним проектом (базой данных).

Основные элементы интерфейса

Ниже перечислены основные элементы окна программы (см. рисунок ниже — номера соответствуют подпунктам):

1. Главное меню
2. Панель управления
3. Дерево проекта
4. Окно сообщений
5. Панель создания оборудования и потоков
6. Рабочая область (технологическая схема)
7. Список пакетов свойств

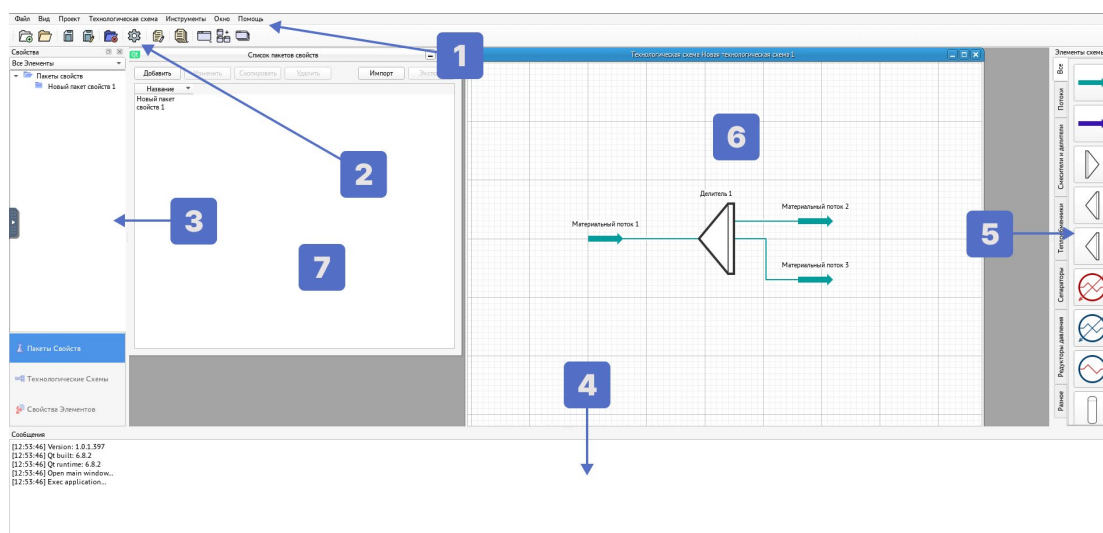


Рис. 4 Основные элементы интерфейса

Для отображения или скрытия панелей управления нажмите правой кнопкой мыши вне рабочей области и выберите нужный пункт из контекстного меню.

Главное меню

Главное меню находится в верхней части окна и содержит следующие разделы:

Файл

- Новый... — создание нового проекта
- Открыть... — открыть существующий проект
- Недавние — список ранее открывавшихся проектов

- Сохранить — сохранить текущий проект
- Сохранить как... — сохранить под другим именем
- Импорт... — импорт проекта, поддерживаемого Flowsim
- Экспорт... — экспорт текущего проекта для использования в стороннем ПО
- Заккрыть — закрытие текущего проекта
- Настройки — открытие окна настроек
- Выход — завершение работы с программой

Вид

Позволяет пользователю выбирать, какие окна и панели отображаются в интерфейсе.

Проект

Доступ к созданию и просмотру:

- пакетов свойств,
- технологической схемы.

Технологическая схема

Просмотр детальной информации о текущей технологической схеме.

Инструменты

Запуск встроенных редакторов:

- Редактор веществ,
- Редактор параметров взаимодействия.

Окно

Управление окнами, связанными с проектом:

- отображение всех окон,
- сортировка: плиткой или каскадом.

Помощь

Информация о версии установленного ПО и текущего сборочного билда.

Панель управления файлами

Панель управления содержит быстрые действия, дублирующие часть функционала главного меню:

- Новый проект
- Открыть проект
- Сохранить проект
- Сохранить как
- Заккрыть проект
- Настройки
- Редактор веществ
- Пакеты свойств
- Окна:
 - Плиткой
 - Каскадом

Расширение файлов

Стандартное расширение проекта Flowsim — .fprj

При сохранении проекта расширение будет добавлено автоматически, если пользователь не укажет его вручную.

Панель управления видами и работа с указателем мыши

Выделение и перемещение элементов

В базовом режиме взаимодействие с элементами технологической схемы осуществляется с помощью левой кнопки мыши:

- Одиночное нажатие — выбирает один элемент (оборудование или поток).
- Shift + ЛКМ — добавляет элемент к уже выделенным.
- ЛКМ + перемещение мыши — выделение всех объектов в прямоугольной области.
- Ctrl + ЛКМ + перемещение мыши — позволяет выделить несколько прямоугольных областей последовательно.
- Перетаскивание выделенных элементов — выполняется удержанием ЛКМ на любом из выбранных объектов.
- Нажатие ЛКМ на пустом месте — снимает текущее выделение.

Расцветка элементов и оповещения

Визуальные индикаторы на технологической схеме помогают быстро определить статус элементов:

- (поз. 1) — оборудование и потоки полностью заданы и успешно рассчитаны.
- (поз. 2) — текущий выбор пользователя, независимо от состояния элемента.
- (поз. 3) — расчёт завершился с ошибкой. Причина ошибки отображается в диалоговом окне соответствующего элемента.

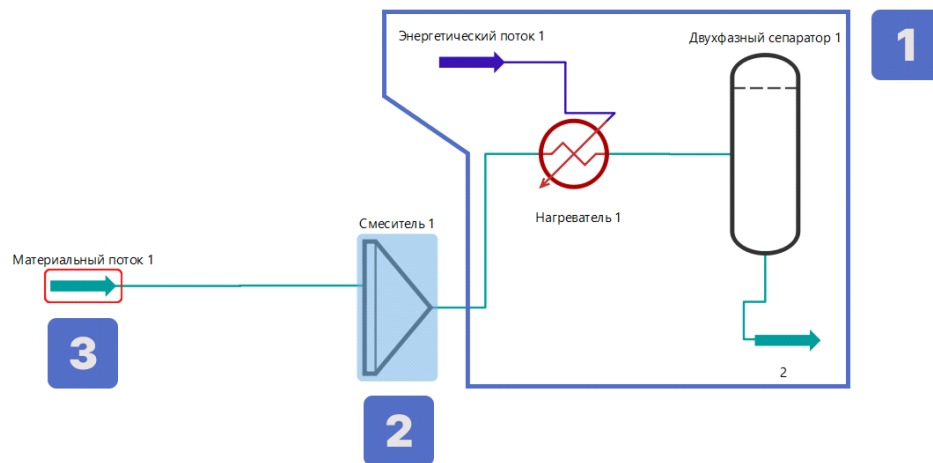


Рис. 5 Визуальные индикаторы

Цвет потоков

- Потоки энергии и их связующие линии — тёмно-фиолетовые.

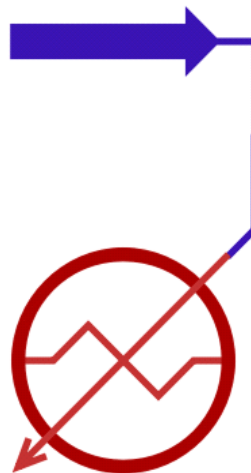


Рис. 6 Цвет потоков

- Материальные потоки и их связующие линии — бирюзовые.

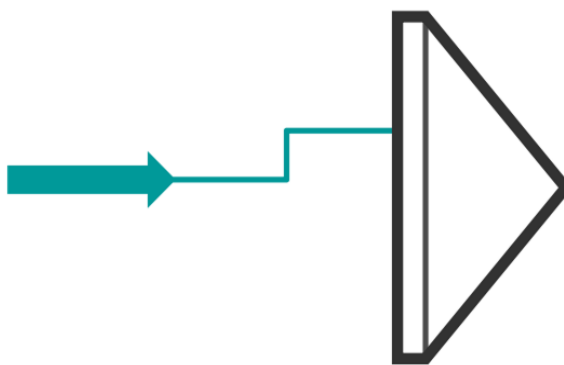


Рис. 7 Цвет потоков

Диалоговые окна оборудования и потоков

Открытие диалога

Двойной щелчок ЛКМ по элементу схемы (оборудование, материальный или энергетический поток) открывает диалоговое окно, предназначенное для:

- ввода и изменения параметров;
- отображения результатов расчёта.

Структура диалогов

- Все диалоги содержат кнопку «Заккрыть».
- Диалоги могут содержать несколько вкладок — их состав зависит от типа выбранного элемента.
- При открытии диалога автоматически выбираются единицы измерения по умолчанию (например, °С, кг/ч и т.д.).

Поведение при редактировании

- данные проверяются на корректность;
- при успешной проверке сохраняются в базе данных и запускается перерасчёт;
- при ошибках внизу диалога появляется красное сообщение об ошибке, окно остаётся открытым.

При отмене — введённые данные не сохраняются и изменения не применяются.

Пример: диалог материального потока (рис. 8)

Содержит следующие вкладки:

1. Общие

Название элемента;

Комментарий.

Эти поля присутствуют у всех элементов схемы.

2. Состав

Перечень веществ, входящих в пакет свойств;

Настройки отображения состава:

Мольная доля;

Массовая доля;

Возможность нормировать, выравнивать и очистить данные.

3. Свойства

Отображение всех рассчитанных параметров по веществам, входящим в состав потока.

Смесь	
Название	Материальный поток 1
Комментарий	
Пакет свойств	Пусто
Давление (Па)	100 000,000000
Температура (К)	273,150000
Массовая доля	
Массовый расход (кг/с)	
Массовая энтропия (Дж/(кг·К))	
Массовая энтальпия (Дж/кг)	
Мольная доля	
Молярный расход (моль/с)	
Молярная энтропия (Дж/(моль·К))	
Молярная энтальпия (Дж/моль)	
Объемная доля	

Не задан пакет свойств
Расход (Массовый/Молярный/Объемный) не указан пользователем (могут отображаться значения предыдущего ра.
Не указан состав

Close

Рис. 8 Диалог материального потока

Управление единицами измерения

Для изменения систем единиц в программе ФЛОУСИМ (Flowsimpro) необходимо:

1. Перейти в раздел «Настройки» на панели управления.
 2. В открывшемся диалоговом окне выбрать вкладку «Единицы измерения».
- В данной вкладке будет представлен список доступных единиц измерения.

Примечание:

Каждая база данных хранит собственную конфигурацию систем единиц по умолчанию. Эти значения используются при открытии диалогов оборудования.

Диалоговое окно позволяет изменять используемые системы единиц как в рамках текущего проекта, так и на уровне системных настроек по умолчанию.

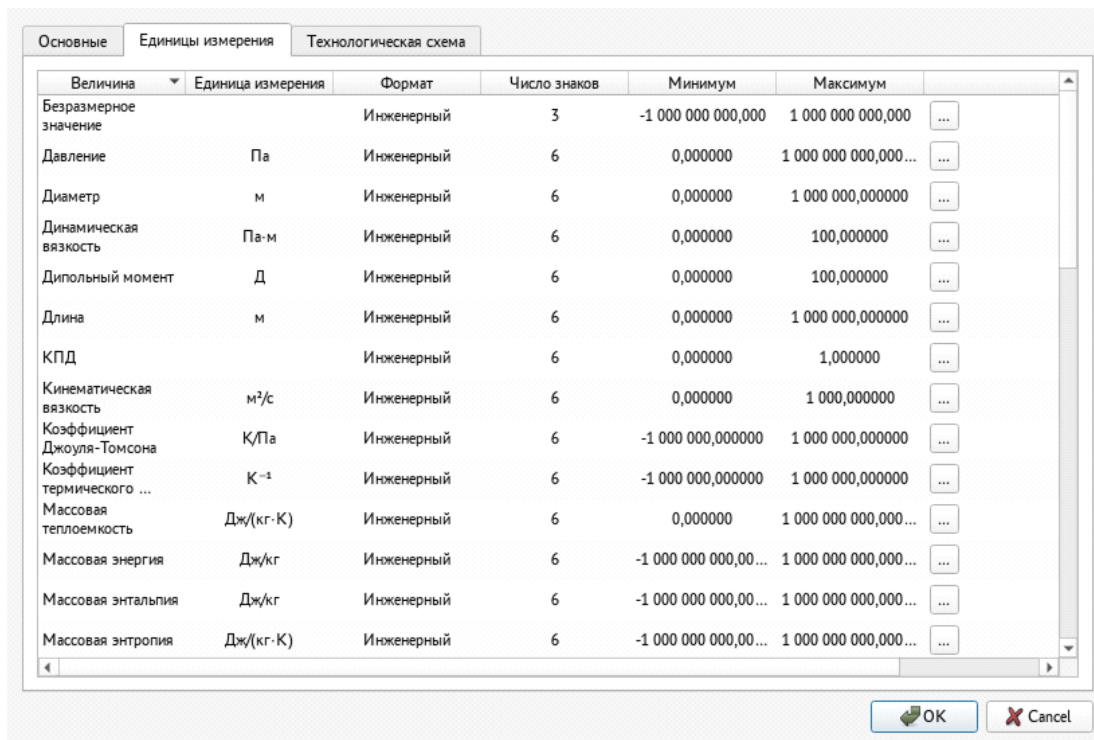


Рис. 9 Вкладка «Единицы измерения»

Настройки пакета веществ

Вызов редактора пакета веществ

Окно «Редактор пакета» можно открыть только в том случае, если в проекте уже существует хотя бы один пакет свойств. Если пакет отсутствует, его необходимо создать:

- через дерево проекта;
- либо через меню: Проект → Новый пакет свойств.

Рис. 10 Окно «Редактор пакета»

Окно «Редактирование пакета»

Окно содержит две вкладки:

- Основные
- Вещества

Вкладка «Основные»

Содержит три логических раздела с параметрами:

Уравнение состояния

- Тип уравнения: Peng-Robinson, Redlich-Kwong, Идеальный газ
- Альфа-функция: Twu, Soave, Boston-Mathias, Stryjek-Vera
- Справочник теплоёмкости: NasaWeb, Poling, Nasa, UnknownType, FlowsimPro
- Смещение объёма: Не используется, Константное, Температурно-зависимое
- Правило смешения: Ван-дер-Ваальса, Модифицированное Ван-дер-Ваальса, Гурона-Видаля 1/2, Вонга-Сэндлера
- Расчёт плотности жидкости: Уравнение состояния, Метод Rackett, Метод Costald
- Правило смешения плотности жидкости : Линейное, Rackett, Costald

Расчёт равновесия

- Тип равновесия: Пар, Жидкость, Пар–жидкость, Лёгкая жидкость–тяжёлая жидкость, и их комбинации с твёрдой фазой
- Модель: Однофазная
- Фугитивность пара: Идеальная, Уравнение состояния
- Фугитивность жидкости: Идеальная, Уравнение состояния

Транспортные свойства

- Поверхностное натяжение: Метод Брока-Бёрда, Цзо-Стэнби, Састри-Рао, API
- Динамическая вязкость: Корреляция, Теория трения, Теория свободного объёма
- Теплопроводность: Только «Корреляция»

Вкладка «Вещества»

На этой вкладке пользователь может настраивать состав пакета веществ:

- Добавлять новые компоненты;
- Редактировать существующие;
- Удалять компоненты;
- Задавать индивидуальные свойства веществ, если это необходимо.

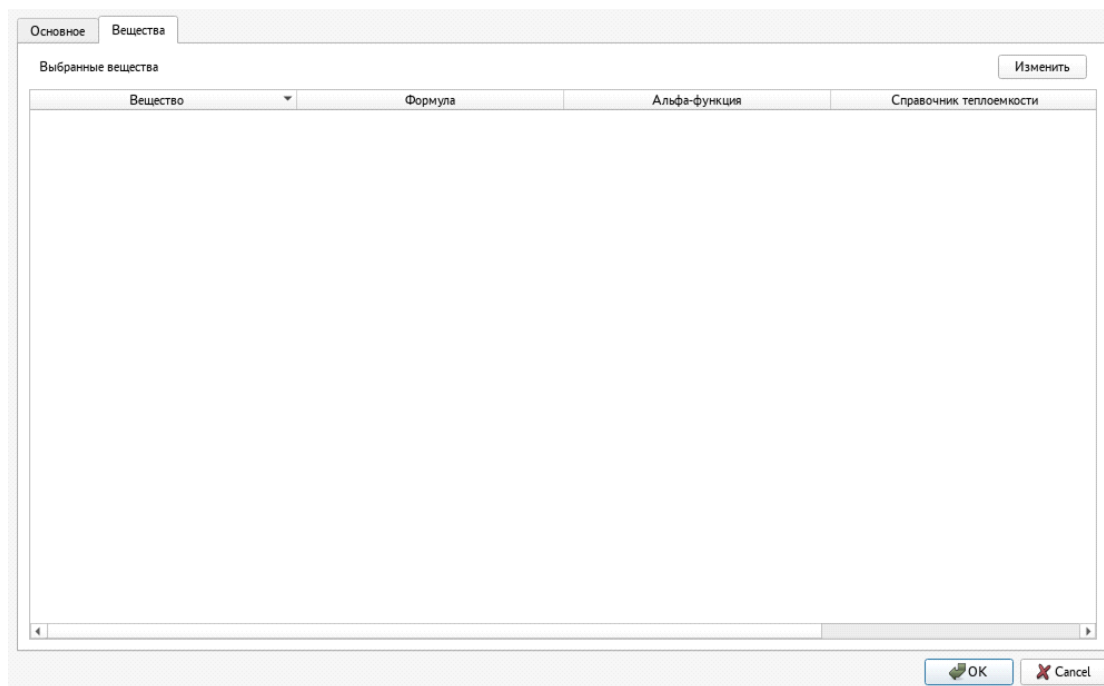


Рис. 11 Вкладка «Вещества»

Уравнения состояния

В программном обеспечении ФЛОУСИМ (Flowsimpro) реализована поддержка различных уравнений состояния, необходимых для моделирования термодинамических свойств веществ.

Выбор уравнения состояния

Выбор уравнения состояния осуществляется в диалоговом окне «Редактор пакета», на вкладке «Основное». Пользователю доступны следующие варианты:

- Peng–Robinson
- Redlich–Kwong
- Идеальный газ

Каждое уравнение состояния используется в рамках своей области применимости и выбирается в зависимости от задач моделирования.

Пример уравнения Peng–Robinson в стандартной форме:

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V(V+b) + b(V-b)}$$

$$a = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^c y_i y_j a_{ij}$$

$$b = \sum_{i=1}^c y_i b_i$$

$$a_{ij} = (1 - k_{ij}) \sqrt{a_i a_j}$$

$$a_i = \frac{\Omega_a R^2 T_{ci}^2}{P_{ci}} \cdot \alpha_i(T)$$

$$b_i = \frac{\Omega_b R T_{ci}}{P_{ci}}$$

$$\Omega_a = 0.45724$$

$$\Omega_b = 0.07880$$

$$\alpha_i(T) = \left(1 + (0.37464 + 1.54226\omega_i - 0.26992\omega_i^2) (1 - \sqrt{T_{ri}}) \right)^2$$

Уравнение состояния Соаве-Редлиха-Квонга:

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V(V + b)}$$

$$a = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^c y_i y_j a_{ij}$$

$$b = \sum_{i=1}^c y_i b_i$$

$$a_{ij} = (1 - k_{ij}) \sqrt{a_i a_j}$$

$$a_i = \frac{\Omega_a R^2 T_{ci}^2}{P_{ci}} \cdot \alpha_i(T)$$

$$b_i = \frac{\Omega_b R T_{ci}}{P_{ci}}$$

$$\Omega_a = 0.42748$$

$$\Omega_b = 0.08664$$

$$\alpha_i(T) = \left(1 + (0.480 + 1.574\omega_i - 0.176\omega_i^2) (1 - \sqrt{T_{ri}}) \right)^2$$

Альфа-функция

Для моделей Peng–Robinson и Redlich–Kwong в Flowsim предусмотрена возможность выбора альфа-функции. Эта настройка осуществляется в разделе «Альфа-функция по умолчанию» в том же окне «Редактор пакета».

Доступны следующие альфа-функции:

- **Twu**
- **Soave**
- **Boston–Mathias**

- Stryjek–Vera

Выбор альфа-функции влияет на точность описания фазовых равновесий. Пользователь может экспериментировать с различными функциями в зависимости от состава и поведения смеси.

Для уравнения состояния Идеального газа выбор альфа-функции недоступен.

Правило смешения

Дополнительно, в редакторе пакета доступен выбор правила смешения, которое применяется для расчета параметров смеси на основе свойств чистых компонентов.

Доступные варианты:

- Правило Ван-дер-Ваальса**
- Модифицированное правило Ван-дер-Ваальса**
- Модифицированное правило Гурона–Видаля 1**
- Модифицированное правило Гурона–Видаля 2**
- Правило Вонга–Сэндлера**

Выбор правила смешения позволяет адаптировать расчеты под различные типы смесей: от идеальных до сложных многофазных систем с нелинейным поведением.

Гибкость конфигурации

Flowsim предоставляет гибкий подход к созданию расчетных моделей: пользователь может сочетать различные уравнения состояния, альфа-функции и правила смешения в рамках одного расчетного пакета.

Примеры возможных комбинаций:

Peng–Robinson + Soave + Правило Вонга–Сэндлера

Redlich–Kwong + Twu + Модифицированное правило Гурона–Видаля 1

Такой подход дает пользователю возможность более точно подбирать модель под конкретные условия и свойства моделируемых веществ.

Ускорение создания рабочей схемы

Для повышения скорости и удобства построения технологической схемы в ФЛОУСИМ (Flowsimpro) рекомендуется использовать следующие сочетания клавиш и действий мыши:

- Левая кнопка мыши: Выделение объектов. Удерживание Shift — множественное выделение. Двойной клик — вызов диалога элемента. Перемещение схемы.
- Средняя кнопка мыши / колесо: Масштабирование схемы (приближение и отдаление).
- Правая кнопка мыши: Вызов свойств технологической схемы или отмена режима создания элементов.
- Shift при создании объектов: Быстрое добавление нескольких однотипных компонентов подряд.
- Esc: Выход из режима добавления элементов или создания связей.

Добавление компонентов на технологическую схему

Создание схемы в ФЛОУСИМ (Flowsimpro) включает добавление оборудования, потоков и других компонентов из встроенной библиотеки. Общий порядок действий:

1. Создание технологической схемы

Если технологическая схема ещё не создана:

- Перейдите в рабочую область схемы.
- Кликните правой кнопкой мыши по пустой области.
- В появившемся контекстном меню выберите пункт «Элементы схемы».
- Откроется окно библиотеки компонентов.

2. Работа с библиотекой элементов

Библиотека компонентов представлена в виде отдельного окна и содержит вкладки для навигации по категориям элементов. Примеры вкладок:

- Потоки
- Смесители и делители

(дополнительные категории могут отличаться в зависимости от версии ПО)

3. Добавление компонентов

Для размещения элемента на технологической схеме:

- Выберите нужный компонент в библиотеке.
- Перетащите его в рабочую область схемы с помощью мыши (drag-and-drop).
- После размещения вы можете:
 - Соединять компоненты между собой;

- Назначать параметры;
- Использовать элементы в расчётах.

Моделирование технологической схемы

Создание новой технологической схемы

Для начала моделирования необходимо создать новую технологическую схему:

1. Перейдите в меню Проект → Новая технологическая схема.
2. Откроется новое окно с пустой рабочей областью.

Добавление элементов на схему

1. Кликните правой кнопкой мыши (ПКМ) по пустой области схемы.
2. В появившемся контекстном меню выберите Элементы схемы.
3. Откроется окно библиотеки компонентов. Его можно переместить в удобное место на экране.
4. Для добавления элемента:
 - Выберите его в библиотеке.
 - Зажмите левую кнопку мыши (ЛКМ) и перетащите компонент на схему.
 - Элемент появится на схеме вместе с его названием.

Создание и удаление связей

Создание связей

Чтобы соединить элементы между собой:

1. Убедитесь, что оба компонента размещены на схеме.
2. Наведите курсор мыши на один из компонентов — появятся точки подключения.

Нагреватель 1

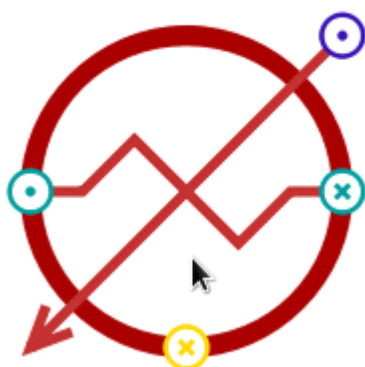


Рис. 12 Нагреватель

3. Кликните по одной из точек и, удерживая ЛКМ, протяните соединение до другого элемента.

4. На втором элементе также появятся точки подключения — отпустите кнопку на нужной точке.

(Механика подключения работает аналогично для всех типов элементов.)

Удаление связей

- Кликните по точке подключения на одном из связанных элементов.
- Связь будет удалена.

Копирование элементов

Любой элемент, часть схемы или вся схема может быть скопирована:

- В рамках текущего проекта;
- В другой проект (даже в другом окне ФЛОУСИМ (Flowsimpro)).

Способы копирования:

- Копировать: Ctrl + C или кнопка «Копировать»
- Вырезать: Ctrl + X или кнопка «Вырезать»
- Вставить: Ctrl + V или кнопка «Вставить»

Поворот оборудования

Любой компонент на схеме можно повернуть на нужный угол:

1. Удерживайте клавишу Shift.
2. Кликните и удерживайте ЛКМ на нужном элементе.
3. Поверните элемент, двигая мышь по часовой или против.

Удаление элементов

Удалить компонент можно двумя способами:

1. Выделите один или несколько элементов.
2. Выполните одно из действий:
 - Нажмите клавишу Delete;
 - Или нажмите ПКМ и выберите пункт Удалить в контекстном меню.

Базовые элементы

Материальный поток

Материальный поток



Рис. 13 Материальный поток

Материальный поток — это элемент технологической схемы, который описывает передачу вещества от одного оборудования к другому. Он содержит параметры, определяющие физико-химические свойства вещества, его состав, расход, давление и температуру. Материальные потоки участвуют в расчетах моделей и влияют на работу оборудования.

Открытие диалога

Для редактирования параметров материального потока:

- Дважды кликните по потоку левой кнопкой мыши (ЛКМ).
- Откроется диалоговое окно с параметрами.

(Поля, обязательные для заполнения, помечены красным текстом. Если они не заданы, расчет завершится ошибкой.)

Вкладки диалога

Диалог содержит три вкладки:

1. Общие

Здесь задаются ключевые параметры потока:

- Название
- Комментарий
- Пакет свойств
- Давление
- Температура
- Массовый расход
- Молярный расход
- Объемный расход

2. Состав

Выбор единиц: мольная доля / массовая доля

Функции: нормировать, выровнять, очистить состав

3. Свойства

Показаны расчетные характеристики потока:

- Молярная масса
- Молярный объем
- Плотность
- Прочие термодинамические параметры

Энергетический поток

Энергетический поток



Рис. 14 Энергетический поток

Энергетический поток используется для моделирования передачи энергии между элементами схемы, например, передачи тепла или работы. В отличие от материального потока, он не содержит вещества, а только энергетические характеристики.

Энергетические потоки применяются при расчетах теплообменников, компрессоров, турбин и других энергетических компонентов.

Смеситель



Рис. 15 Смеситель

Смеситель — компонент, объединяющий до 10 входящих материальных потоков в один выходной.

Особенности:

- Порядок потоков не влияет на результат.
- Потоки с нулевым расходом игнорируются.
- Давление на выходе определяется как минимальное из входящих.
- Если все входящие потоки равны нулю, используется давление первого активного потока.
- Выходной расход = сумма входных расходов.
- Температура на выходе рассчитывается по балансу энтальпии, с учетом давления.

Делитель



Рис. 16 Делитель

Делитель — элемент, позволяющий разбивать один входной поток на несколько выходных.

Характеристики:

- Количество выходов — до 10.
- Все выходные потоки наследуют состав, температуру и давление входного.
- Расход каждого выхода определяется коэффициентом разделения.
- Требуется минимум один положительный коэффициент, иначе возникает ошибка.
- Положительные коэффициенты нормируются автоматически до суммы 1.
- Отрицательные коэффициенты исключают поток из расчета.
- Порядок задания потоков — произвольный.

Компонентный делитель

Компонентный делитель



Рис. 17 Компонентный делитель

Компонентный делитель — элемент, предназначенный для разделения веществ внутри одного потока на основании их химического состава. В отличие от обычного делителя, он позволяет направлять различные компоненты вещества в разные потоки.

Применение:

- Позволяет выделить определенные вещества (например, водяной пар, кислород) в отдельные направления.
- Используется в моделировании процессов очистки, ректификации, фильтрации и других химико-технологических операций.

Нагреватель

Нагреватель



Рис. 18 Нагреватель

Нагреватель — элемент технологической схемы, предназначенный для увеличения температуры вещества за счёт подвода энергии. Имеет:

- Один входной материальный поток
- Один выходной материальный поток
- Один энергетический поток (подвод энергии)

Параметры:

Падение давления (по умолчанию = 0) задаётся в диалоге нагревателя. Отрицательное значение не допускается.

Режим задания:

По температуре — указывается температура выходного потока, энергия рассчитывается автоматически.

По энергии — задаётся энергия в энергетическом потоке, выходная температура определяется автоматически.

(Если заданная температура на выходе ниже входной, нагреватель переводится в состояние ошибки, появляется предупреждение.)

Холодильник

Холодильник



Рис. 19 Холодильник

Холодильник — элемент для понижения температуры вещества за счёт отвода энергии. Имеет:

- Один входной материальный поток
- Один выходной материальный поток

- Один энергетический поток (отвод энергии)

Параметры:

- Падение давления (по умолчанию = 0), задаётся в диалоге. Отрицательные значения запрещены.

- Режим задания:

- По температуре — задаётся температура на выходе, энергия рассчитывается.

- По энергии — задаётся отводимая энергия, температура выходного потока рассчитывается.

(Если заданная температура на выходе выше входной, холодильник переходит в состояние ошибки.)

Теплообменник

Теплообменник



Рис. 20 Теплообменник

Теплообменник — устройство для нагрева или охлаждения одного потока за счёт другого. Используется для теплообмена между двумя средами:

- Трубное пространство (вход и выход)
- Межтрубное пространство (вход и выход)

Режимы задания:

- Температура на выходе трубного пространства
 - Температура на выходе межтрубного пространства
 - Температурное сближение
 - UA — произведение коэффициента теплопередачи на площадь теплообмена
- (Только один параметр активен для редактирования, остальные отображаются как расчетные.)

Расчёты:

- При одной заданной температуре — вторая определяется по энергетическому балансу.
- При заданном температурном сближении:

- В противотоке — проверяются два варианта температурного распределения.
- В прямотоке — расчёт идёт итерационно.

- При заданном UA — выходные температуры определяются так, чтобы выполнялись два уравнения теплового баланса (формулы прилагаются отдельно).

Особые случаи:

- При большой разнице расходов возможно использование вырожденного уравнения:
- Прямоток: температуры выравниваются
- Противоток: выход одной среды = вход другой

Проверки и ошибки

- Выходные температуры должны находиться в пределах входных температур.
- Проверяется, что логарифмический средний температурный напор (LMTD) определён.
- При невозможности теплообмена — оборудование переводится в состояние ошибки.
- При перекрёсте температур (горячий выход $<$ холодного выхода, возможен только в противотоке) на схеме рисуется красная дуга между выходами.

Двухфазный сепаратор

Двухфазный сепаратор



Рис. 21 Двухфазный сепаратор

Двухфазный (внутритрубный) сепаратор имеет ту же математическую модель, что и обычный сепаратор. Главное отличие — один входной поток и изменённый внешний вид.

Трёхфазный сепаратор

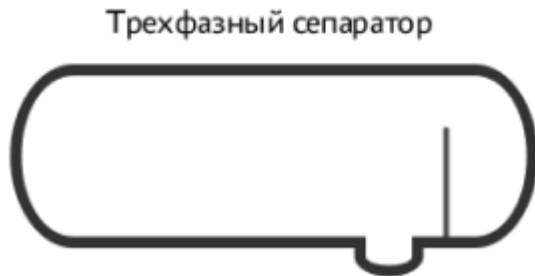


Рис. 22 Трёхфазный сепаратор

Сепаратор разделяет поток на газовую, жидкую и водную фазы. До сепарации к потоку применяется заданное падение давления. Допускается подключение до трёх входных потоков и одного энергетического потока для задания мощности нагрева или охлаждения.

Если включена коррекция объёма газа, моделируется ситуация накопления воды и жидкости внутри сепаратора, а выход газа увеличивается за счёт вытеснения.

Унос фаз:

- Жидкость и вода с газом — задаются отдельно.
- Газ с жидкостью — газ подаётся только на жидкостный выход. Унос рассчитывается по жидкой фазе.
- Вода с жидкостью — задаётся в виде доли, массового/объёмного расхода или их отношения к расходу жидкости.

Результаты расчёта отображают долю, абсолютные и относительные значения уносов. Если суммарный унос превышает расход соответствующей фазы, значения масштабируются, а оборудование переходит в состояние ошибки.

Компрессор



Рис. 23 Компрессор

Предназначен для повышения давления газовой смеси. Имеет:

- 1 входной поток
- 1 выходной поток
- 1 энергетический поток

Адиабатическая эффективность по умолчанию — 80%. Режимы задания:

- По мощности (энергетический поток)
- По давлению на выходе

Недопустимо наличие жидкой или водной фазы во входе. Также выходное давление должно быть выше входного, иначе — ошибка.

Детандер

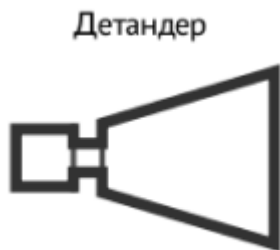


Рис. 24 Детандер

Используется для понижения давления газа. Имеет те же потоки, что и компрессор. Адиабатическая эффективность — 80%.

Режимы задания:

1. По мощности (энергетический отвод)
2. По давлению на выходе

Переход в ошибку происходит, если:

- На входе есть жидкая или водная фаза
- Задано выходное давление выше входного

Насос

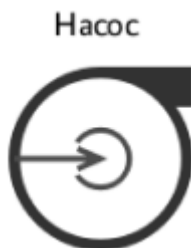


Рис. 25 Насос

Повышает давление жидкостного потока (жидкость + вода). Имеет:

- 1 входной поток
- 1 выходной поток
- 1 энергетический поток

Адиабатическая эффективность — 80%. Задание:

- По выходному давлению (энергия рассчитывается)
- По энергии (расчёт выходного давления)

Ошибка возникает, если:

- На входе есть газ
- Задано выходное давление ниже входного

Результаты:

- Изменение давления: $\Delta P = P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}}$
- Степень повышения давления: $(P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}}) / P_{\text{вх}}$
- Коэффициент напора: $(P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}}) / (\rho * g * Q)$, где:

ρ — плотность

g — ускорение свободного падения

Q — объёмный расход

Запуск расчёта схемы

Если все элементы настроены и подключены корректно, пользователь может запустить расчёт технологической схемы.

Сделать это можно следующим образом:

1. Открыть окно с технологической схемой.
2. Вызвать контекстное меню, кликнув в этом окне правой кнопкой мыши.
3. Выбрать пункт «Запустить расчёт».

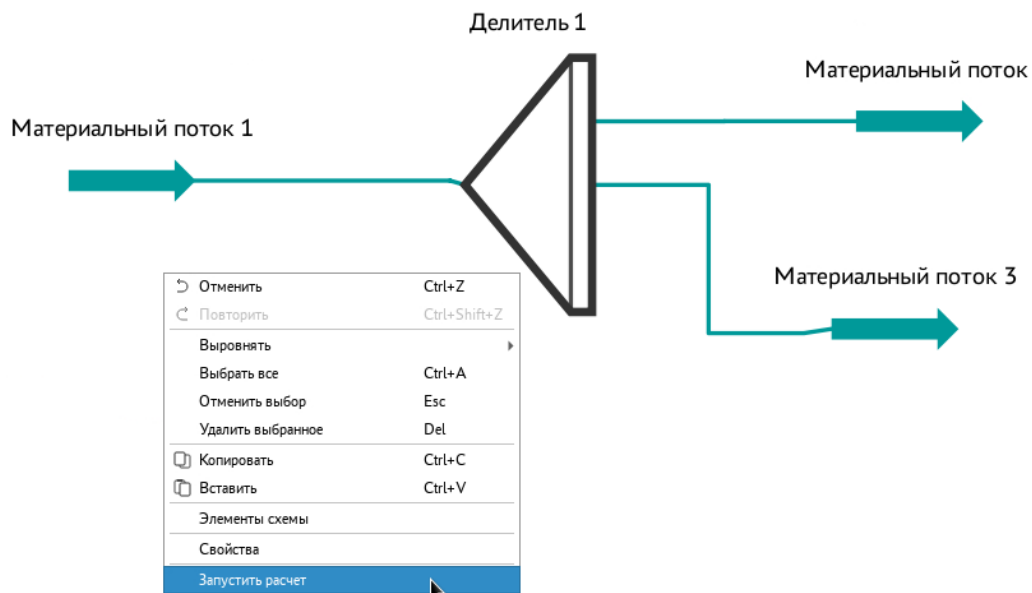


Рис. 26 Запуск расчёта схемы

При успешном выполнении расчёта в окне сообщений появится уведомление: «Расчёт диаграммы завершён».

Также пользователь может просмотреть матрицу, построенную Flowsim. Это можно сделать, заглянув в лог-файлы.

Редактор данных

Пользователь может изменять параметры веществ.

Для этого необходимо:

1. В меню Flowsim нажать Инструменты → Редактор данных → Вещества.

Основные параметры	Коэффициенты альфа-функции	Тепловые коэффициенты	Давление насыщения	Параметры уравнений состояния
Идентификаторы				
Группа	Алифатические амины	...	Формула	CH ₅ N
Название (Англ.)	Methanamine		Идентификатор CAS	74-89-5
Название (Рус.)	Метиламин		Формула юнифак	(CH ₃)(NH ₂)
Молярная масса	0,031058	кг/моль	SMILES	CN
Критическая точка				
Температура	430	К	Дипольный момент	1,3
Давление	7 420 000	Па	Ацентрический фактор	0,283
Объем	0,000125	м ³ /моль	Константа Рэккета	0,2589
Параметры стандартного состояния				
Температура	298,15	К	Энергия Гиббса	32 070
Давление	101 325	Па	Энтальпия	-22 970
			Энтропия	243,3
Нормальная точка кипения				
Температура	266,82	К	Энтальпия	5
Объем жидкости	0,00004734	м ³ /моль		
Точка плавления				
Температура	179,69	К	Энтальпия	6 134
Тройная точка				
Температура	179,69	К	Давление	176,712

Рис. 27 Редактор данных

2. В открывшемся окне отобразятся все вещества, содержащиеся в базе данных, которую пользователь добавил ранее.

3. Здесь можно:

- выбрать нужное вещество;
- изменить его параметры;
- создать и настроить собственную группу веществ.

Параметры взаимодействия

Пользователь может открыть окно, в котором отображаются прямые и обратные коэффициенты, а также выбрать необходимое уравнение состояния.

Для этого нужно:

- В меню ФЛОУСИМ (Flowsimpro) нажать Инструменты → Редактор данных → Параметры взаимодействия.

Список веществ 1					Список веществ 2				
Группа:					Группа:				
Поиск:					Поиск:				
Тип коэффициента					Уравнение состояния				
A0					Peng-Robinson				
Прямые коэффициенты					Обратные коэффициенты				
	1,2,3-Триметилбензол	1,2,4,5-Тетраметилбензол	1,2,4-Триметилбензол	1,2-Пропилен	1,3,5-Триметилбензол	1,3-Бутадие	1,4-Диметилбензол	1-Бутанол	
1,2,3-Триметилбензол	-	0,000135	0,000002	0,013400	0,000000	0,006340	0,000135	0,000000	
1,2,4,5-Тетраметилбензол	0,000135	-	0,000168	0,016200	0,000000	0,008300	0,000000	0,000000	
1,2,4-Триметилбензол	0,000002	0,000168	-	0,013100	0,000001	0,006120	0,000168	0,000000	
1,2-Пропилен	0,013400	0,016200	0,013100	-	0,013300	0,001340	0,016200	0,000000	
1,3,5-Триметилбензол	0,000000	0,000000	0,000001	0,013300	-	0,006240	0,000000	0,000000	
1,3-Бутадие	0,006340	0,008300	0,006120	0,001340	0,006240	-	0,008300	0,000000	
1,4-Диметилбензол	0,000135	0,000000	0,000168	0,016200	0,000000	0,008300	-	0,000000	
1-Бутанол	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	-	
1-Бутилен	0,004900	0,006640	0,004710	0,002140	0,004820	-0,004400	0,006640	0,000000	
1-Бутин	0,006250	0,008200	0,006040	0,001380	0,006160	0,000000	0,008200	0,000000	
1-Гексен	0,000656	0,001380	0,000588	0,008190	0,000627	0,002190	0,001380	0,000000	

Рис. 28 Параметры взаимодействия