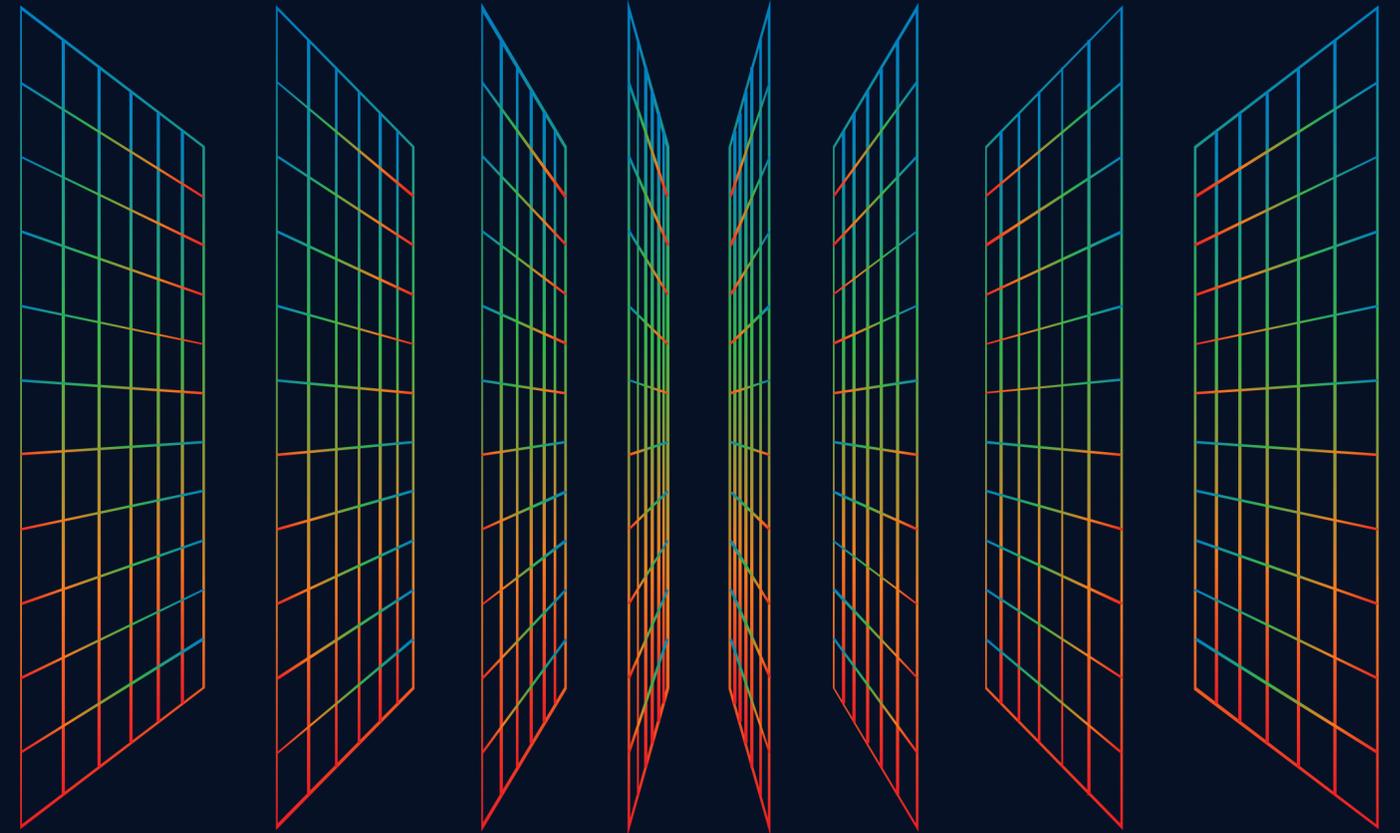


Новые объекты Дизайнера Сетей для моделирования процессов первичной подготовки газа и нефти



21 марта 2024 г.

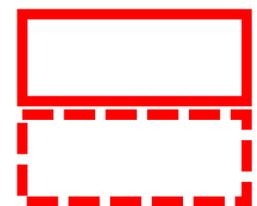
Александр Абрамов, Александр Абутков

Содержание

- Новые объекты и свойства для моделирования технологических процессов
- Особенности технологического моделирования в Дизайнере сетей
- Технология Низкотемпературной Сепарации (НТС) и варианты реализации на основе штуцера и детандера
- Термодинамическая модель эжектора и НТС на основе эжектора
- Моделирование параллельной работы технологических линий
- Максимизация выхода жидких фракций с использованием Редактора событий Дизайнера сетей
- Расчет свойств получаемых продуктов с использованием PVT-дизайнера
- Моделирование составных технологических схем
- Подбор оборудования и оптимизация работы Установки Подготовки Нефти (УПН)
- Заключение и выводы

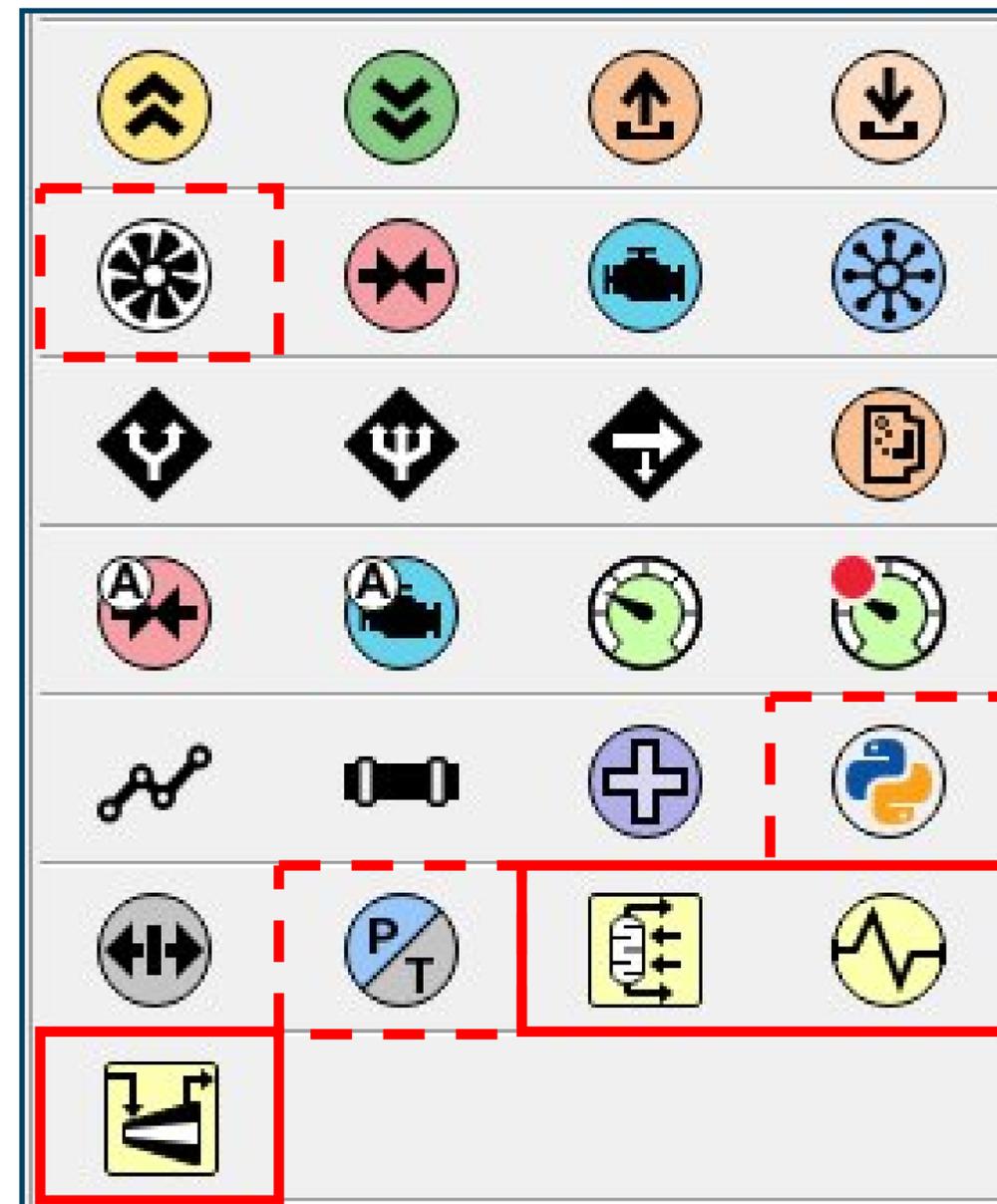
Новые объекты и свойства для моделирования технологических процессов (1/3)

- Компрессор с адиабатическим и обратимым процессом
- Питон-объект как разделитель потока
- Элемент P/T как штуцер или компрессор
- FUG-колонна (shortcut distillation)
- Теплообменник
- Детандер



- Новый элемент

- Новые свойства или режимы



Новые объекты и свойства для моделирования технологических процессов (2/3)



Устройство изменения температуры и давления 1

Устройство изменения температуры и давления	
Имя	Устройство изменения темпе...
Статус	Активный
Процесс	Изэнтальпийный
Режим изменения давления	Изэнтальпийный
Значение изменения давления, бар	Изэнтропийный
Режим изменения температуры	Изотермический
Значение изменения температуры, С	Температура на выходе

Закреть ?



Ректификационная колонна 1

Ректификационная колонна	
Имя	Ректификационная колонна 1
Статус	Активный
Падение давления, бар	0
Флегмовое число	1,2
Легкий компонент (ЛК)	
Доля ЛК в тяжелых продуктах	0,03
Тяжелый компонент (ТК)	
Доля ТК в дистилляте	0,03
Выход дистиллята	
Выход тяжелых продуктов	

Закреть ?



Теплообменник 1

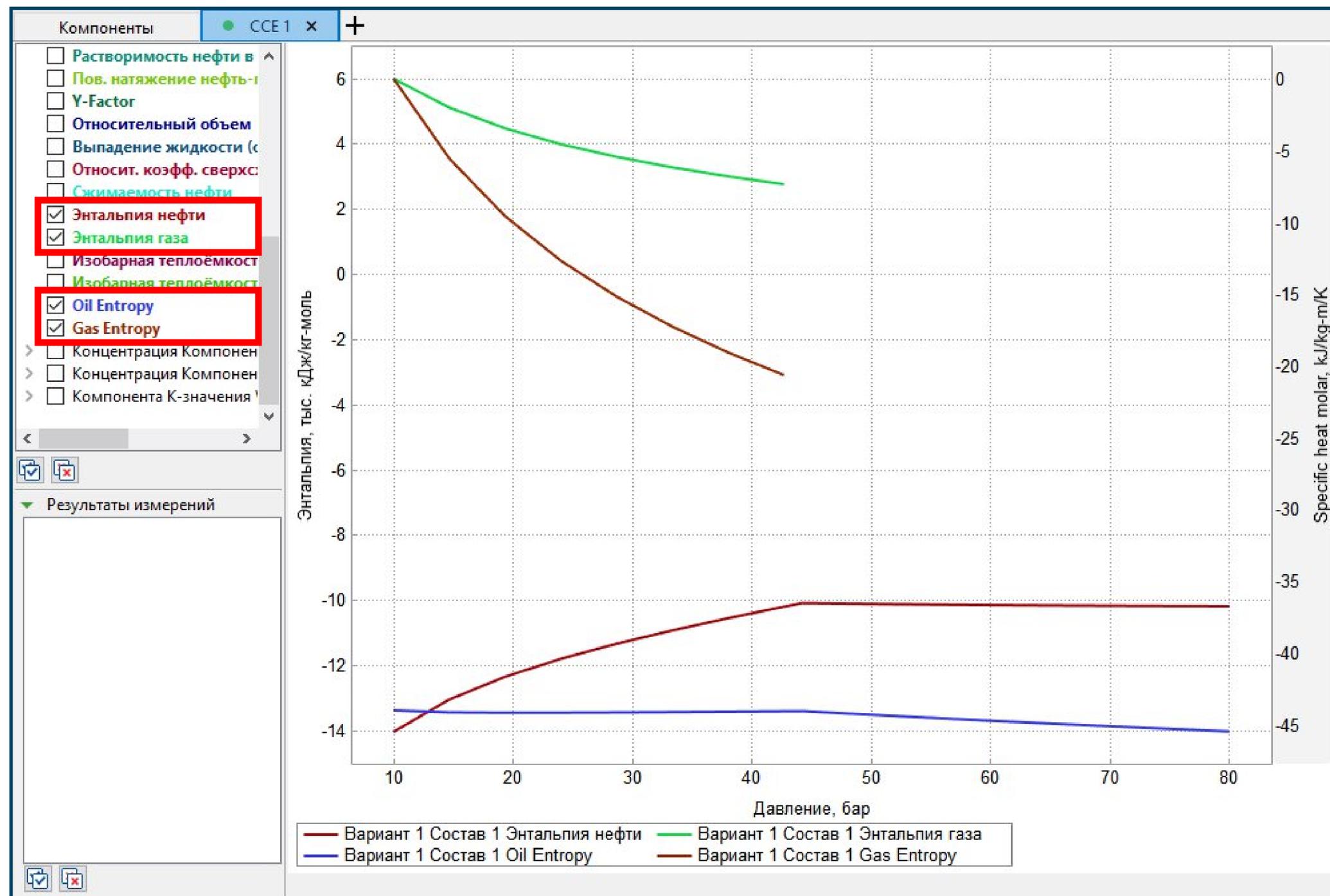
Теплообменник	
Имя	Теплообменник 1
Статус	Активный
Режим	Идеальный
КПД	Идеальный
Контур 1 Вход	Прямоточный
Контур 1 Выход	Противоточный
Контур 2 Вход	
Контур 2 Выход	

Закреть ?

Новые объекты и свойства для моделирования технологических процессов (3/3)

Реализованы расчеты термодинамических свойств газовой и жидкой фаз из уравнений состояния:

- Энтальпия
- Энтропия



Особенности технологического моделирования в Дизайнере сетей (1/2)

- Традиционно, моделирование технологических процессов выполняется последовательно, от одного блока к другому
- Итерации могут потребоваться только в моделях блоков или при наличии рециклов
- Моделирование выполняется с открытыми границами, достаточно определить входной поток(и) и параметры технологических блоков, параметры выходных потоков будут рассчитаны

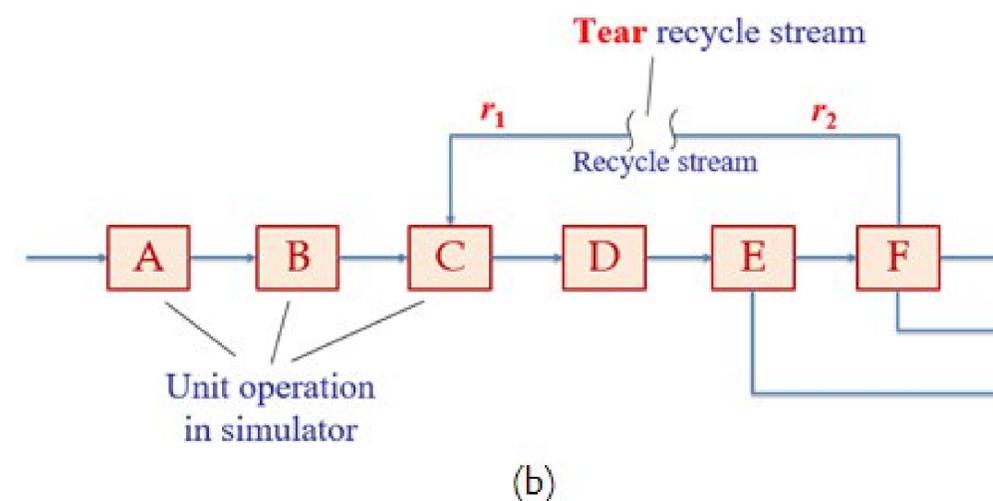
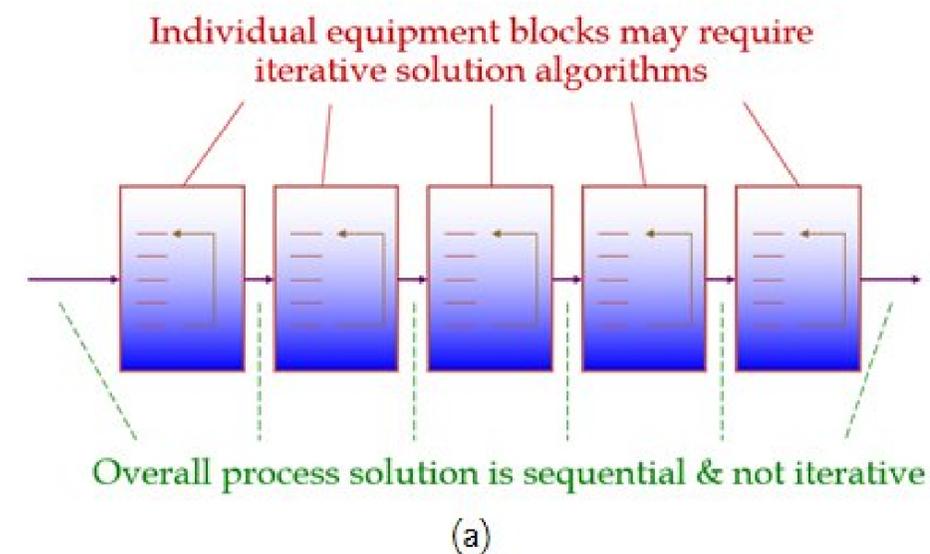


Figure 3: (a) Concept of sequential modular; (b) tear stream concept for recycle stream simulation

(Turton et al., 2013)

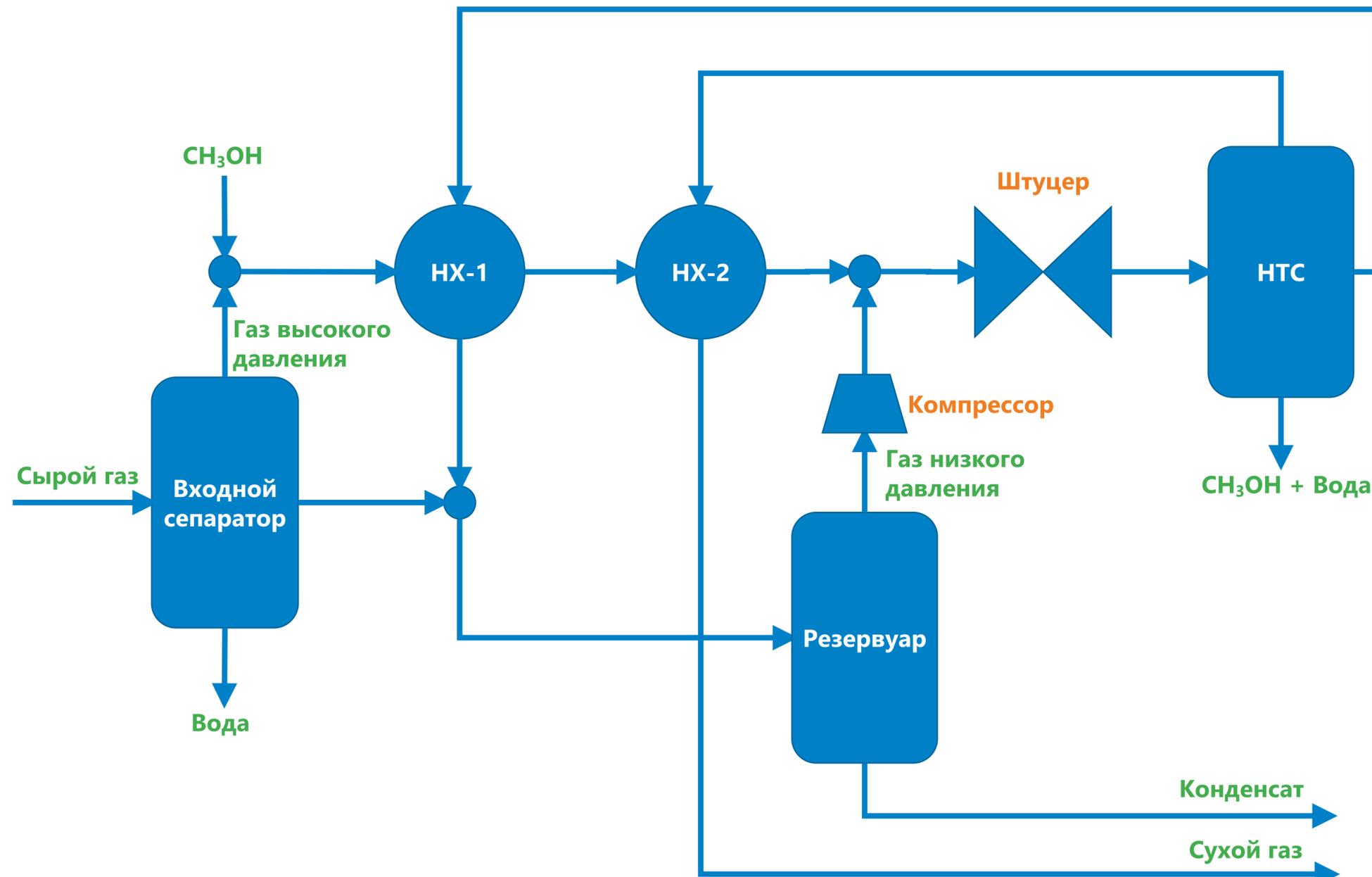
Особенности технологического моделирования в Дизайнере сетей (2/2)

- В Дизайнере сетей технологический процесс представляется гидравлической сетью, которая вписывается в граничные условия определенные на источниках и стоках
- Обычный симулятор технологических процессов оперирует объектом поток, и:
 - Не проверяет количество граничных условий
 - Не проверяет наличие объектов создающих перепад давления
 - Не позволяет создавать интегрированные модели

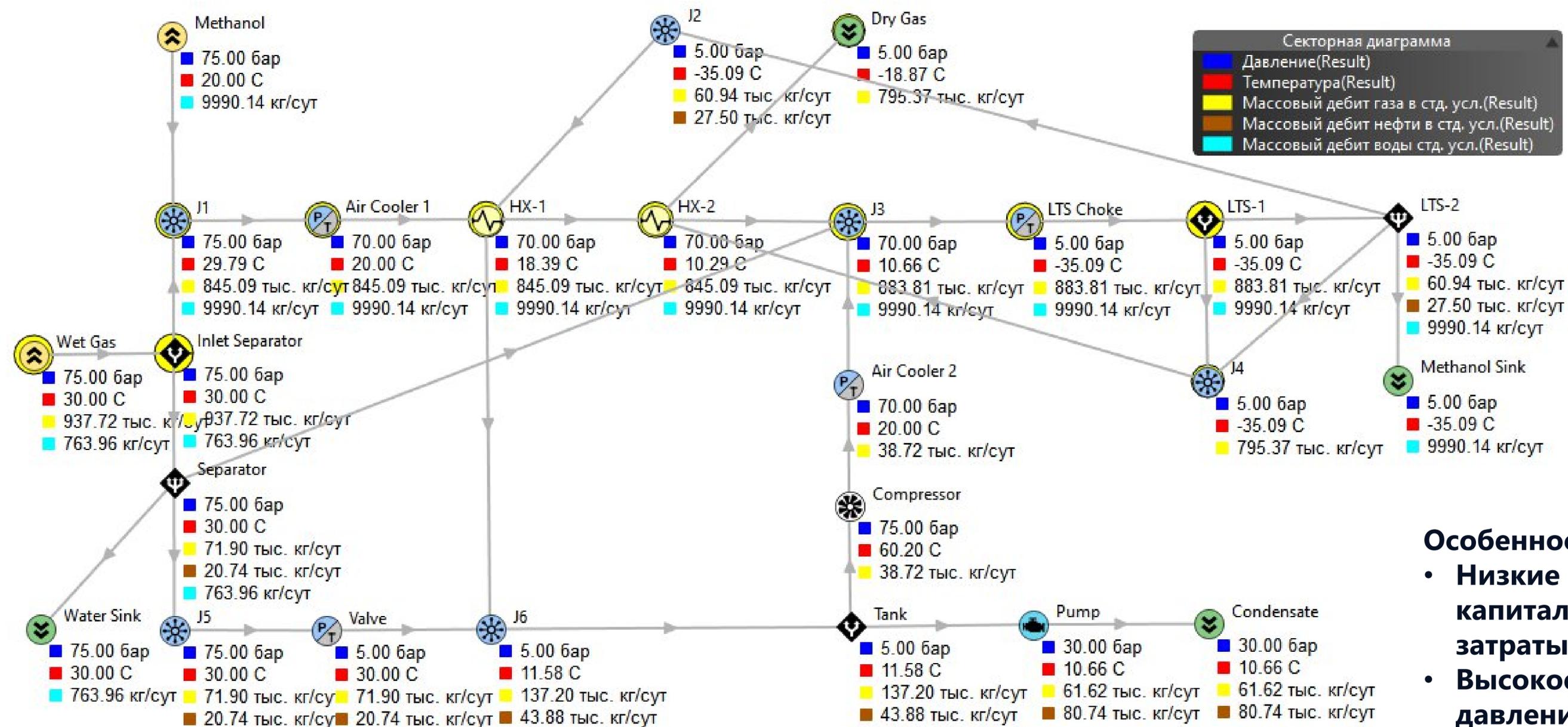


Технология Низкотемпературной Сепарации (НТС) и варианты реализации на основе штуцера и детандера (1/3)

- Сырой газ поступает во входной сепаратор, на выходе из которого он смешивается с метанолом
- Поток газа затем охлаждается в рекуперативных теплообменниках НХ-1 и НХ-2
- После чего газ расширяется, его температура снижается и он поступает в аппарат НТС
- Холодные жидкие и газообразные углеводороды покидающие НТС используются для охлаждения входящего газа в теплообменниках НХ-1 и НХ-2



Технология Низкотемпературной Сепарации (НТС) и варианты реализации на основе штуцера и детандера (2/3)



- Особенности:**
- Низкие капитальные затраты
 - Высокое входное давление

Термодинамическая модель эжектора и НТС на основе эжектора (1/3)

Ejector Modeling in HYSYS

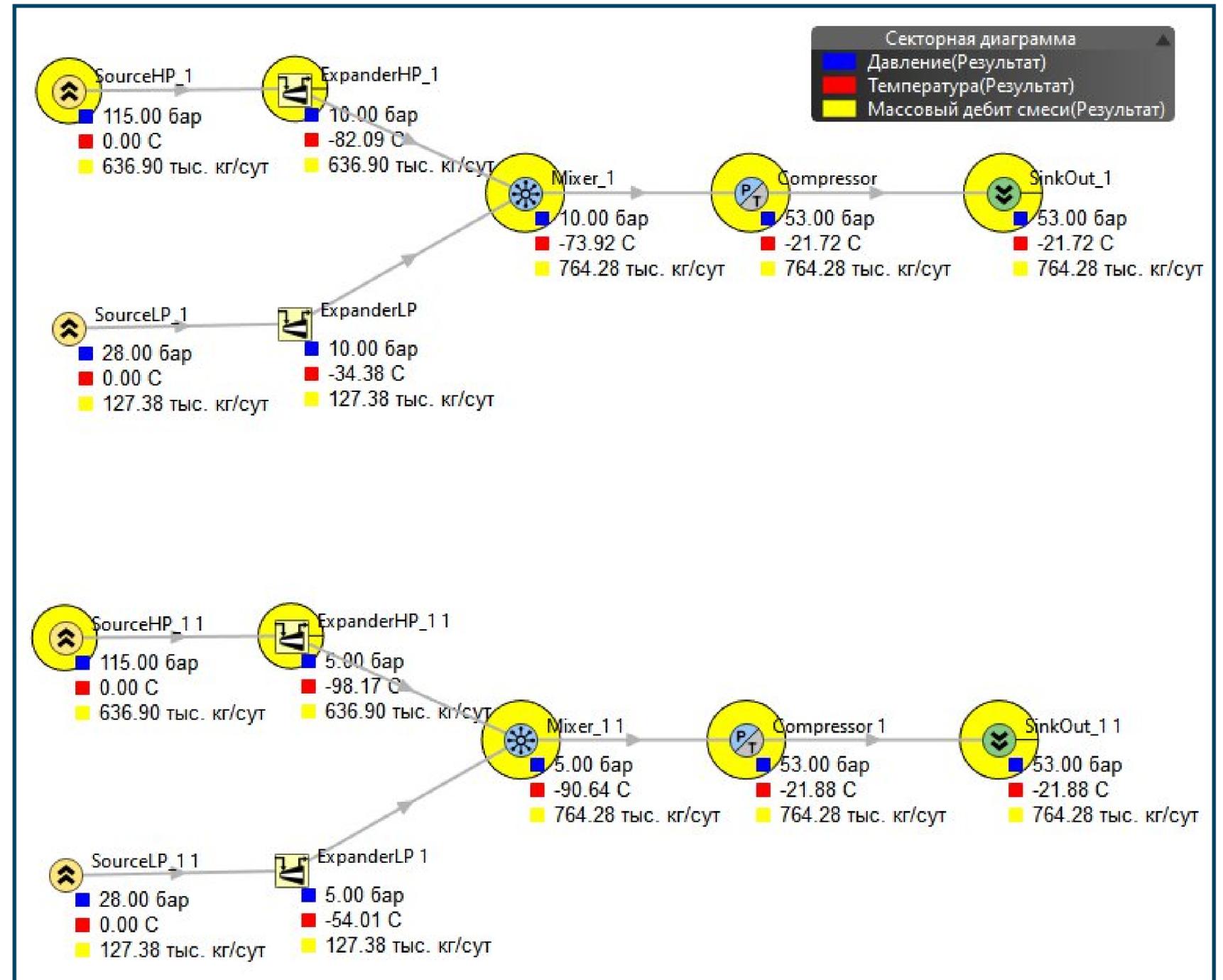
Bruce Eng
April 27, 2009
DRAFT

Background

An ejector is a piece of equipment which combines a low pressure stream (called the suction stream) and a high pressure stream (called the motive stream) to form a stream of intermediate pressure (called the discharge stream).

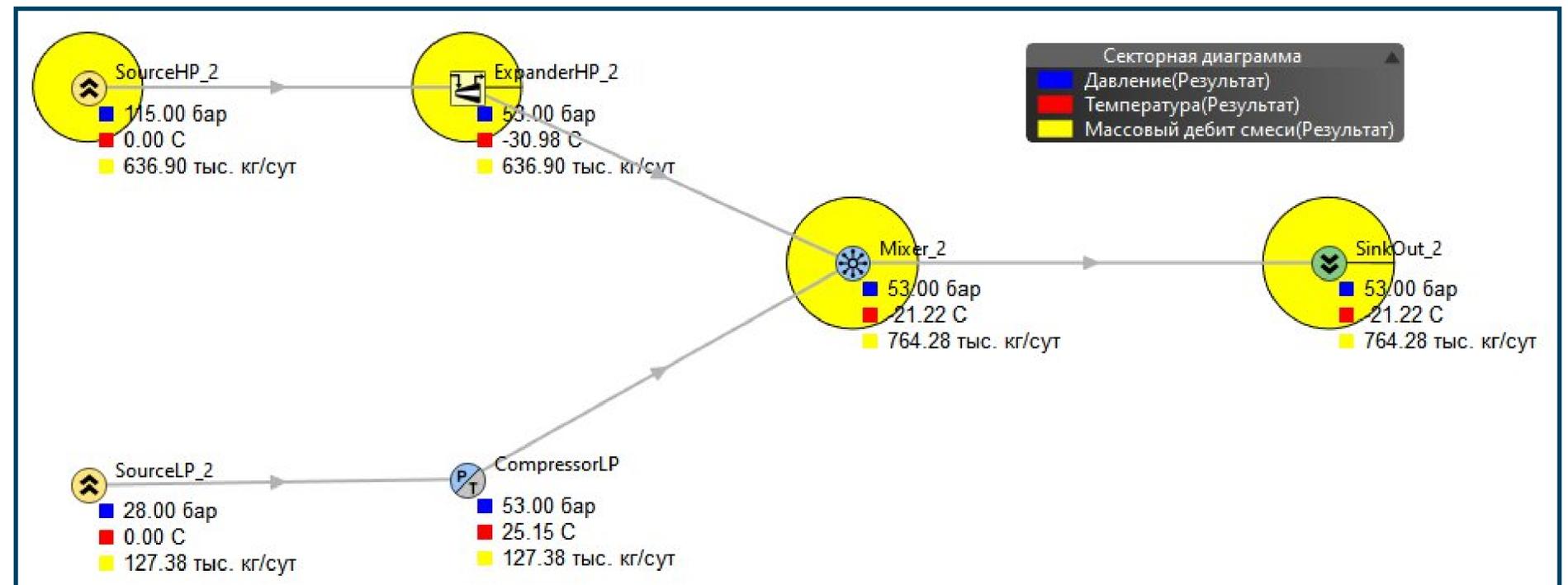
Краткое резюме:

- Расширение газа высокого давления до давления смешения
- Расширение газа низкого давления до давления смешения
- Смешивание потоков
- Сжатие результирующего потока
- При моделировании процессы сжатия и расширения считаются адиабатическими и обратимыми, т.е. происходящими без изменения энтропии

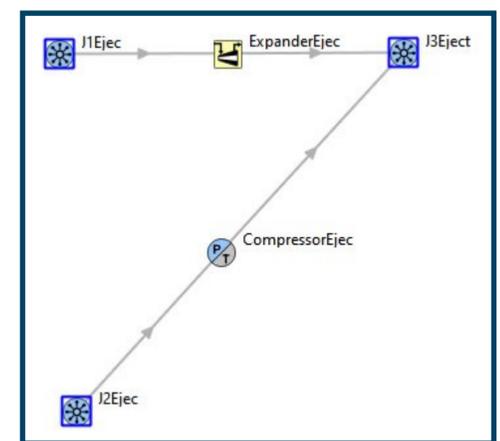
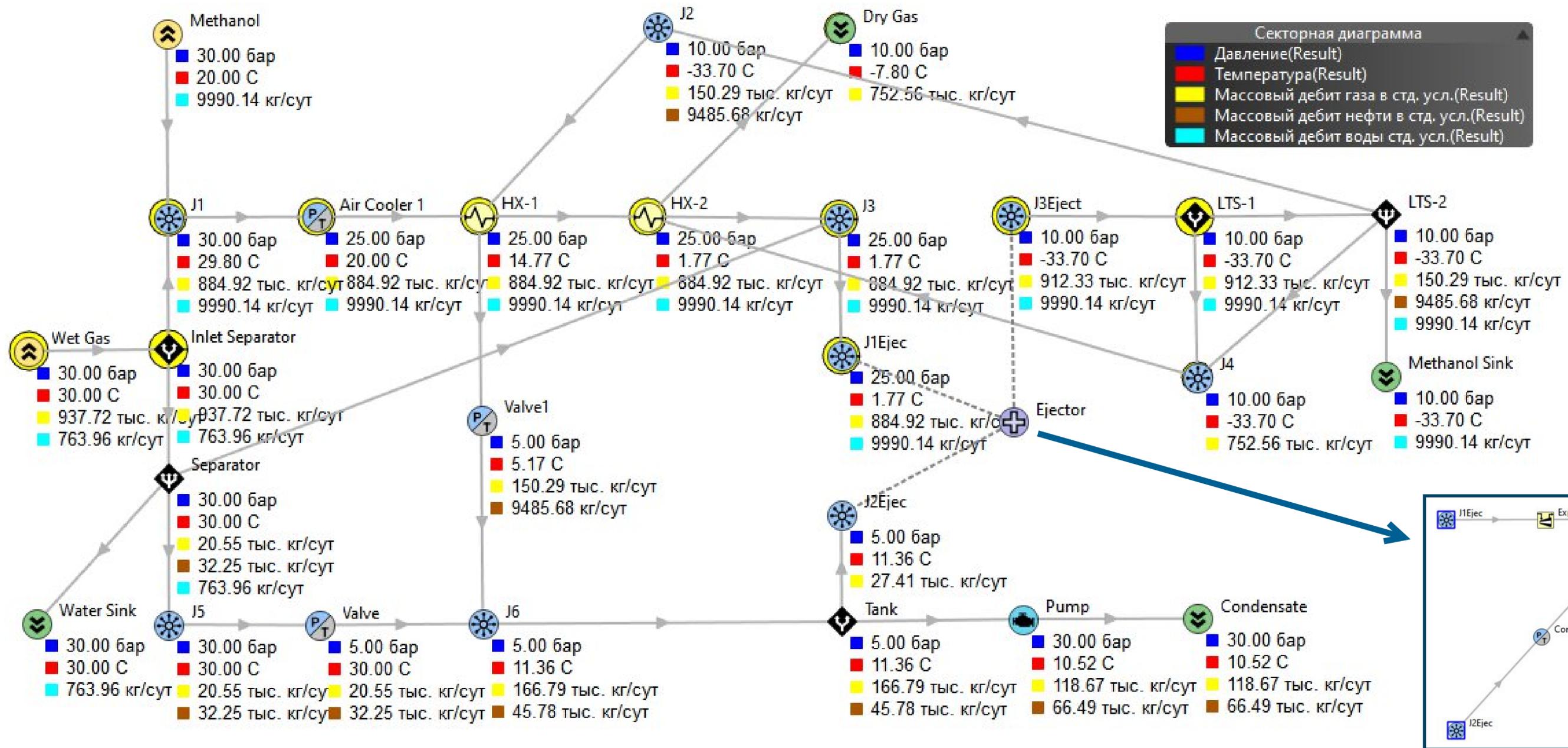


Термодинамическая модель эжектора и НТС на основе эжектора (2/3)

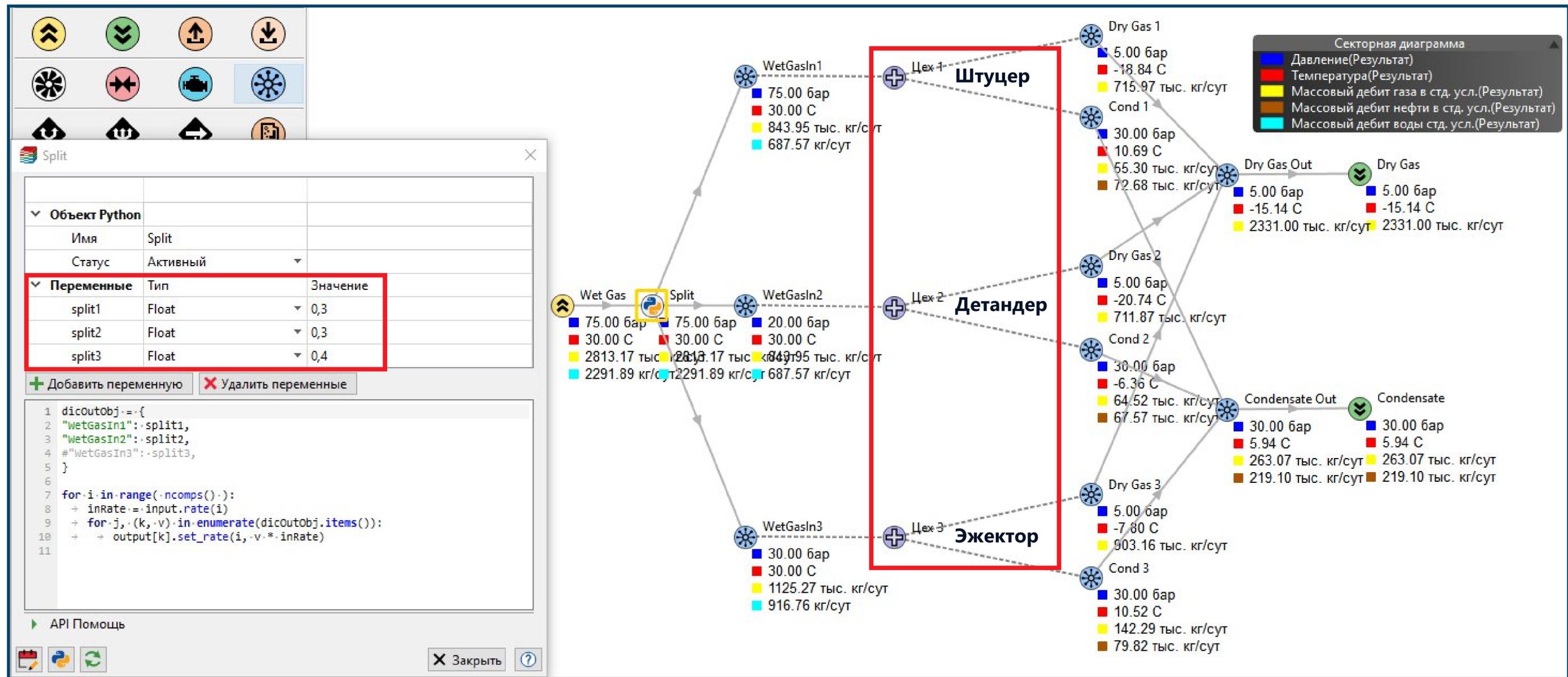
- Результаты расчета зависят только от начального и конечного состояния системы и не зависят от пути перехода
- Т.о., эквивалентная модель эжектора м.б. представлена минимальным набором из трех элементов:
 - Детандер на линии высокого давления
 - Компрессор на линии низкого давления
 - Миксер



Термодинамическая модель эжектора и НТС на основе эжектора (3/3)



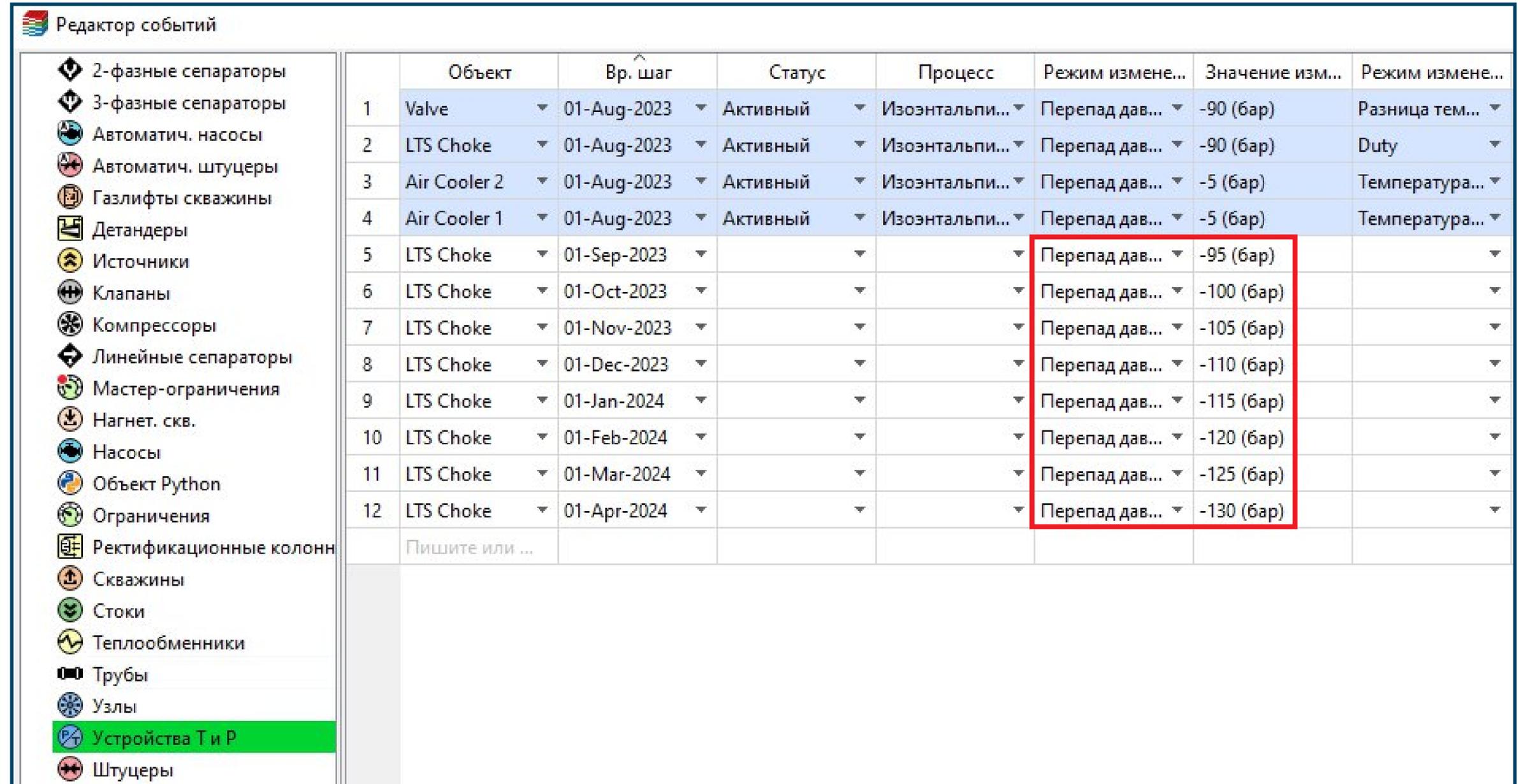
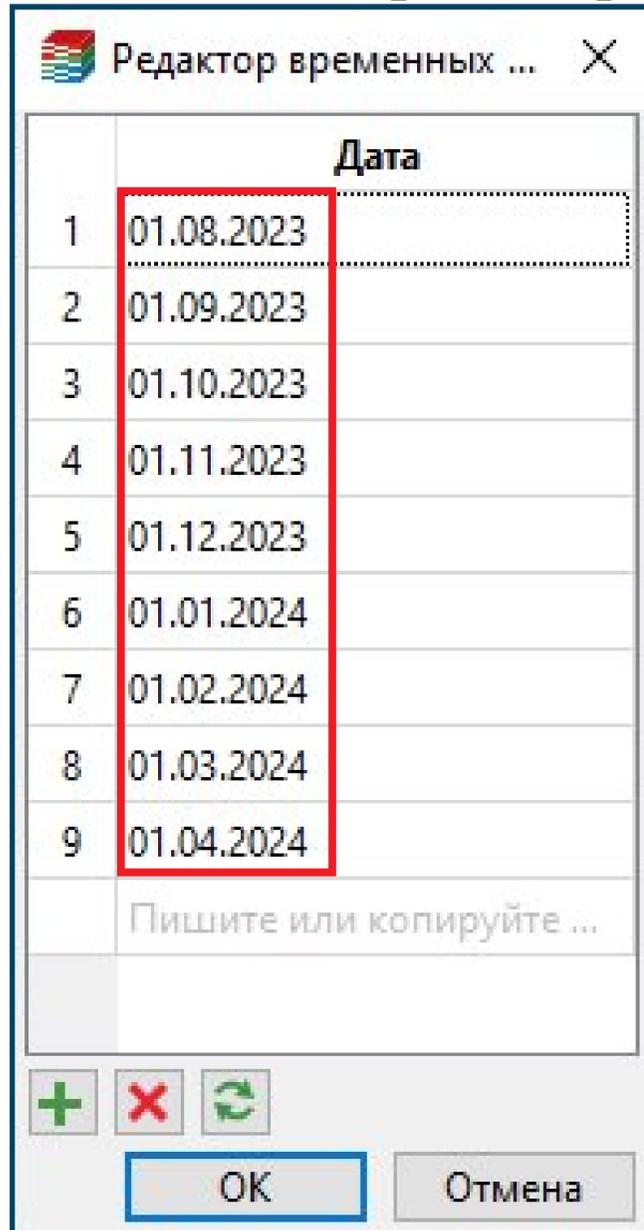
Моделирование параллельной работы технологических линий



Максимизация выхода жидких фракций с использованием Редактора событий Дизайнера сетей (1/3)

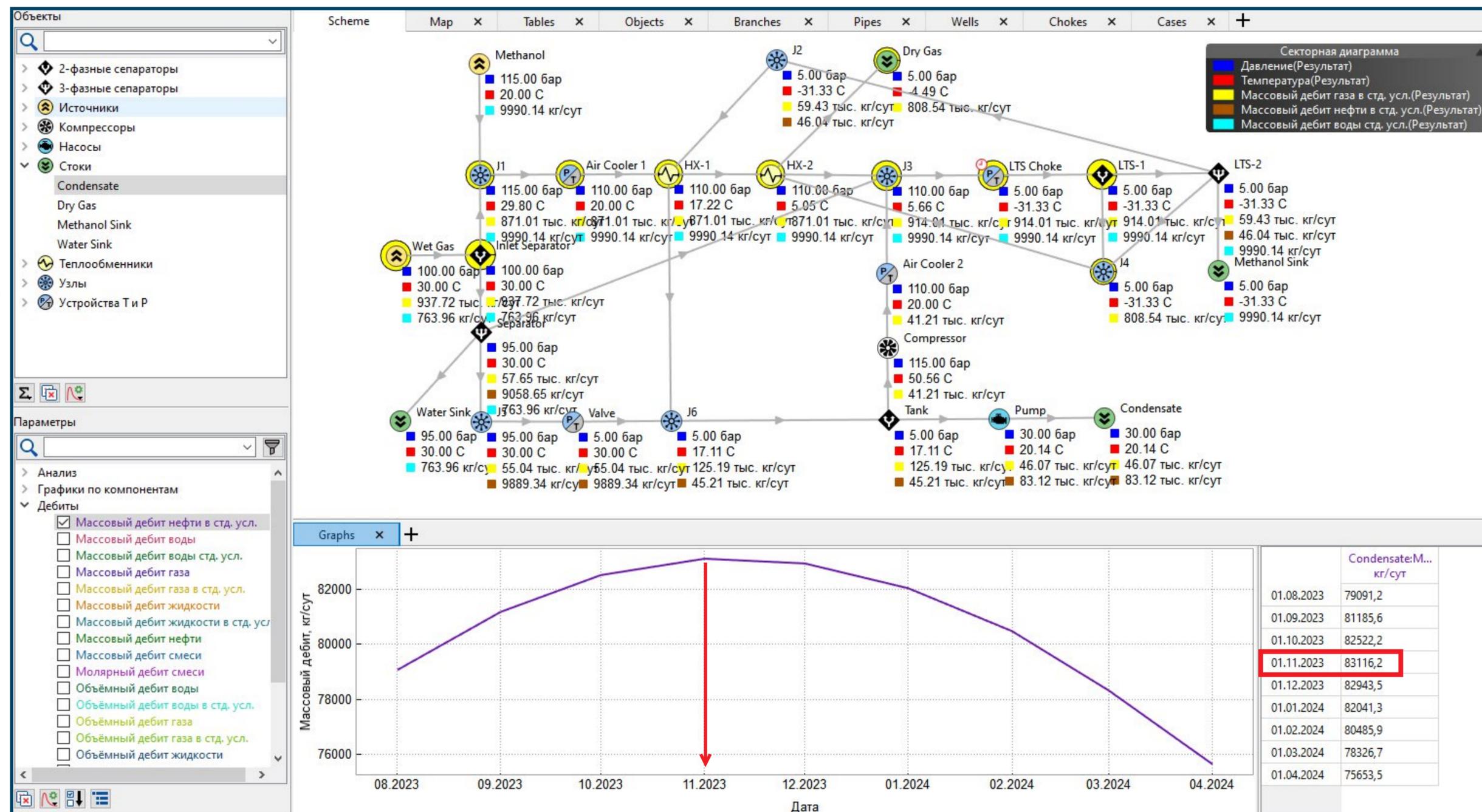
- Оптимизация процесса НТС это комплексная задача, которая, в том числе, включает в себя минимизацию капитальных затрат на технологическое оборудование
- Когда технологическая схема процесса определена, или существует несколько вариантов таких схем, инженер подбирает параметры процесса увеличивающие выход дорогих жидких фракций
- Для варьирования давления и температуры на НТС мы используем редактор событий Дизайнера Сетей

Максимизация выхода жидких фракций с использованием Редактора событий Дизайнера сетей (2/3)



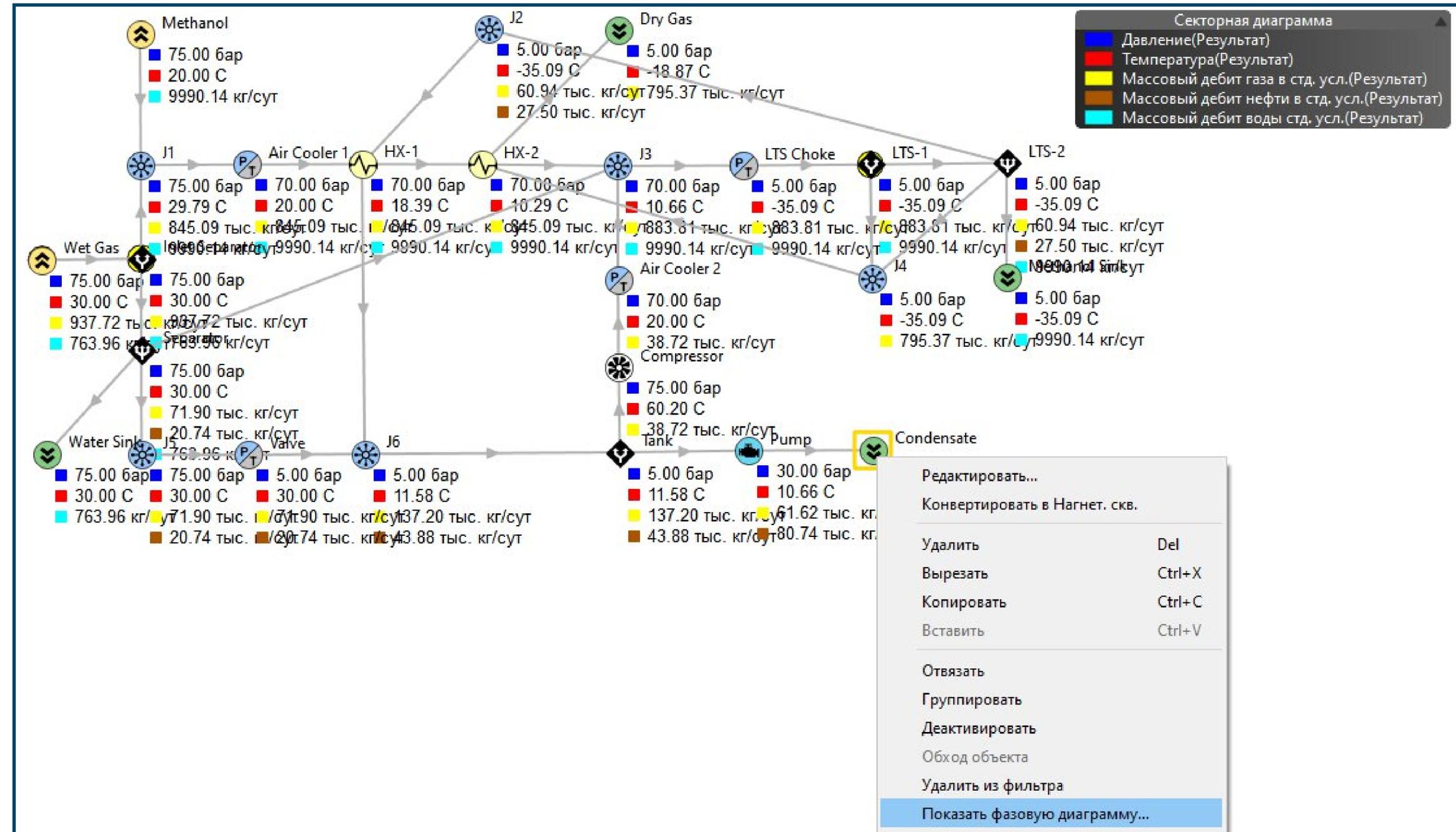
Максимизация выхода жидких фракций с использованием Редактора событий Дизайнера сетей (3/3)

- Вкладка Графики позволяет локализовать экстремум
- Сток Конденсат - Массовый дебит нефти

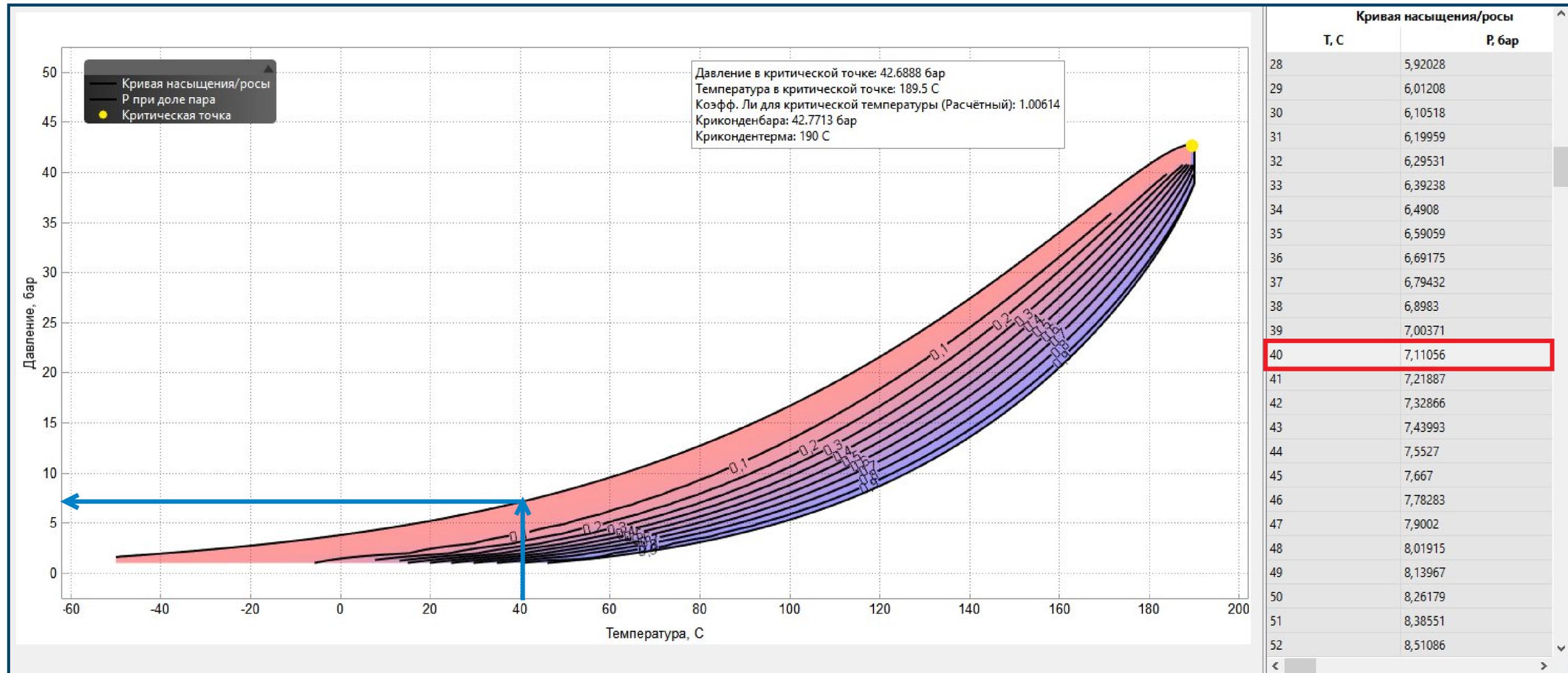


Расчет свойств получаемых продуктов с использованием PVT-дизайнера (1/2)

- Многие свойства флюидов можно рассчитать в рамках SSE-эксперимента в PVT-дизайнере
- Переход в PVT-дизайнер выполняется по ПКМ на элементе сети
- В PVT-дизайнере можно оценить, например, величину истинного давления насыщенного пара

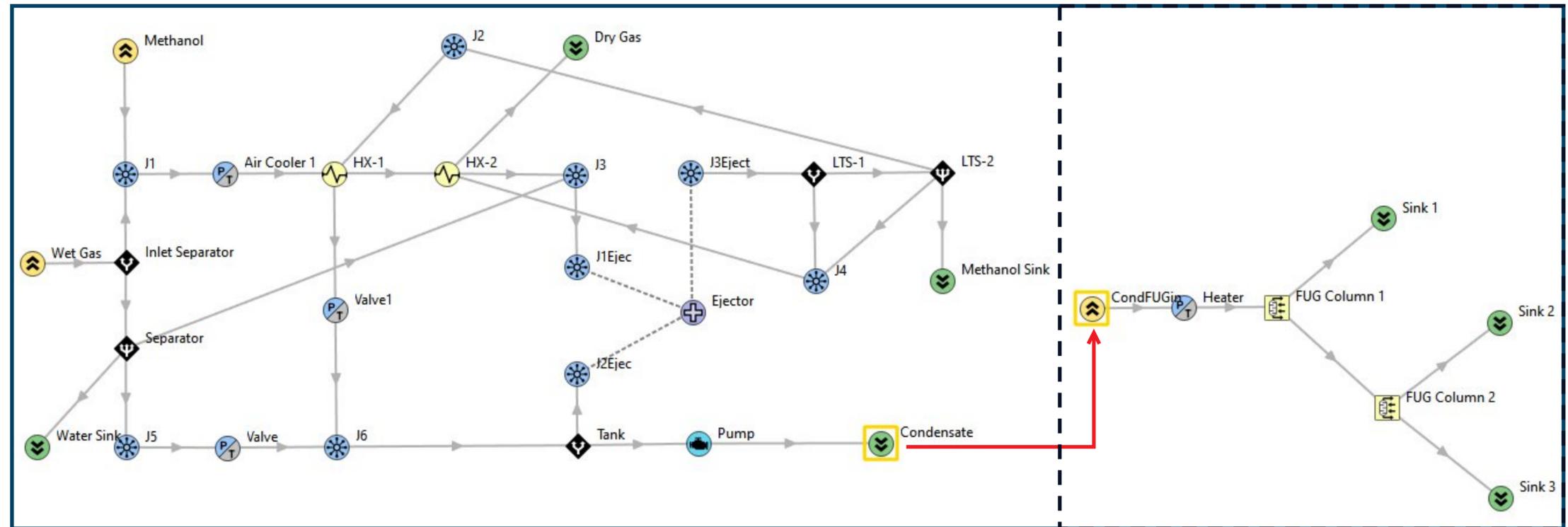


Расчет свойств получаемых продуктов с использованием PVT-дизайнера (2/2)



Моделирование составных технологических схем (1/2)

- Использование действий Питон для переноса свойств потоков между связанными процессами



Скриншоты интерфейса моделирования, демонстрирующие использование Python-скриптов для настройки объектов.

Действия Python

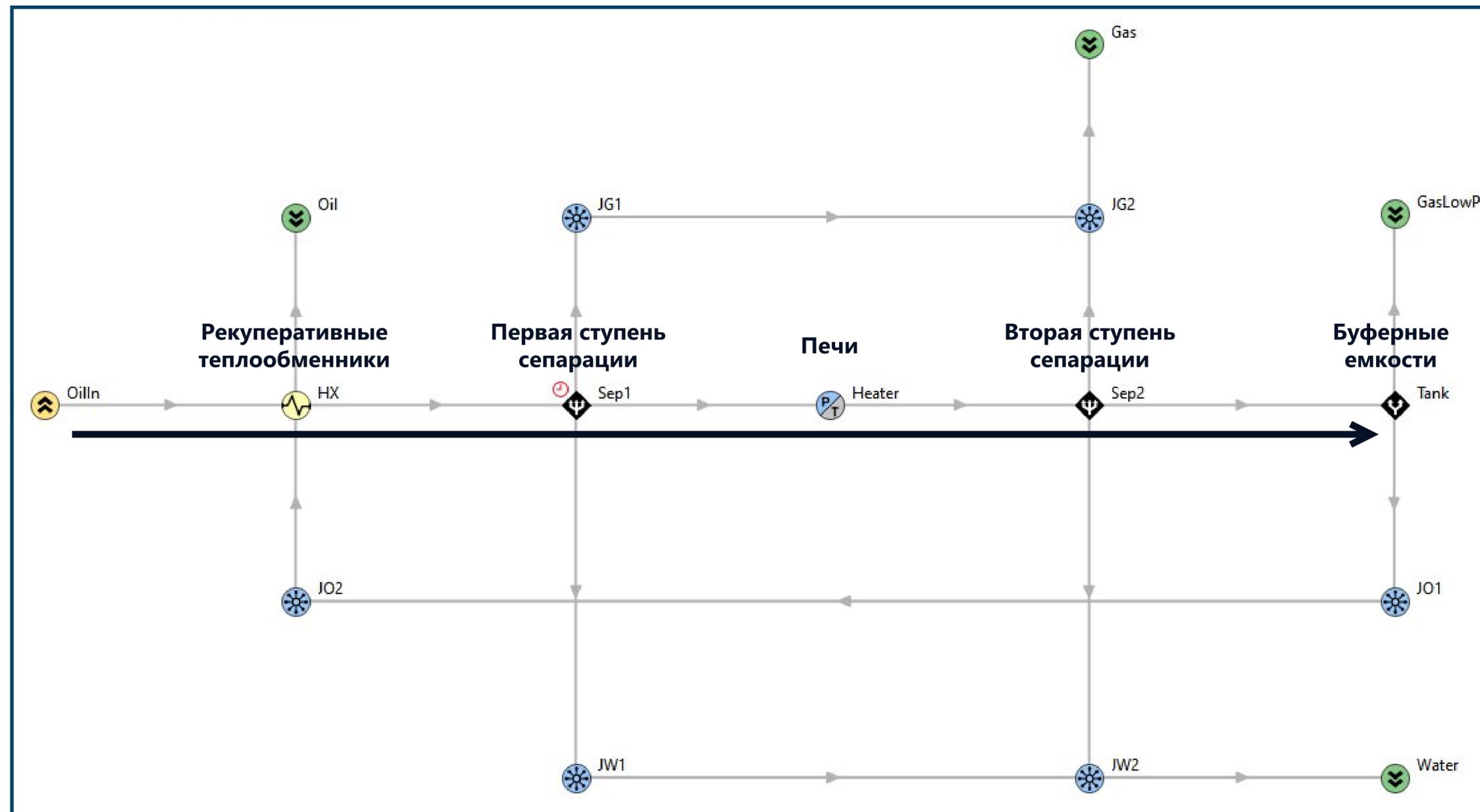
```
1 get_sources()['CondFUGin'].set_temperature(get_sinks()
2 ['Condensate'].results().temperature())
3
4 sumRate = 0.0
5 for i in range(ncmps()):
6     + iRate = get_sinks()['Condensate'].results().molar_rate(i)
7     + get_sources()['CondFUGin'].set_component_fraction(i, iRate)
8     + sumRate += iRate
9
10 get_sources()['CondFUGin'].set_source_rate(sumRate)
11
```

Множество Объектов

Ректификационная колонна (FUG)		
Имя	FUG Column 1	FUG Column 2
Статус	Активный	Активный
Падение давления, бар	0	0
Флегмовое число	1,2	1,2
Легкий компонент (ЛК)	C2	IC5
Доля ЛК в тяжелых продуктах	0,7	0,7
Тяжелый компонент (ТК)	C3	C6
Доля ТК в дистилляте	0,03	0,03
Выход дистиллята	Sink 1	Sink 2
Выход тяжелых продуктов	FUG Column 2	Sink 3

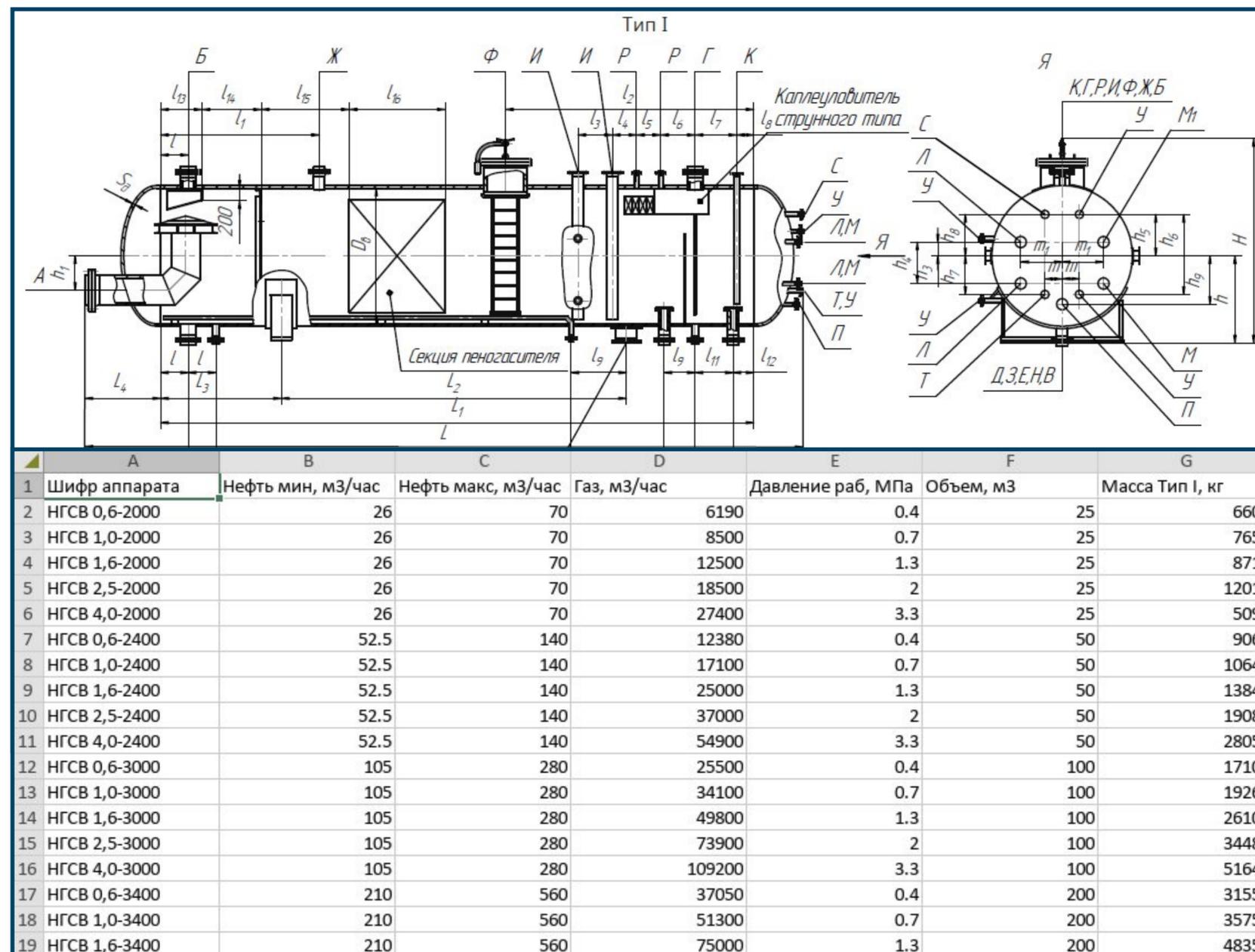
Подбор оборудования и оптимизация работы Установки Подготовки Нефти (1/5)

- УПН на основе двухступенчатой сепарации с подогревом входящей жидкости
- Решаемые задачи
 - Выбор модели и количества сепараторов первой и второй ступеней с учетом технических ограничений для обеспечения времени удержания жидкости
 - Максимизация выхода нефти подбором давления на первой ступени сепарации



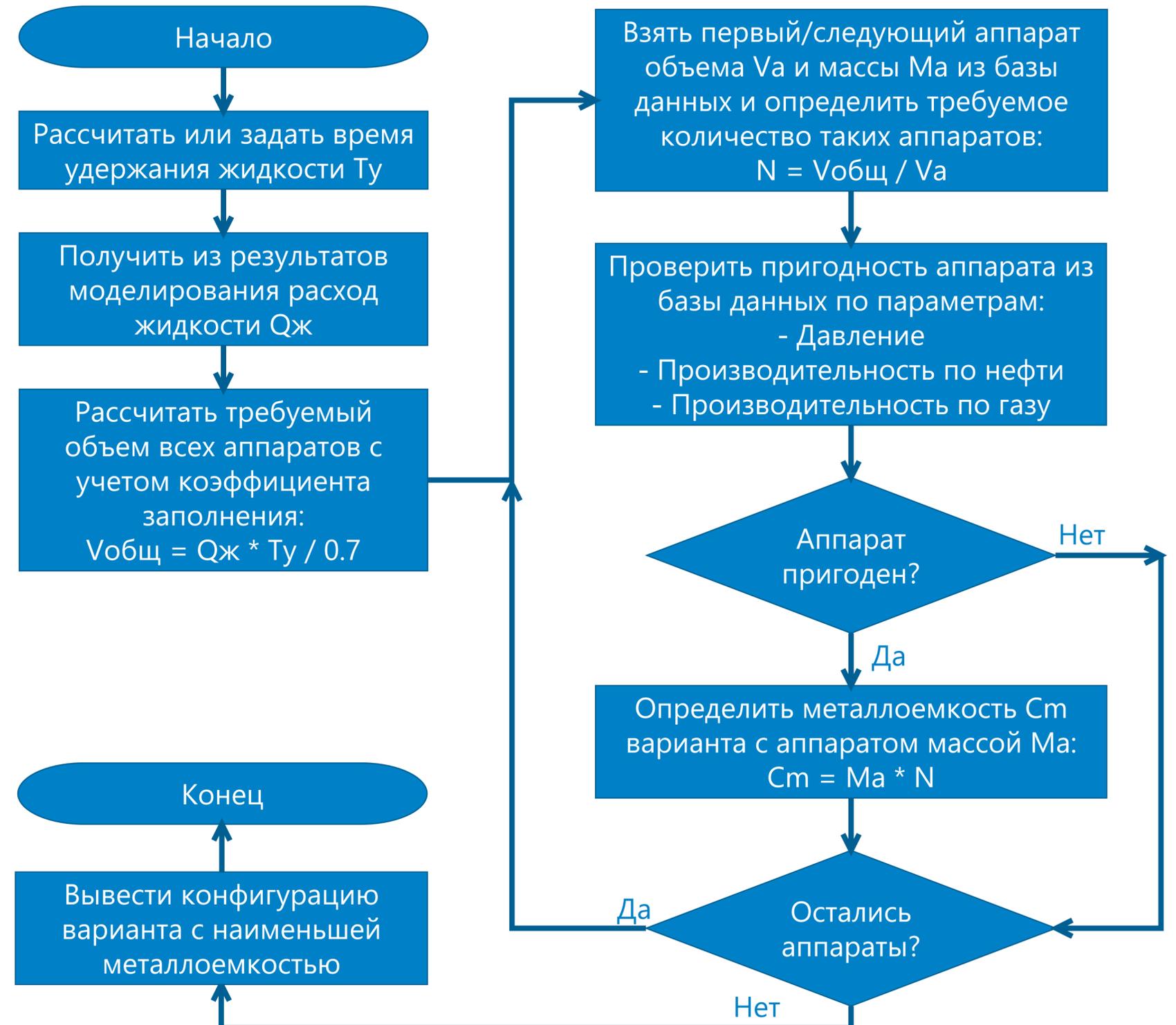
Подбор оборудования и оптимизация работы Установки Подготовки Нефти (2/5)

- Каталог оборудования ООО "Курганхиммаш" (kurgankhimmash.ru) - сепараторы нефтегазовые со сбросом воды типа НГСВ:
 - Производительность по нефти (мин и макс)
 - Производительность по газу (макс)
 - Рабочее давление
- Действие Питон находит потребное количество аппаратов на каждой ступени и определяет наилучший вариант минимизируя металлоемкость



Подбор оборудования и оптимизация работы Установки Подготовки Нефти (3/5)

- Время удержания может быть задано или рассчитано (например, из вязкости эмульсии)
- Алгоритм проходит по всей базе аппаратов единожды для каждой ступени сепарации
- Для аппаратов, удовлетворяющих техническим условиям, определяется их количество и общая металлоемкость
- Минимальная металлоемкость является критерием выбора модели аппарата



Подбор оборудования и оптимизация работы Установки Подготовки Нефти (4/5)

- Все подходящие модели оборудования с количеством аппаратов заданного типа выводятся в расчетный лог для каждой ступени
- Вариант с наименьшей металлоемкостью выделяется

```
----- equipment -----
05.03.2024

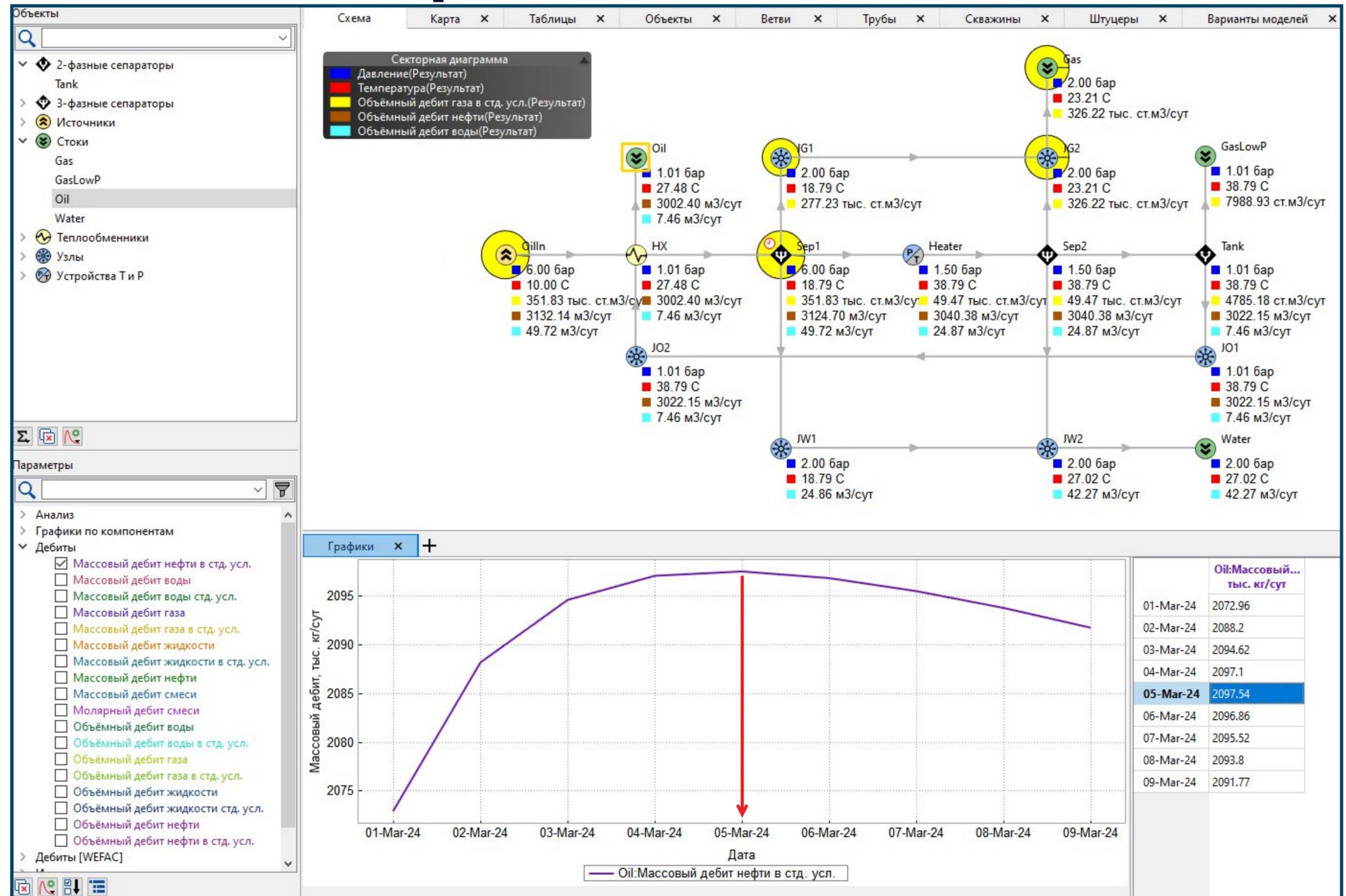
Sep1: 2 x "НГСВ 1,0-2000" = 15310 kg
Sep1: 2 x "НГСВ 1,6-2000" = 17430 kg
Sep1: 2 x "НГСВ 2,5-2000" = 24020 kg
Sep1: 2 x "НГСВ 4,0-2000" = 10180 kg
Sep1: 1 x "НГСВ 1,0-2400" = 10640 kg
Sep1: 1 x "НГСВ 1,6-2400" = 13840 kg
Sep1: 1 x "НГСВ 2,5-2400" = 19080 kg
Sep1: 1 x "НГСВ 4,0-2400" = 28055 kg
Sep1: 1 x "НГСВ 1,0-3000" = 19260 kg
Sep1: 1 x "НГСВ 1,6-3000" = 26100 kg
Sep1: 1 x "НГСВ 2,5-3000" = 34480 kg
Sep1: 1 x "НГСВ 4,0-3000" = 51645 kg
=> Sep1 best option: 2 x "НГСВ 4,0-2000"

Sep2: 3 x "НГСВ 0,6-2000" = 19800 kg
Sep2: 3 x "НГСВ 1,0-2000" = 22965 kg
Sep2: 3 x "НГСВ 1,6-2000" = 26145 kg
Sep2: 3 x "НГСВ 2,5-2000" = 36030 kg
Sep2: 3 x "НГСВ 4,0-2000" = 15270 kg
Sep2: 2 x "НГСВ 0,6-2400" = 18120 kg
Sep2: 2 x "НГСВ 1,0-2400" = 21280 kg
Sep2: 2 x "НГСВ 1,6-2400" = 27680 kg
Sep2: 2 x "НГСВ 2,5-2400" = 38160 kg
Sep2: 2 x "НГСВ 4,0-2400" = 56110 kg
Sep2: 1 x "НГСВ 0,6-3000" = 17100 kg
Sep2: 1 x "НГСВ 1,0-3000" = 19260 kg
Sep2: 1 x "НГСВ 1,6-3000" = 26100 kg
Sep2: 1 x "НГСВ 2,5-3000" = 34480 kg
Sep2: 1 x "НГСВ 4,0-3000" = 51645 kg
=> Sep2 best option: 3 x "НГСВ 4,0-2000"

-----
```

Подбор оборудования и оптимизация работы Установки Подготовки Нефти (5/5)

- Давление первой ступени изменяется в Редакторе событий с шагом 1 бар
- На вкладке Графики локализуется максимум по нефти (при 6 барах)



Заключение и выводы

- Дизайнер сетей ПО tНавигатор обладает достаточными для технологического моделирования набором элементов и функционалом:
 - Компрессорное, колонное и емкостное оборудование
 - Газожидкостное равновесие и термодинамические свойства
 - Инструменты автоматизации
- В Дизайнере сетей возможны моделирование и оптимизация процессов первичной подготовки газа и нефти:
 - Низкотемпературной сепарации на основе штуцера, детандера или эжектора
 - Процессов стабилизации конденсата
 - Процессов подготовки нефти на основе двухступенчатой сепарации
 - Других технологических процессов
- Дизайнер сетей позволяет выполнять как моделирование, так и детальное проектирование объектов подготовки с подбором оборудования

Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы и видеоуроки доступны на сайте:

www.rfdyn.ru

Остались вопросы?

Обратиться в техническую поддержку:

tnavigator@rfdyn.ru

