

**О. А. Кузнецов**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ  
ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА  
В ASPEN HYSYS V8**



**Москва-Берлин  
2015**

УДК 004.4  
ББК 32.9  
К89

**Кузнецов, О. А.**

К89 Моделирование схемы переработки природного газа в Aspen  
HYSYS V8 / О. А. Кузнецов. – М.-Берлин:  
Директ-Медиа, 2015. – 116 с.

ISBN 978-5-4475-4933-6

Вы познакомитесь, как использовать интерфейс HYSYS для настройки нового файла моделирования, задания компонентов и методов расчёта, создания материальных потоков, подключение их к операторам, и использование основных утилит для проверки модельных данных. Также познакомитесь с динамическим режимом работы моделей и возможностью вывода информации в виде диаграмм.

УДК 004.4  
ББК 32.9

ISBN 978-5-4475-4933-6

© Кузнецов О. А., текст, 2015  
© Издательство «Директ-Медиа», оформление, 2015

## Введение

Aspen HYSYS является лидером среди программного обеспечения при моделировании технологических процессов в нефтегазовой отрасли. С обширным набором операторов, специализированных рабочих сред и надёжным решателем, моделирование в Aspen HYSYS позволяет пользователю:

- улучшить конструкцию и производительность оборудования;
- контролировать вопросы безопасности и технологии на предприятии;
- оптимизировать производительность процесса и производственные условия;
- определить возможности энергосбережения и сокращения выбросов парниковых газов;
- рассчитать экономический потенциал для получения прибыли на стадии проектирования.

Aspen HYSYS v.8, основанный на традиционной среде моделирования, увеличил свою ценность благодаря интегрированию других продуктов и учёту опыта пользователей. Простота использования и гибкость расчётов моделей была сохранена, в тоже время добавлены новые возможности.

Для облегчения обучения работы в программе Aspen HYSYS в конце пособия приведён англо-русский словарь используемых при работе слов и выражений.

# 1. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА

В данном примере рассмотрим низкотемпературную установку с входным сепаратором, теплообменником газ/газ, холодильником, низкотемпературным сепаратором и колонной депропанации. Природный газ содержит  $N_2$ ,  $CO_2$  и углеводороды от  $C_1$  до  $n-C_4$ . Для удаления тяжёлых углеводородов газ подвергается обработке при низкой температуре. Выработываемый тощий осушенный газ направляется в трубопровод и должен отвечать определённым требованиям. Конденсат, отделённый от товарного газа, поступает в колонну депропанации для получения жидкого продукта с заданным содержанием пропана.

Технологическая схема этого процесса представлена на рисунке 1.

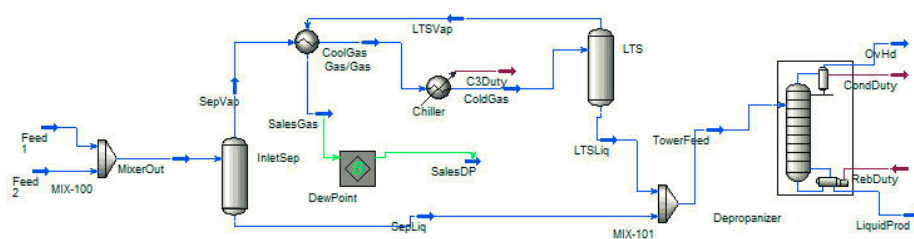


Рисунок 1. Технологическая схема процесса

Сначала два потока объединяются в смесителе. Объединённый поток поступает во входной сепаратор, в котором отделяется свободная жидкость. Газ с верха сепаратора направляется в теплообменник газ/газ, где захлаживается холодным газом. Для охлаждения до нужной температуры газ направляется в пропановый испаритель (Chiller).

В чиллере (смоделирован как холодильник) достаточно тяжёлые углеводороды конденсируются для обеспечения товарному газу требуемой точки росы. Холодный поток затем разделяют в низкотемпературном сепараторе (LTS).

Сухой холодный газ из LTS подается обратно в теплообменник газ/газ и направляется на реализацию. Сконденсировавшаяся жидкость из LTS смешивается с жидкостью из входного сепаратора. Полученная смесь перерабатывается в депропанаторе для получения кубового продукта с низким содержанием пропана.

## 2. СОЗДАНИЕ НОВОЙ ЗАДАЧИ

После запуска программы AspenHYSYS появляется окно, представленной на рисунке 2.

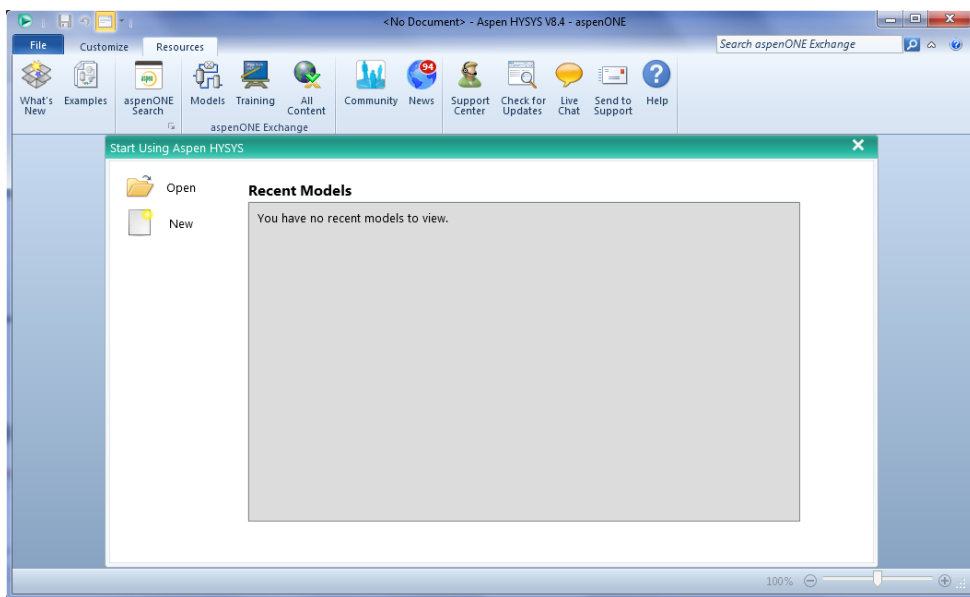


Рисунок 2. Стартовое окно программы AspenHYSYS

Начнем новую задачу для построения модели вышеописанной технологической схемы. В меню **File** выберем **New > Case** (дело, задача), или нажимаем **Ctrl+N**. Также можно нажать изображение чистого листа с расположенной рядом надписью **New**.

Новая задача в HYSYS начинается в Properties для определения компонентов и связанных с ними методов расчёта перед созданием каких-либо операторов на технологической схеме. Properties будет выбрана в панели навигации, расположенной в левом нижнем углу экрана. Дерево навигации для среды свойств выделяет красными знаками ещё не определённые два пункта, Component Lists и Fluid Packages (рисунок 3). Они имеют красные знаки, потому что это минимальные требования к установкам, которые необходимо сделать для входа в среду моделирования и начало работы в ней. Другие пункты Oil Manager, Reactions и т. д. являются дополнительными, и поэтому имеют статус ОК, даже когда они не определены.

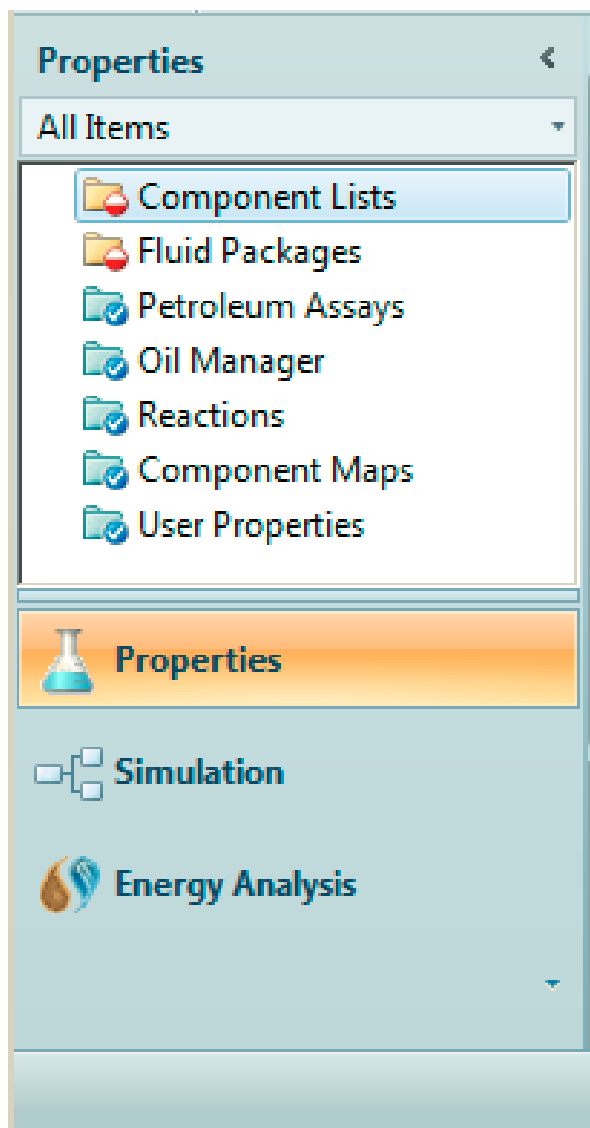


Рисунок 3. Неопределённые Component Lists и Fluid Packages

### 3. СОЗДАНИЕ НОВОГО НАБОРА ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

HYSYS имеет несколько различных наборов единиц измерения по умолчанию (SI, EuroSI и Британская система единиц Field), которые не могут редактироваться. Если хотите отредактировать набор единиц измерения в начале работы с моделью надо клонировать набор и назначить новый набор для модели. Например, сделаем новый набор единиц измерения, базирующийся на наборе EuroSI, который в последующем изменим.

Создадим новый набор единиц измерения.

1. Выберем **File > Options** (опции). Кнопка Options располагается в нижней правой части окна File.

2. В окне свойств **Simulation Options** (параметры модели) выберем **Units of Measure** (единицы измерения).

3. В группе **Available Unit Sets** (доступные наборы единиц) выберем набор **EuroSI** и нажимаем **Copy**. Создан новый набор единиц измерения, названный **NewUser**.

4. В поле **Unit Set Name** (имя набора единиц) введём пользовательское имя для нового набора единиц. Например, **GasProcess** и нажмём **Enter**. Теперь можно изменить единицу измерения для любого параметра входящего в этот новый набор. Для примера в группе **Display Units** прокрутим список вниз, пока не найдём **Molar Flow** (молярный расход). По умолчанию установлено kgmole/h. Для специалиста удобнее измерять расход газа в нормальных кубометрах в день. Более подходящая единица измерения для расхода в данной задаче m<sup>3</sup>/d\_(gas).

5. Откроем выпадающий список в ячейке рядом с Molar Flow. Прокрутим вниз список и выберем **m<sup>3</sup>/d\_(gas)**. Новый набор единиц измерения определён.

6. Нажмём **OK** для закрытия окна свойств.

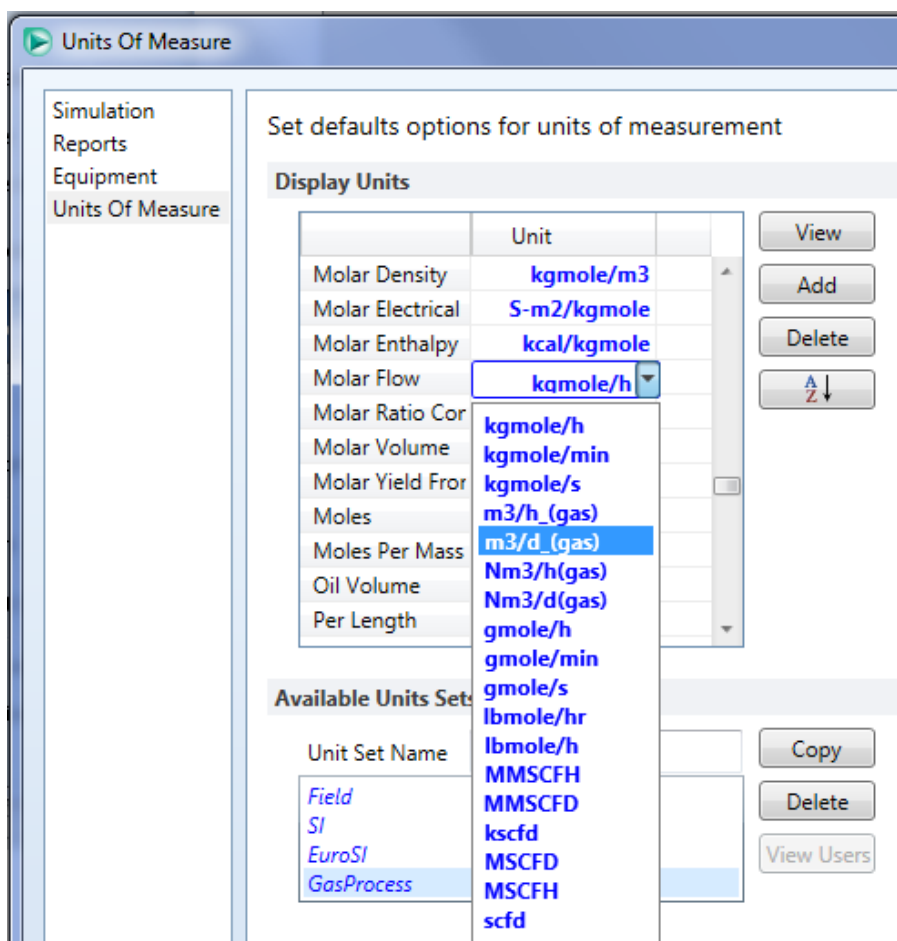


Рисунок 4. Создание пользовательского набора единиц

Изменения вступают в силу сразу же, после изменения в диалоговом окне. Впоследствии созданный набор единиц становится доступным для всех открываемых или новых задач.

Примечание: настройки по умолчанию хранятся в файле HYSYS.prf. При необходимости можно сохранить изменения в новом файле настроек нажав кнопку **Save Preference Set**. HYSYS предложит ввести имя для нового файла настроек, который впоследствии можно загрузить в любую задачу нажатием кнопки **Load Preference Set**.



## 4. ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА КОМПОНЕНТОВ

Теперь добавим компоненты, участвующие в процессе переработки газа, в список компонентов.

Когда создана новая задача HYSYS открывается в среде Properties – по умолчанию открыто окно Component List. Если это окно не открыто нажмите на навигационной панели **Component List**.

В левом нижнем углу вкладки Component List нажмите на стрелку вниз рядом с кнопкой Add и выберите **HYSYS** из выпадающего списка. Здесь выбираем между библиотеками компонентов HYSYS и Aspen Properties. Появившееся новое окно включает список компонентов и кнопку Add. Это редактируемое окно нового списка компонентов. Также, на навигационной панели, создан новый пункт для нового списка компонентов – **Component List – 1**. Красный знак показывает, что список компонентов ещё не сформирован.

Для нашего примера добавим следующие компоненты:  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $i-C_4$  и  $n-C_4$ .

Сначала добавим азот.

1. Установим **Full Name/Synonym** (полное имя/синоним) в **Search by** (искать как).

2. В поле **Search for** печатаем **Nitrogen** (азот). HYSYS отбирает и показывает только те компоненты, которые соответствуют введённому тексту.

3. Выделив **Nitrogen**, нажимаем кнопку **Add** для добавления его в текущий список компонентов. Также можно использовать дополнительно **Filter** (фильтр) для отображения только компонентов относящихся к определённому классу соединений.

4. Сейчас добавим остальные компоненты, требуемые для задачи:  $CO_2$  и от  $C_1$  до  $n-C_4$ .

5. Добавим компонент  $CO_2$  в список компонентов.

6. Для добавления оставшихся компонентов от  $C_1$  до  $n-C_4$  используем фильтр. В выпадающем списке **Filter** выберем **Hydrocarbons**. Не забудьте в ячейке **Search for** удалить  $CO_2$  или Nitrogen. Можно курсором одновременно выделить группу компонентов от  $C_1$  до  $n-C_4$ . Также при выборе компонентов и снятии выделения можно использовать клавиши Shift и Ctrl, обычным образом.

7. Нажмём Add. Выделенные компоненты будут добавлены в список. Заметим, так как **Component List – 1** содержит компоненты, то он на навигационной панели отмечен как сформированный.

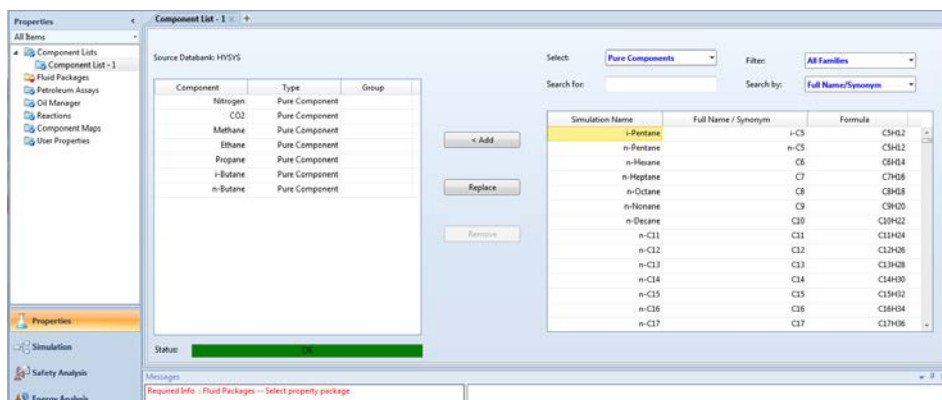


Рисунок 5. Добавление компонентов в список компонентов

### ***Совет: Несколько списков компонентов.***

Задача требует, по крайней мере, один список компонентов, но при создании более сложной модели, может быть полезным создание большего количества списков компонентов, предназначенных различным типам компонентов. Например, поток, состоящий только из воды или хладагента, будет решаться быстрее, если источник данных, список компонентов, будет состоять только из одного компонента, а не из хладагента вместе с другими компонентами, используемыми в моделировании. Можно также принять во внимание выбор различных пакетов свойств для различных списков компонентов, так как различные пакеты свойств более точны для конкретных списков компонентов.

### ***Совет: Просмотр и редактирование свойств компонента***

Для просмотра свойств компонентов двойным нажатием на компоненте откройте форму его свойств. Форма свойств компонента позволяет только просматривать информацию о чистом компоненте. Нельзя изменять какие-либо параметры для библиотечного компонента. Однако, HYSYS позволяет клонировать библиотечный компонент как гипотетический компонент, который затем можно изменить по желанию.

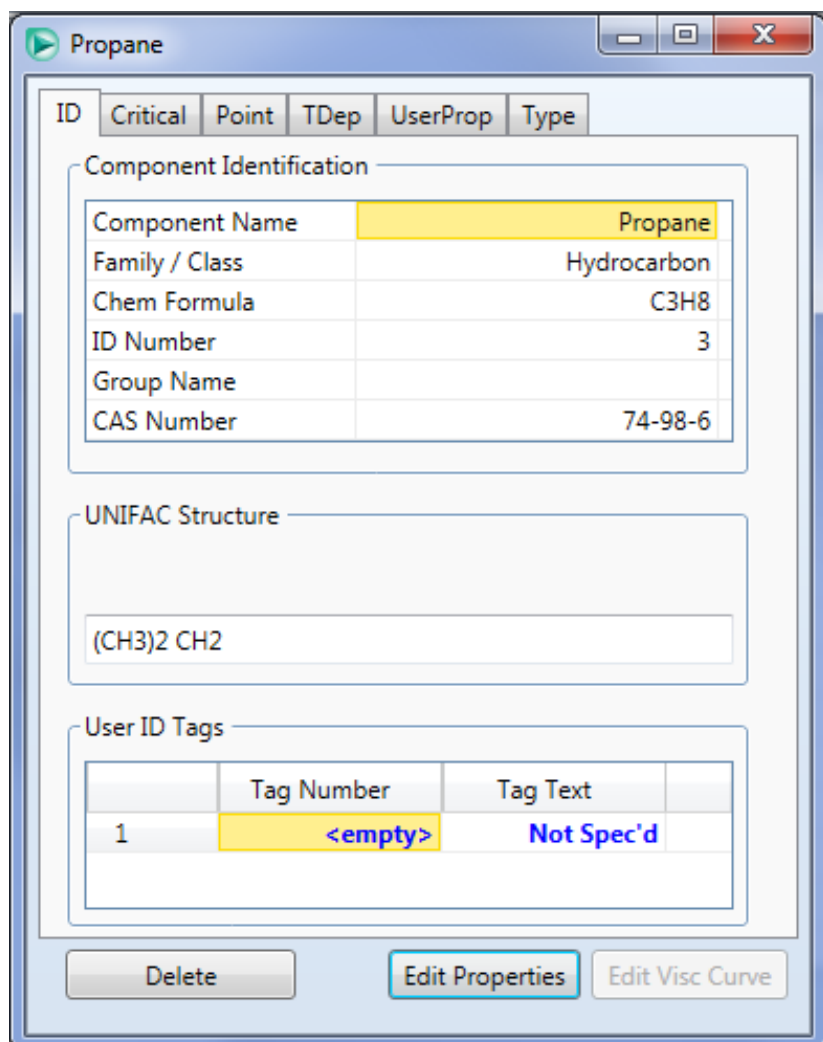


Рисунок 6. Просмотр информации о компоненте

## 5. СОЗДАНИЕ ПАКЕТА СВОЙСТВ

Теперь, когда определён список компонентов, можно завершить подготовку к моделированию. Свяжем список компонентов с пакетом свойств. Пакет свойств содержит уравнения, используемые для моделирования термодинамического поведения чистых компонентов, а также смесей. Имеются различные пакеты свойств, доступные в HYSYS. Для точного предсказания поведения различных систем лучше подходят различные уравнения. Наиболее широко используются в качестве пакета свойств уравнения состояния, в частности, пакет Peng-Robinson.

Когда список компонентов связывается с пакетом собственности, создаётся пакет жидкости. Этот пакет жидкости содержит всю информацию, требуемую для начала моделирования на технологической схеме.

Для создания пакета жидкости:

1. На навигационной панели нажмите **Fluid Packages**. В левом нижнем углу окна **Fluid Packages** нажмите выпадающий список **Add** и выберите **HYSYS** (библиотеку пакетов свойств HYSYS). Новый пакет свойств добавляется на навигационную панель с именем по умолчанию Basis-1.

2. В поле **Property Package Selection** выбираем **Peng-Robinson**. Дополнительные установки, доступные для метода Peng-Robinson, появляются справа от списка методов. В зависимости от того, что требуется в конкретной технологической схеме, можно настроить дополнительные опции, или добавить другую расширенную информацию, такую как реакции и параметры взаимодействия для пакета жидкости. Но минимальные требования – это выбранный пакет свойств и список компонентов.

3. Так как есть только один список компонентов для модели, по умолчанию появляется он в **Component List Selection**. Если больше, чем один список компонентов используйте это поле для задания соответствия списка компонентов с пакетом свойств. Когда пакет свойств и список компонентов выбраны, пакет жидкости полностью определён.

На панели навигации красный знак на Basis-1 превращается в синий, показывающий, что пакет жидкости сформирован.

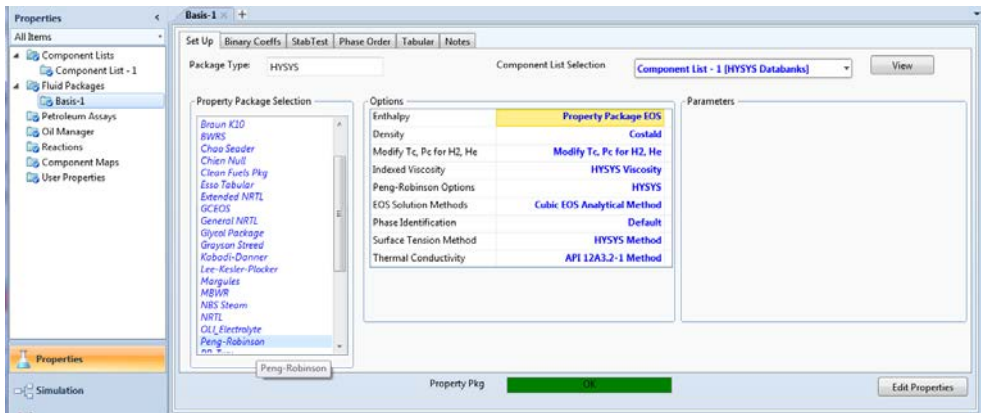


Рисунок 7. Список компонентов и пакет жидкости определены

### *Совет: Несколько пакетов жидкости*

Как и со списками компонентов, можно создать больше одного пакета жидкости. Большие модели, состоящие из нескольких технологических схем, могут основываться на нескольких специальных пакетах жидкости, каждый из которых предназначен для конкретного потока или подсхемы.

### *Обзор определений*

Component List (список компонентов)	Список химических компонентов из библиотеки компонентов, которые будут использованы при моделировании
Property Package (пакет свойств)	Коллекция методов расчёта HYSYS, которая будет использована для определения значений различных переменных
Fluid Package (пакет жидкости)	Комбинация списка компонентов и пакета свойств

### *Сохранение задачи*

Прежде чем продолжить, сохраните задачу выбрав **Save** из меню **File**, или нажав **Ctrl+S**. Если сохраняете первый раз задачу появится окно **Save As**. По умолчанию файл сохраняется в поддиректорию Cases в директории HYSYS.

В поле **File Name** вводим имя для задачи, например gasplant. Расширение **.hsc** вводить не обязательно. HYSYS автоматически добавляет расширение. После ввода имени нажмите **Enter** или **Save**.

## 6. ВХОД В СРЕДУ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Теперь, когда список компонентов и пакет жидкости были сформированы, можно перейти в среду моделирования. Для входа в среду моделирования нажмите на навигационной панели в левом нижнем углу **Simulation**. В среде моделирования многочисленные элементы теперь доступны на панели ленты. Технологическая схема и палитра объектов открыты на рабочем столе.

После завершения моделирования PFD представляет топологию технологической схемы для задачи. Показываются операторы, потоки и направления движения между ними. Можно прикрепить информационные таблицы или аннотации для PFD.

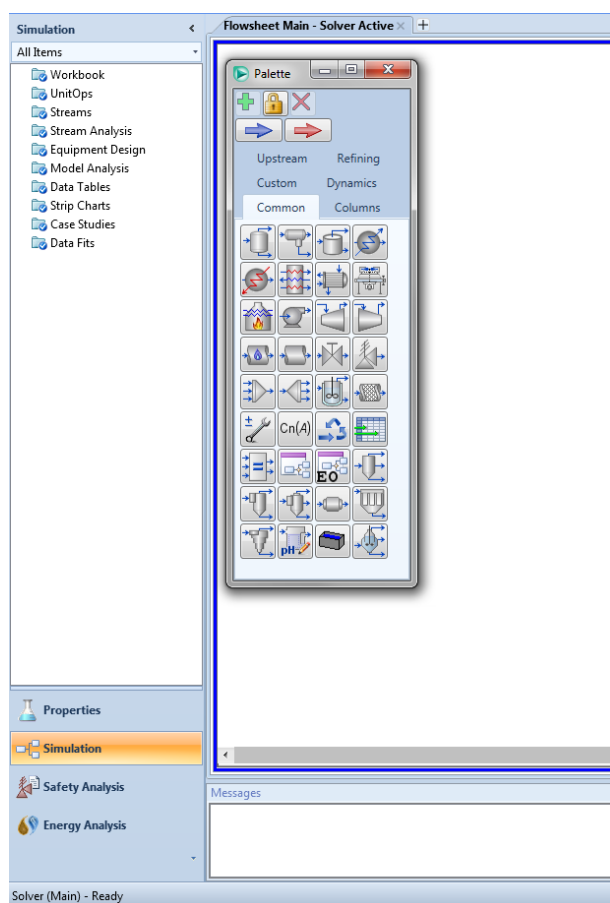


Рисунок 8. Вход в среду моделирования

## 7. УСТАНОВКА ПИТАЮЩИХ ПОТОКОВ

В общем, сначала в среде моделирования надо установить один или несколько питающих потоков. Следующая процедура объясняет, как создать и настроить новый поток из палитры объектов.

1. На палитре объектов нажмите кнопку материального потока (синяя стрелка). Открыть палитру объектов можно клавишей **F4**.

2. Нажмите в области PFD. Поток появляется, обозначенный знаком с синей стрелкой и номером, установленным по умолчанию, как имя потока.

### 7.1. Ввод параметров состояния потока

Далее определим минимум данных, определяющих состояние потока. Дадим имя потоку и зададим температуру, давление и молярный расход.

1. Двойным нажатием на знак потока откроем окно свойств потока. Большинство окон свойств HYSYS разбиты на вкладки, каждая вкладка разбита на страницы. Должна открыться вкладка **Worksheet** (*рабочая ведомость*), страница **Conditions** (*условия*).

2. В поле **Stream Name** (*имя потока*) введите **Feed 1**.

3. В ячейку **Temperature** (*температура*) вставьте **16**. В выпадающем списке единиц измерения HYSYS показывает единицу измерения по умолчанию, в нашей задаче это градус Цельсия. Это подходящая единица измерения в нашем примере. Нажимаем **Enter**.

4. Перейдём в ячейку **Pressure** (*давление*). Если известно давление потока в отличающихся от единиц измерения по умолчанию, HYSYS введённое значение автоматически преобразует в установленную единицу измерения по умолчанию. Допустим, что давление потока известно в МПа. В нашем примере давление в потоке Feed 1 равняется 4 МПа. В ячейку **Pressure** вводим **4**. Для ввода значения в других единицах измерения, нажимаем на знак стрелки вниз в выпадающем списке единиц измерения, и открывает их список. Прокручиваем список для поиска нужной размерности, **МПа**, или печатаем, HYSYS подберёт нужную единицу. После выбора нажимаем **Enter**. HYSYS автоматически преобразует давление в единицу измерения по умолчанию **bar**, и переместит выделение на ячейку **Molar Flow**.

5. В ячейку **Molar Flow** вводим **170 000** и нажимаем **Enter**. По умолчанию единица измерения молярного расхода  $\text{m}^3/\text{d}(\text{gas})$ , поэтому не надо изменять единицу измерения.

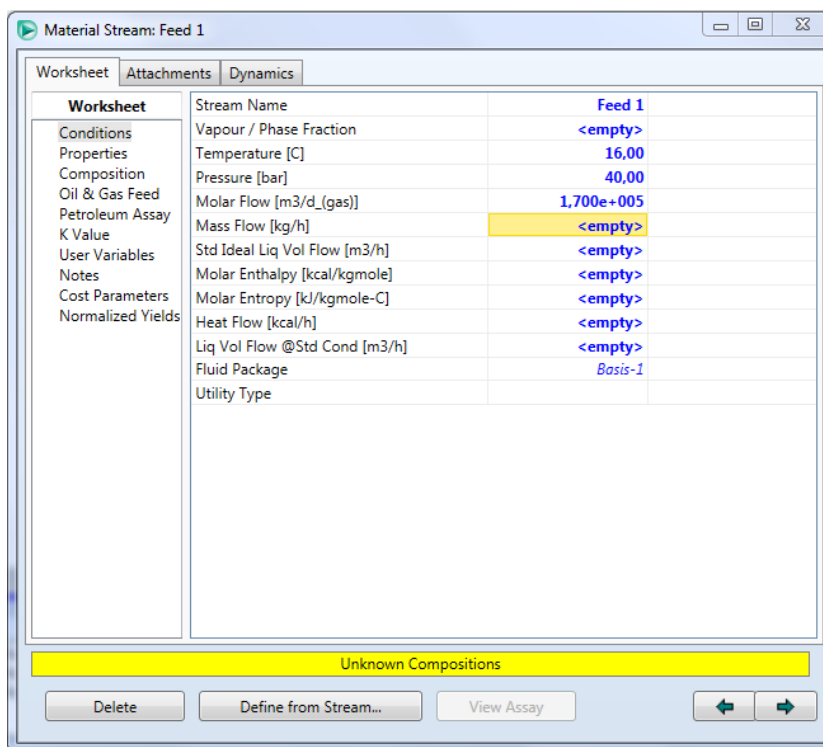


Рисунок 9. Установка материального потока

## 7.2. Определение состава потока

Теперь надо указать компонентный состав потока.

1. Для перехода на страницу компонентного состава нажмём **Composition** (композиция) на вкладке **Worksheet**. По умолчанию компоненты представлены в Mole Fractions (мольные доли).

2. Нажмём в ячейке **Mole Fractions** для **Nitrogen**. Введём 0,01 и нажмём Enter. Появится окно свойств **Input Composition for Stream:** (ввод композиции потока). Это окно предназначено для оптимального задания спецификации компонентного состава потока и полного завершения ввода композиции потока.

3. Нажмём в ячейке **Mole Fractions** для **CO<sub>2</sub>**, введём 0,01, и нажмём Enter.

4. Введём остальные фракции, как показано в таблице 1.

Таблица 1

Nitroge	0.01
CO2	0.01
Methane	0.6
Ethane	0.2
Propane	0.1
i-Butane	0.04
n-Butane	0.04



Когда введём долю каждого компонента, внизу окна свойств **Total** (*общее*) будет равно 1,0000.

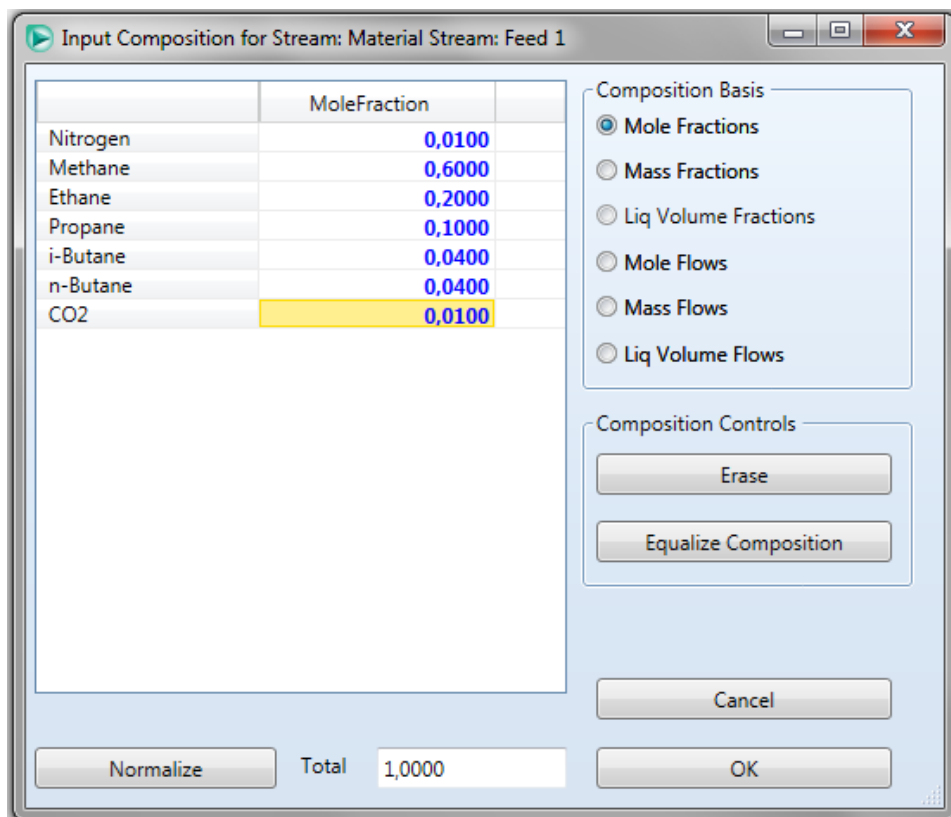


Рисунок 10. Определение компонентного состава потока

5. Нажимаем **OK** и HYSYS принимает состав. Поток сейчас определён, HYSYS передаёт условия для определения остальных свойств потока.

В окне свойств Feed 1 нажмём на **Conditions** для возвращения на страницу параметров потока. Показаны рассчитанные параметры потока. Заданные значения показаны синим цветом, а рассчитанные – чёрным. У мультифазных потоков можно горизонтальный ползун переместить для просмотра параметров каждой из фаз. Новая или обновлённая информация автоматически передаётся по всей модели. Закройте окно свойств потока.

**Примечание:** в таблице 2 описаны методы, доступные для определения состава потока в Input Composition.

Таблица 2

<p>Переключатели Composition Basis (<i>единицы измерения состава</i>)</p>	<p>Позволяет вводить состав потока в других долях, не в Mole Fraction, или в расходах потока, путём выбора доступных переключателей перед вводом данных.</p>
<p>Normalizing (<i>нормализация</i>)</p>	<p>Позволяет ввести относительные соотношения компонентов. Например, 2 части N<sub>2</sub>, 2 части CO<sub>2</sub>, 120 частей C<sub>1</sub> и т. д. Вместо предварительного перевода этих пропорций в доли компонента, введём количество частей для каждого компонента и нажмём кнопку <b>Normalizing</b>. HYSYS рассчитает значения доли компонента с общей суммой равной 1,0. Нормализация также бывает полезна когда поток состоит только из нескольких компонентов. Вместо задания нулевых долей (или расходов) для других компонентов, введём доли (или расходы) для ненулевых компонентов, оставляя другие <b>&lt;empty&gt;</b>. Нажимаем кнопку <b>Normalizing</b> и HYSYS поставит другим компонентам долю равной нулю.</p>
<p>Расчётный статус / цвет</p>	<p>При вводе состава доля компонента (или расхода) сначала отображается красным, показывая, что окончательный состав неизвестен. Эти значения станут синими когда состав будет рассчитан. Тремя способами может быть рассчитан состав потока:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Введённые доли всех компонентов, включая нулевые, в сумме равны точно 1,0000. Нажимаем ОК.</li> <li>• Вводим доли, расходы или отношения всех не нулевых компонентов. Нажимаем <b>Normalizing</b>, затем ОК.</li> <li>• Вводим расходы или отношения для всех компонентов, включая любые нулевые компоненты, нажимаем ОК.</li> </ul> <p>Красный и синий цвета установлены по умолчанию. Можно сделать другие установки на странице Colors в окне свойств Session Preferences.</p>

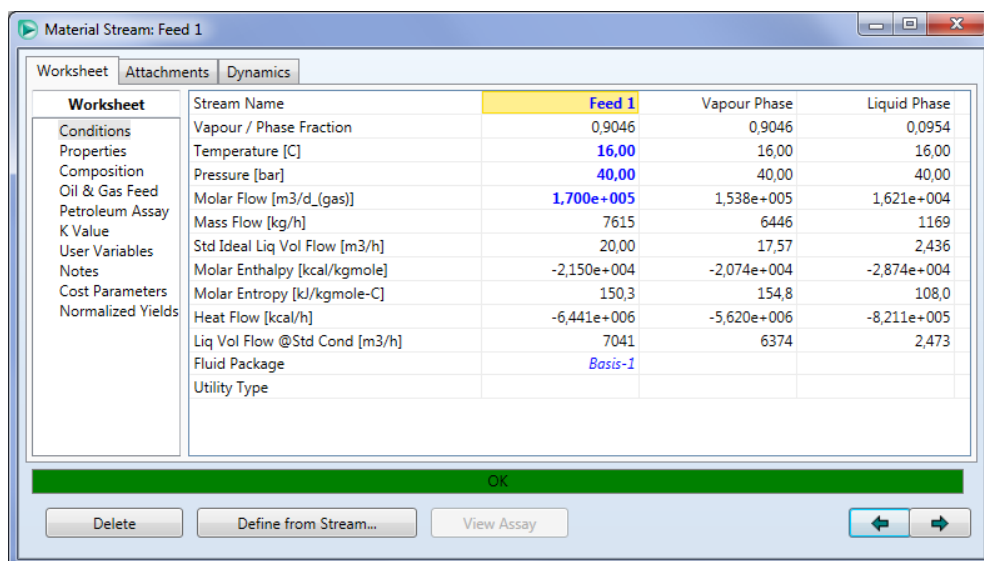


Рисунок 11. Созданный первый поток сырья

## 8. СОЗДАНИЕ ВТОРОГО ПОТОКА ПИТАНИЯ

При создании второго сырьевого потока можно использовать другой способ, например, нажать клавишу **F11**. По умолчанию материальные потоки обозначаются с помощью чисел, начиная с 1 (энергетические потоки начинают обозначаться с Q-100).

1. Создайте второй материальный поток и задайте ему параметры как в таблице 3.

Таблица 3

Name (имя)	Feed 2
Temperature	16
Pressure	40
Molar Flow	110 000

2. Далее, переходим на страницу **Composition** и нажимаем кнопку **Edit...** Появляется окно **Input Composition for Stream**. Текущая установка по умолчанию Composition Basis это Mole Fraction. Можно ввести состав потока в массовых долях. Для этого переключим в **Composition Basis** на **Mass Fractions** (*массовые доли*).

3. Введём относительные массовые доли компонентов как показано в таблице 4 (этот поток не содержит CO<sub>2</sub> и его ячейку оставим пустой).

Таблица 4

Nitrogen	6	Propane	60
CO2	<empty>	i-Butane	30
Methane	120	n-Butane	24
Ethane	60		

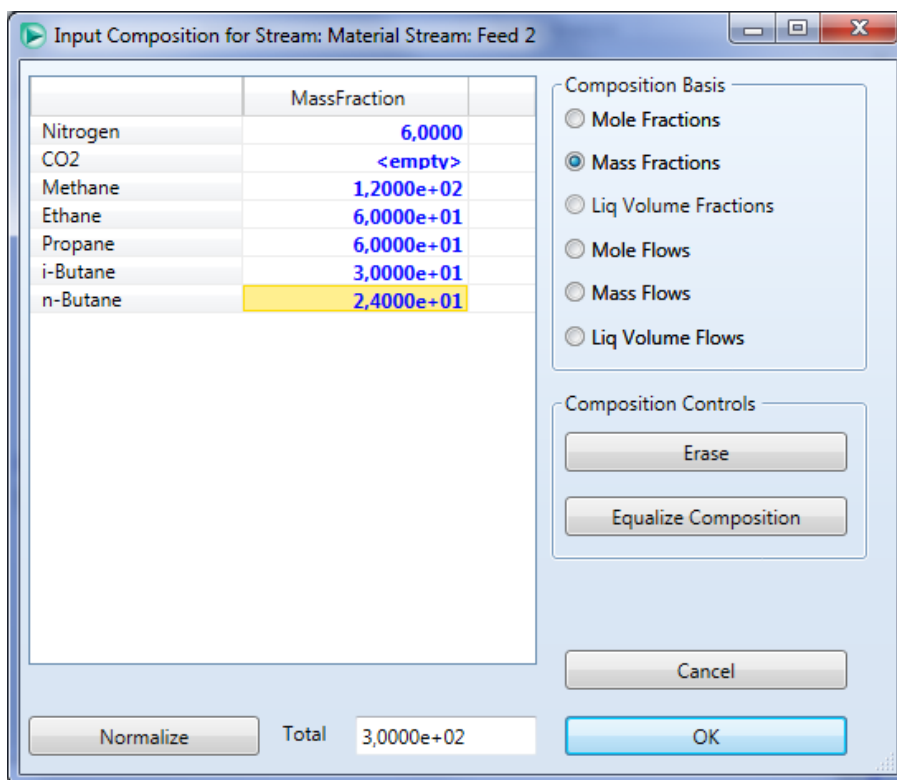


Рисунок 12. Ввод состава потока в относительных массовых долях компонентов

4. После ввода значений нажмём **Normalize**, для преобразования введённых значений. Значение компонента CO<sub>2</sub> задано программой равной нулю.

5. Нажмём **OK** для закрытия окна и вернёмся в окно потока. HYSYS быстро выполнил расчёты по определению неизвестных свойств потока Feed 2 и окрасил строку состояния в зелёный цвет.

## 9. ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА: ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА

HYSYS может прикрепить разнообразные инструменты анализа и мониторинга к объектам технологической схемы. Здесь рассмотрим, как прикрепить фазовую диаграмму к материальному потоку используя инструмент анализа HYSYS Envelope (*конверт*)

Инструмент анализа по существу отделен от потока и других объектов, прикрепленных к потоку. Если удалить его, то основной объект не изменится. Аналогичным образом, если удалить поток, то инструмент останется как объект в папке анализа на навигационной панели, но не будет отражать какую-либо информацию, пока не прикрепите его к другому потоку.

1. В окне потока **Feed 2** перейдем на вкладку **Attachments** (*вложения*) и выберем страницу **Analysis** (*анализ*).

2. Нажмем кнопку **Create...** (*создать*).

3. В окне **Available Stream Analysis** (*доступные анализы потока*) выбираем **Envelope** и нажимаем **Add**. Появляется окно **Envelope**. Если окно не появилось, то при выделенном **Envelope-Feed 2** нажмите кнопку **View**. Переходим на вкладку **Performance**. HYSYS создаёт и показывает график фазового равновесия для потока. Нажатием правой кнопки на графике можно изменить вид графика, масштаб и настройки принтера.

4. Выберем вкладку **Performance** и страницу **Plots** (*графики*). По умолчанию тип Envelope установлен PT. Для просмотра других типов равновесия выберем соответствующий переключатель в группе **Envelope Type**. В зависимости от выбранного типа равновесия, можно задать и вывести кривые качества, гидратообразования, изотермы и изобары. Чтобы полученное окно было более читаемым, увеличьте или измените размеры окна. Для просмотра информации в табличном виде перейдите на страницу **Table** (*таблица*).

5. Закройте окна **Envelope** и **Feed 2**.

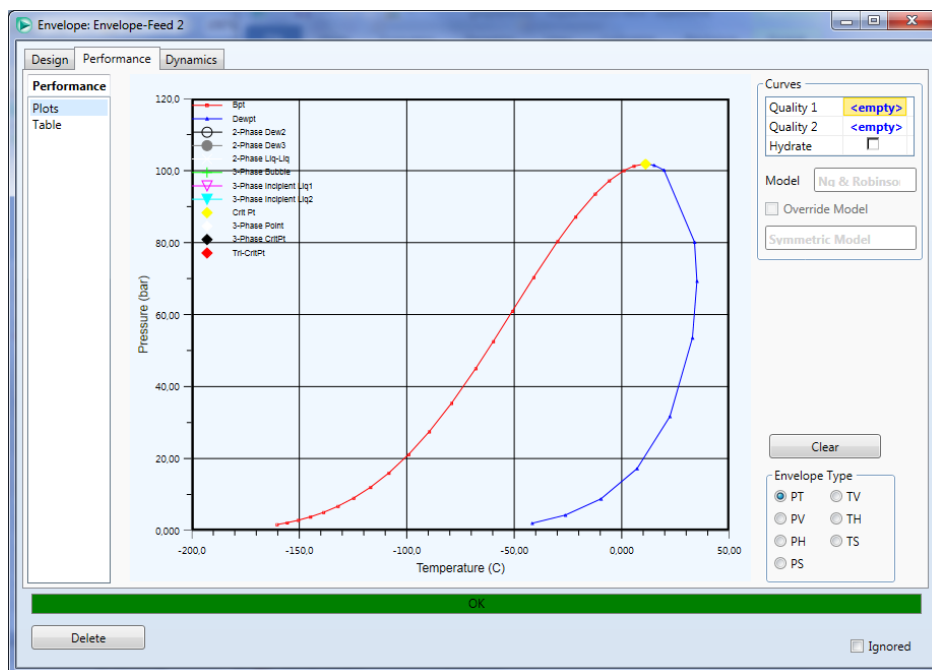


Рисунок 13. Применение анализа равновесия

## 10. УСТАНОВКА СМЕСИТЕЛЯ

Задав потоки питания, теперь установим операторы переработки газа. Сначала установим *Mixer* (*смеситель*), используемый для объединения двух потоков питания. Как и большинство задач в HYSYS, установку оператора можно осуществить несколькими способами. Один из способов – с помощью вкладки *Unit Ops* (*операторы*) в *Workbook* (*рабочая тетрадь*). Рабочая тетрадь представляет собой электронную таблицу для всей модели, разделённую на типы объектов и среды моделирования. Можно использовать рабочую тетрадь как альтернативный способ добавления, редактирования и удаления операторов в задаче.

1. На навигационной панели нажмите папку **Workbook**. Перейдите на вкладку **Unit Ops** в *Workbook*.

2. Нажмите на кнопку **Add UnitOp**. Появляется селектор *UnitOps* со списком всех доступных операторов.

3. В поле **Available Unit Operations** (*доступные операторы*) выберите **Mixer** и нажмём кнопку **Add**. Для облегчения поиска нужного оборудования в группе **Categories** выберете **Piping Equipment**. Смеситель добавлен и появляется окно **Mixer**. В окне селектора *UnitOps* нажмите **Cancel** (*отменить*) для закрытия этого окна.

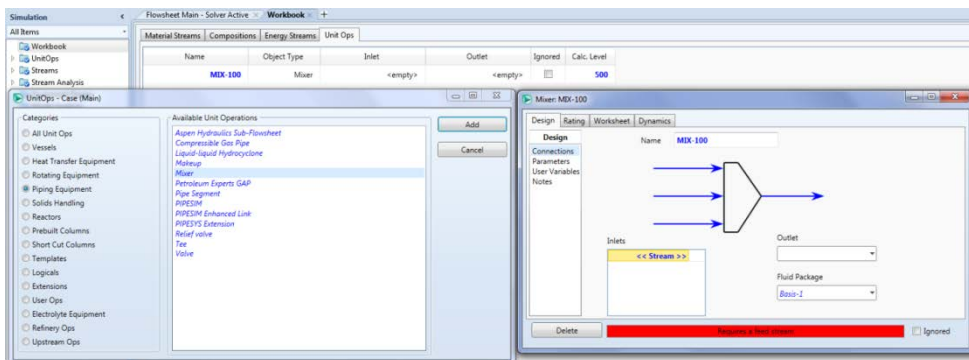


Рисунок 14. Добавление смесителя из окна *Workbook*

Как и для потока, окно оператора содержит всю информацию, определяющую оператор. Окно состоит из вкладок и страниц. Четыре вкладки имеются у смесителя: *Design*, *Rating* (номинальные характеристики), *Worksheet* и *Dynamics*. Эти вкладки имеются у большинства окон операторов.

HYSYS присваивает по умолчанию смесителю имя MIX-100. Как и для потоков, принцип присвоения имён операторам по умолчанию может быть изменен в окне *Session Preferences*.

Многие операторы, такие как смеситель, имеют несколько потоков питания. Когда имеется таблица как в группе Inlets, оператор может в этом месте соединяться с несколькими потоками. Когда курсор находится в поле Inlets, открывается доступ к выпадающему списку с доступными потоками.

В строке состояния в нижней части окна видна надпись **Requires a feed stream** (*требуется поток питания*).

1. В группе **Inlets** нажмём стрелку рядом с ячейкой <<**Stream**>> (*поток*).

2. Выберем **Feed 1** из списка. Поток добавлен в список Inlets и <<**Stream**>> автоматически перемещается вниз к новой пустой ячейки.

3. Повторим соединение для второго потока **Feed 2**.

Индикатор состояния теперь отображает **Requires a product stream** (*требуется продуктовый поток*). Теперь рассмотрим, как добавлять новый поток в технологическую схему из оператора.

1. Нажмите в поле **Outlet** (*выход*).

2. Напечатайте **MixerOut** в ячейке и нажмите Enter. HYSYS распознает, что не существует поток с таким именем и создаст новый поток MixerOut. Индикатор статуса сейчас светиться зеленым с надписью ОК, показывающей, что оператор соединён с потоками и полностью рассчитан.

3. Перейдите на страницу Parameters.

4. В группе **Automatic Pressure Assignment** (*автоматическое присвоение давлений*) оставляем установку по умолчанию **Set Outlet to Lowest Inlet** (*выход сделать равным наименьшему из входящих*).

HYSYS рассчитал выходной поток смешав два входящих и разделил на фазы смесь, при наименьшем давлении из двух входящих потоков. В нашем примере оба входящих потока имеют одинаковое давление (40 бар), поэтому у выходного потока установлено давление 40 бар.

Для просмотра рассчитанных значений выходного потока перейдите на вкладку **Worksheet**, страница **Conditions**. Вкладка Worksheet представляет собой в сжатом виде рабочую тетрадь, отражающую только потоки, связанные с выбранной операцией.



Name	Feed 1	Feed 2	MixerOut
Vapour	0,9046	0,9103	0,9069
Temperature [C]	16,00	16,00	16,00
Pressure [bar]	40,00	40,00	40,00
Molar Flow [m3/d_(gas)]	1,700e+005	1,100e+005	2,800e+005
Mass Flow [kg/h]	7615	4855	1,247e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	20,00	12,78	32,78
Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-2,150e+004	-2,056e+004	-2,113e+004
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	150,3	149,6	150,1
Heat Flow [kcal/h]	-6,441e+006	-3,986e+006	-1,043e+007

Рисунок 15. Смеситель рассчитал выходной поток

Теперь, когда смеситель полностью определен, закройте окно для возврата в Workbook. Новая операция появилась в таблице на вкладке Unit Ops в Workbook.

В таблице показывается: Name, Object Type (*тип объекта*), Inlet, Outlet (*выход*), Ignored (*игнорировать*), Calc.Level (*расчётный уровень*)

При выборе оператора в таблице и нажатии View UnitOp, появляется окно выбранного оператора. Также можно двойным нажатием на любую ячейку (кроме Inlet, Outlet и Ignored), связанную с этим оператором, открывает окно оператора.

Когда активны любые ячейки Name, Object Type, Ignored или Calc.Level, в поле внизу вкладки Unit Ops отображаются все потоки связанные с текущим оператором. Сейчас выбрана ячейка Name для MIX-100, и в поле отображены три потока, связанные с этой оператором.

Открыть окно нужно потока можно непосредственно на вкладке Unit Ops.

## 11. УСТАНОВКА ВХОДНОГО СЕПАРАТОРА

Далее можно установить и определить входной сепаратор, который разделяет двухфазный поток MixerOut на паровую и жидкую фазы.

1. На навигационной панели выбираем **Workbook**, в окне **Workbook** выбираем вкладку **UnitOps**.

2. Нажимаем **Add UnitOp** и в группе **Vessels** выбираем **Separator**.

3. Нажимаем **Add**. Появляется окно Separator открытое на странице Connections вкладки Design.

4. В ячейке **Name** изменяем имя на **InletSep** и нажимаем Enter.

5. Нажимаем стрелку справа от ячейки **<<Stream>>** и выбираем поток **MixerOut**.

6. Входим в ячейку **Vapour Outlet**, печатаем **SepVap** и нажимаем Enter для создания парового выходного потока.

7. Переходим в ячейку **Liquid Outlet** и вводим имя **SepLiq**, нажимаем Enter. Энергетический поток может быть подведён для нагрева или охлаждения содержимого сосуда, но в нашем примере энергетический поток не требуется.

8. На вкладке **Design** выбираем страницу **Parameters**. Текущие значения по умолчанию для Delta P(перепад давления), Volume, Liquid Volume (объём жидкости) и Liquid Level (уровень жидкости) являются приемлемыми. Значения по умолчанию Volume, Liquid Volume и Liquid Level как правило применяются только для сосудов работающих в динамическом режиме или с присоединёнными реакциями.

9. Для просмотра расчётных значений выходного потока перейдём на вкладку **Worksheet**, страницу **Conditions**. Когда закончите, закройте окно сепаратора.

## 12. ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИЙ WORKBOOK

Перед установкой оставшихся операторов, можно ознакомиться с рядом функций Workbook, которые позволят быстро получить информацию и изменить отображение информации. Продвинутые пользователи, после установки технологической схемы, уделяют большое внимание рабочей тетради. Познакомимся с некоторыми её функциями.

### 12.1. Совет: управление доступом к оператору из Workbook

Любая ячейка в рабочей книге работает как ссылка к родительскому объекту. Если дважды нажать на имя оператора, то откроется окно управления оператором. Если дважды нажать на имя потока, или даже значение, представленное под заголовком потока, то откроется окно свойств потока.

Попробуйте: нажмите на любую ячейку, связанную с потоком SepVar, находящуюся на вкладке Material Streams (материальные потоки). Список внизу формы показывает операторы, которые связаны с этим потоком. Для доступа к окну любому из этих операторов дважды нажмите на имени оператора.

### 12.2. Добавление новой вкладки в рабочую тетрадь

Можно изменить рабочую тетрадь для отображения заданной информации. Сейчас создадим новую вкладку рабочей тетради, для вывода только давления потока, температуры и расхода.

1. На навигационной панели выберем **Workbook**.
2. На ленте выберите вкладку **Workbook**.
3. На ленте **Workbook** нажмём **Setup** (установка). Появляется окно Setup Workbook Tabs.

Четыре существующие вкладки представлены в поле Workbook Tabs. Когда добавим новую вкладку, она будет вставлена перед выделенной вкладкой (сейчас перед Material Streams).

1. В списке группы **Workbook Tabs** выберите вкладку **Compositions**.
2. В группе **Workbook Tabs** нажимаем **Add**. Появляется окно New Object Type (*тип нового объекта*).
3. Нажмите знак рядом со **Stream** для открытия веток дерева Material Stream и Energy Streams.
4. Выберите **Material Stream** и нажмите ОК. Возвращаемся в окно **Setup**, и новая вкладка появляется в списке после вкладки Material Streams.

5. В рамке **Object** (*объект*) выбираем ячейку **Name** и изменяем имя для новой вкладки с установленного по умолчанию Streams на **P,T,Flow** для лучшего описания содержания вкладки.

Далее настроим вкладку, удалив ненужные переменные.

6. В группе **Variables** (*переменные*) удерживая клавишу Ctrl выбираем **Vapour Fraction** (*паровая фракция*), **Mass Flow** (*массовый расход*), **Heat Flow** (*тепловой поток*) и **Molar Enthalpy** (*молярная энтальпия*). Четыре переменные сейчас выделены. Отпустите кнопку Ctrl.

7. Нажмите кнопку **Delete**. Переменные удалены из списка.

Закройте окно Setup для возврата в окно Workbook и проверьте новую вкладку. Можно сохранить задачу.

The screenshot shows the Aspen Plus Workbook interface with a new tab named 'P,T,Flow' selected. The 'Material Streams' section is active, displaying a table of process variables. The table has columns for 'Name', 'Feed 1', 'Feed 2', 'MixerOut', 'SepVap', 'SepLiq', and '\*\* New \*\*'. The 'Name' column is highlighted in blue. Below the table, there are options for 'Fluid Pkg' (set to 'All'), 'Include Sub-Flowsheets', 'Show Name Only', and 'Number of Hidden Objects' (set to 0). The 'Horizontal Matrix' checkbox is checked.

Name	Feed 1	Feed 2	MixerOut	SepVap	SepLiq	** New **
Temperature [C]	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	
Pressure [bar]	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	
Molar Flow [m3/d_(gas)]	1,700e+005	1,100e+005	2,800e+005	2,539e+005	2,608e+004	
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	20,00	12,78	32,78	28,86	3,919	

Рисунок 16. Новая вкладка, добавленная в рабочую тетрадь

### 13. УСТАНОВКА ТЕПЛООБМЕННИКА

Далее установим теплообменник газ/газ. До этого момента создали пять потоков и два оператора без обращения к технологической схеме. Теплообменник установим непосредственно в технологическую схему используя палитру объектов. Если ещё находитесь в окне Workbook, перейдите на вкладку **Flowsheet Main** или нажмите на ленте **View > Flowsheet**. Увидите, что основная схема создана автоматически.

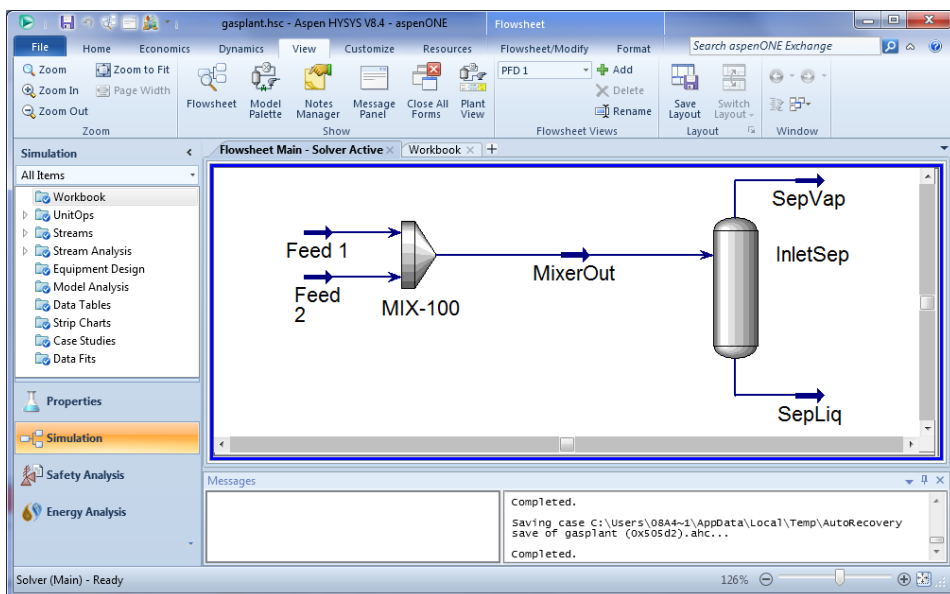


Рисунок 17. Объекты автоматически размещены на технологической схеме

Нажмите **F4** для открытия палитры объектов.

На палитре объектов, на вкладке **Common** дважды нажмите на знак **Heat Exchanger** (теплообменник). Окно теплообменника откроется на вкладке **Design** на странице **Connections**.

1. В поле **Name** поменяем имя оператора с установленного по умолчанию E-100 на **Gas/Gas**.

2. Соединим входные и выходные потоки как показано в таблице 5, используя ранее изученные методы. Надо создать все потоки, кроме SepVap, который уже существует и должен быть выбран из выпадающего списка Tube Side Inlet (вход в трубное пространство).

Таблица 5

Поле	Значение
Name	Gas/Gas
Tube Side Inlet	SepVap
Shell Side Inlet (выход в межтрубное пространство)	LTSVap
Tube Side Outlet (выход из трубного пространства)	CoolGas
Shell Side Outlet (выход из межтрубного пространства)	SalesGas

3. Перейдём на страницу **Parameters**. В рамке Heat Exchanger Model имеется несколько моделей теплообменников на выбор. Модель **Simple End Point** (которая подразумевает расчёт среднего температурного напора по концевым точкам) установлена по умолчанию и является подходящей для этого примера.

4. В группе **End Point Model** введём 0,5 бар в ячейки **Specified Pressure Drop** (задание потерь давления) для **SHELL-SIDE** (межтрубное пространство) и **TUBE-SIDE** (трубное пространство).

5. Перейдём на вкладку **Rating** (номинал) и выберем страницу **Sizing** (размер). В группе **Configuration** (конфигурация) изменяем в ячейке **Tube Passes per Shell** (число проходов труб) значение на 1. При этом может появиться сообщение: Number of tube passes must be an even multiple of the shell passes (число трубных проходов должно быть кратно межтрубным проходам). В **First Tube Pass Flow Direction** (первое направление трубного потока) должно стоять **Counter** (противоток).

Закройте окно теплообменника и перейдите на вкладку **P,T,Flow** окна рабочей тетради.

Новый поток CoolGas ещё не определён, так как неизвестна температура. Поток CoolGas будет определён позже, когда температурный подбор будет задан для теплообменника Gas/Gas. Обратите внимание, как передаётся часть информации (для потока CoolGas) по всей технологической схеме. HYSYS всегда рассчитывает, как можно больше свойств, из возможных для потоков, основываясь на доступной информации.

Name	Feed 1	Feed 2	MixerOut	SepVap
Temperature [C]	16,00	16,00	16,00	16,00
Pressure [bar]	40,00	40,00	40,00	40,00
Molar Flow [m3/d_(gas)]	1,700e+005	1,100e+005	2,800e+005	2,539e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	20,00	12,78	32,78	28,86
Name	SepLiq	LTSVap	CoolGas	SalesGas
Temperature [C]	16,00	<empty>	<empty>	<empty>
Pressure [bar]	40,00	<empty>	39,50	<empty>
Molar Flow [m3/d_(gas)]	2,608e+004	<empty>	2,539e+005	<empty>
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	3,919	<empty>	28,86	<empty>

Рисунок 18. Возвращение в окно рабочей тетради – потоки теплообменника ещё не рассчитаны

### 13.1. Совет: наведите порядок в PFD

Если потоки и операторы не видны в рабочей области, можно перейти на ленте на вкладку **Flowsheet/Modify** и в поле **Flowsheet** нажмём на **Auto Position All** (*автоматически расставить всё*). Эта команда может открываться с помощью небольшой стрелки, расположенной в правом нижнем углу поля Flowsheet. HYSYS теперь отображает все потоки и операторы, расположив их в логическом порядке. Для расположения технологической схемы по центру экрана также удобно пользоваться командой *Zoom to Fit* (*изменить в размер экрана*) на вкладке ленты View.

PFD представляет графически модель, показывает соединения между всеми потоками и операторами. Как и в рабочей тетради, можно открыть окно свойств для объекта двойным нажатием на его значок.

При размещении курсора на объекте появляется всплывающее окно с краткой информацией. При выборе любого объекта правой кнопкой вызывается специализированное меню объекта.

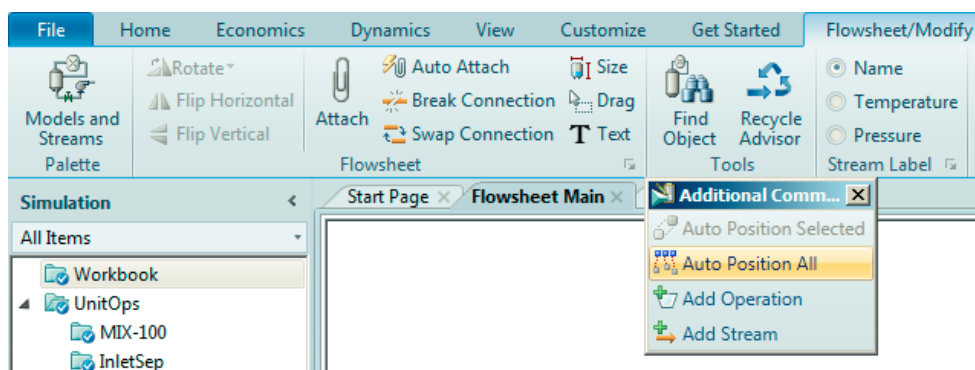


Рисунок 19. Доступ к командам позиционирования с помощью небольшой открывающейся стрелки

### 13.2. Совет: цветовое обозначение PFD и расчётные статусы

Прежде чем продолжить, взгляните, как PFD позволяет отслеживать расчётный статус объектов на схеме. Напоминаем, индикатор статуса, располагающийся внизу окна свойств потока или оператора, отображает три различных состояния объекта

Таблица 6

Статус индикатора	Описание
Красный	Преимущественно отсутствует основная информация, требуемая для расчёта объекта. Например, питающий или выходящий поток не соединён с сепаратором. Индикатор отображается красным и появляется соответствующее предупреждение.
Жёлтый	Вся требуемая основная информация представлена, но поток или оператор не может быть решён в связи с имеющимися степенями свободы. Например, у холодильника неизвестна температура выходящего потока. Индикатор отображается жёлтым, и появляется соответствующее предупреждение.
Зелёный	Поток или оператор полностью определён и решён. Индикатор отображается зелёным, и появляется сообщение ОК.

Имейте в виду, что вышеуказанные цвета установлены в HYSYS по умолчанию. Можно изменить/настроить цвета в Session Preferences (*настройки сессии*).

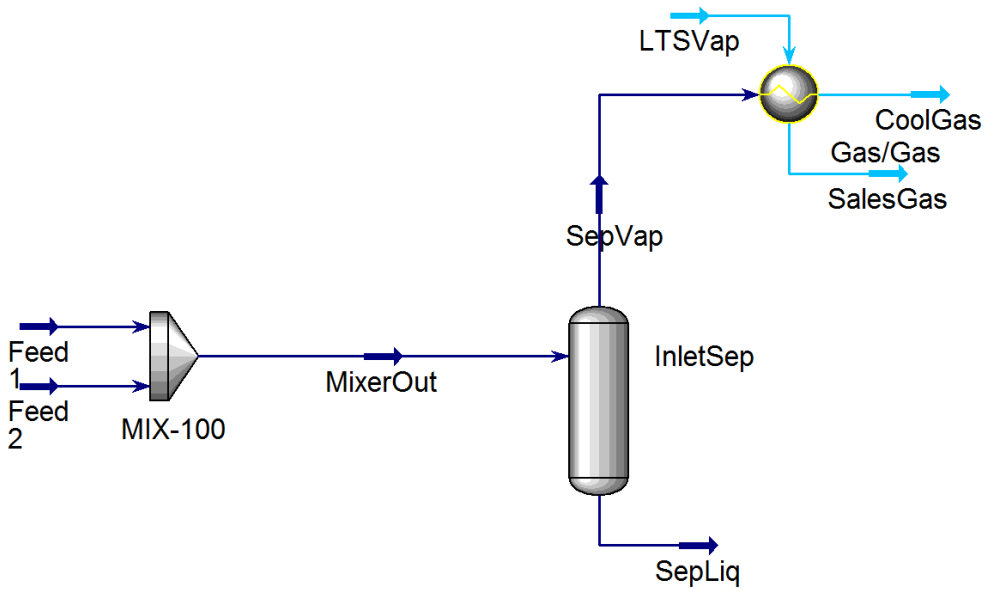


Рисунок 20. Схема с теплообменником газ-газ

Когда работаем в PFD, потоки и операторы также выделяются различными цветами для обозначения их расчётного статуса. Смеситель и входной сепаратор рассчитаны полностью, поэтому они обведены черной линией. Однако, у теплообменника газ/газ условия потока выходящего из трубного пространства и обоих потоков межтрубного пространства неизвестны. Поэтому теплообменник обведён жёлтой линией, показывающей, что его статус – нерешённый.



Также цветами показывается состояние потоков. Обозначение знака материального потока тёмно-синим цветом указывает, что поток сведён и полностью известен. Светло-синий цвет знака показывает, что поток не сведён пока какая-то дополнительная информация не будет введена. Также темно-красный цвет знака энергетического потока указывает, что нагрузка известна. А фиолетовый цвет знака показывает, что нагрузка не известна.

Знаки всех потоков на этом этапе тёмно-синие, кроме потоков для теплообменника по межтрубному пространству LTSVar и SalesGas, и выходного из трубного пространства CoolGas.

## 14. УСТАНОВКА ХОЛОДИЛЬНИКА

Следующим шагом будет установка холодильника, который будет смоделирован с помощью оператора Cooler. Нажмём F4 для доступа к палитре объектов.

Холодильник будет размещён в правой части, для создания свободного пространства на экране PFD, переместите вправо горизонтальный ползун прокрутки.

1. Нажмите на знак **Cooler** на палитре объектов.
2. Расположите курсор на PFD.
3. Нажмите на PFD, где хотите поместить холодильник.

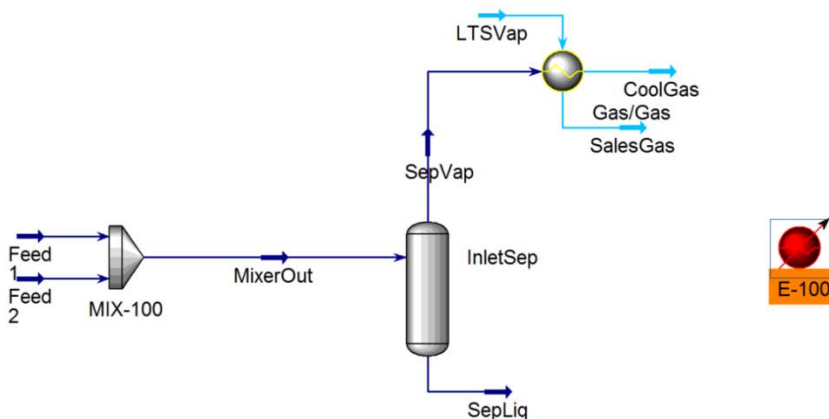


Рисунок 21. Размещение холодильника справа от входного сепаратора

HYSYS создаёт новый холодильник с именем по умолчанию E-100. Знак холодильника выделен, имеет красный цвет, показывая, что требуются питающие и продуктовые потоки.

### 14.1. Подключение холодильника

Сделаем соединение потока с оператором графически. Также можно соединить используя форму оператора, выбирая пар для подключения из списка.

1. Нажмите значок **Attach** на ленте **Flowsheet/Modify** для входа в режим соединения. (В режиме соединения нельзя перемещать объекты в PFD. Можно временно переключаться между режимами соединения и перемещения удерживая клавишу CTRL нажатой. Для возврата в режим перемещения нажмите значок **Attach** ещё раз.

2. Подведите курсор к правому концу значка потока **CoolGas**. На кончике курсора появляется небольшое окно. Сквозь просвечивающее окно можно видеть квадратную точку подключения и всплывающее описание, прикреплённое к острию курсора. Всплывшая надпись «Out»

(выход) показывает, какая часть потока доступна для подключения. В данном случае это выход потока.

3. Нажмите и удерживайте «**Out**». Вместо прозрачного квадрат становится сплошного черного цвета, показывая, что начинаете соединение объекта.

4. Продолжая удерживать, переместите курсор к левой (входной) стороне холодильника. Появляется линия между знаком потока CoolGas и курсором, а также появляется точка подключения на входе холодильника.

5. Расположите курсор около точки подключения, и линия прикрепится к этой точке. На конце курсора появляется белый квадрат, указывая на доступную конечную точку для соединения.

6. Отпустите левую кнопку мыши, и соединение будет установлено с точкой подключения на входе холодильника.

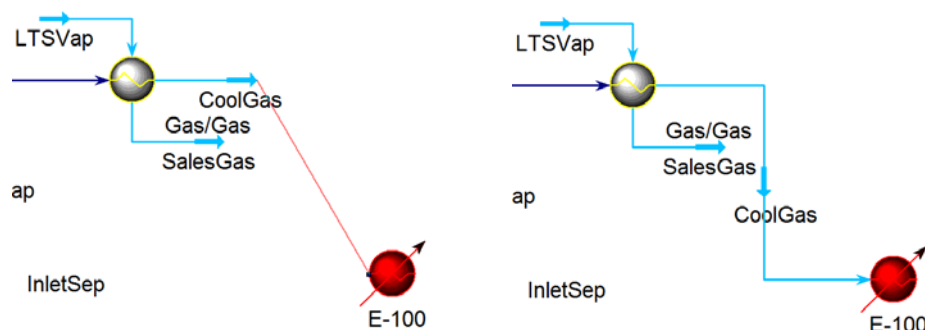


Рисунок 22. Применение режима соединения для графического соединения теплообменника с холодильником

## 14.2. Графическое добавление выходящего и энергетического потоков

Расположите курсор с правой стороны значка холодильника. Появится точка соединения и надпись «**Product**» (*продукт*).

1. Нажмите и удерживайте появившуюся точку соединения. Белый квадратик становится чёрным.

2. Переместите курсор вправо от холодильника. Появится белый значок потока соединённый с выходом холодильника линией. Значок потока показывает, что новый поток будет создан после завершения следующего шага.

3. Когда виден белый значок потока, отпустите левую кнопку мыши. HYSYS создаёт новый поток с именем 1 по умолчанию.

4. Повторите шаги для создания энергетического потока холодильника, беря начало соединения от верхнего конца стрелки на значке

холодильника. Новому потоку автоматически присваивается имя Q-100. Холодильник становится жёлтым, показывая, что все необходимые соединения сделаны, но подключенные потоки не полностью определены.

5. Нажмите значок режима соединения для возврата в режим перемещения.

### **14.3. Совет: Для разрыва неправильного соединения**

1. Нажмите значок **Break Connection** (*разрыв соединения*) на панели Flowsheet/Modify.

2. Переместите курсор на линию, соединяющую два значка. Появится галочка, прикреплённая к курсору, указывающая на доступное соединение для разрыва.

3. Нажмите один раз для разрыва соединения.

## 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Материальные потоки и энергетический поток холодильника неизвестны на данный момент, так что они голубого и фиолетового цветов, соответственно.

1. Двойным нажатием на значок холодильника откройте его окно свойств.

2. На странице **Connection** (*соединения*) имена для потоков Inlet, Outlet Energy (энергия), которые недавно были присоединены, появятся в соответствующих ячейках.

3. В поле **Name** измените имя оператора на Chiller (*холодильник*).

4. Перейдите на страницу **Parameters**. В поле **Delta P** задайте перепад давления 0,5 бар.

5. Закройте окно свойств холодильника.

В данный момент холодильник имеет две степени свободы. Одна из них будет исключена, когда после определения параметров теплообменника HYSYS задаст температуру потоку CoolGas.

Для использования оставшейся степени свободы, либо температура выходного потока из холодильника или значение энергетического потока должны быть заданы. Количество отводимого тепла неизвестно, поэтому укажем начальное предположение  $-20^{\circ}\text{C}$  для выходного потока из холодильника. Позже, эта температура может быть изменена для обеспечения желаемой температуры точки росы товарного газа.

1. Двойным нажатием на значок выходящего потока откроем его окно свойств.

2. В поле **Name** поменяйте имя на **ColdGas**.

3. В поле **Temperature** укажите температуру  $-20^{\circ}\text{C}$ . Оставшаяся степень свободы для потока сейчас используется, и HYSYS мгновенно определяет свойства ColdGas. Закройте окно свойств ColdGas и вернитесь в окно PFD. Холодильник остаётся жёлтым, потому что температура потока CoolGas неизвестна.

4. Двойным нажатием на значок энергетического потока (**Q-100**) откроем его окно свойств. Требуемое значение нагрузки холодильника (в ячейке Heat Flow) рассчитывается HYSYS когда температура теплообменника будет указана в следующем разделе.

5. Переименуем энергетический поток в **C3Duty** и закроем окно свойств.

## 16. УСТАНОВКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СЕПАРАТОРА

Теперь, когда холодильник установлен, на следующем этапе установим низкотемпературный сепаратор (LTS – Low-Temperature Separator), как разделитель газа и конденсата потока ColdGas.

### 16.1. Добавление и подключение LTS

Сделайте доступно пустое пространство справа, от холодильника, используя горизонтальную прокрутку.

1. На панели объектов расположите курсор на значке сепаратора.
2. Нажмите, удерживайте и переместите курсор на PFD, справа от холодильника. Отпустите правую кнопку мыши для размещения сепаратора на PFD. Новый сепаратор появляется с именем по умолчанию V-100.

Сепаратор будет иметь два выходных потока, жидкости и газа. Газовый выходной поток LTSVar, который является входным потоком в межтрубное пространство теплообменника газ/газ, уже был создан. Выходной поток жидкости будет новым потоком.

3. Двойным нажатием на сепаратор открываем его окно свойств. На странице **Design > Connections** устанавливаем потоки, как показано в таблице 7.

Таблица 7

Inlets	Coldgas (выбирая из списка)
Vapour Outlet	LTSVar (выбирая из списка)
Liquid Outlet	LTSLiq (печатаем как новый)

4. В поле **Name** изменяем имя на **LTS**. Закрываем окно свойств сепаратора.

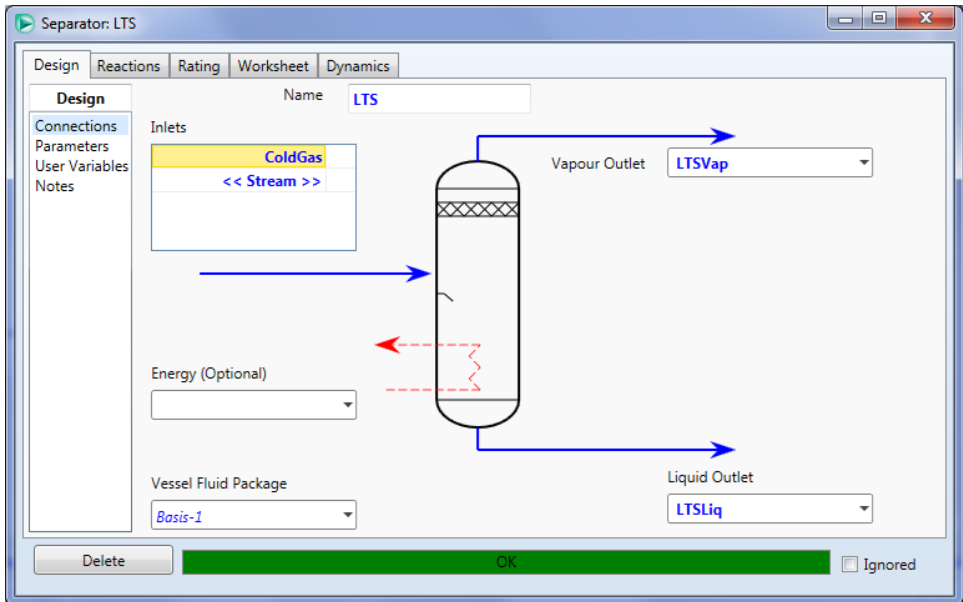


Рисунок 23. Соединения низкотемпературного сепаратора

## 16.2. Добавление спецификаций теплообменника

В данный момент выходной поток из теплообменника газ/газ ещё неизвестен.

1. Двойным нажатием на значок **Gas/Gas** открываем окно свойств теплообменника.
2. Переходим на вкладку **Design** – страница **Specs**.

Страница Specs позволяет задать спецификации для теплообменника. В группе Solve на этой странице показано, что имеется две неизвестных переменных (Unknown Variables) и число ограничений (Constraints) равно 1, таким образом, оставшиеся число степеней свободы (Degrees of Freedom) равно 1. HYSYS предоставляет два ограничения по умолчанию в группе Specification, хотя только одно имеет значение.

Таблица 8

Спецификация	Описание
Heat Balance ( <i>тепловой баланс</i> )	Тепловые нагрузки трубного пространства и межтрубного должны быть равны, таким образом, тепловой баланс должен быть равен нулю
UA	Это произведение общего коэффициента теплопередачи (U) и площади теплообмена (A). HYSYS не обеспечивает по умолчанию значение UA, и на данный момент значение неизвестно. Оно будет рассчитываться HYSYS, когда другое ограничение будет сделано.

Чтобы использовать оставшуюся степень свободы, зададим 10 градусов Фаренгейта для минимальной температуры к горячей стороне входа в теплообменнике.

1. В группе **Specification** нажмём кнопку **Add**. Появится окно ExchSpec (Exchanger Specification).

2. В ячейке **Name** поменяем имя на **Hot Side Approach**.

По умолчанию спецификация в ячейке **Type** используется **Delta Temp**, которая позволяет задавать разницу температур между двумя потоками. Ячейки **Stream (+)** и **Stream (-)** соответствуют тёплому и холодному потокам, соответственно.

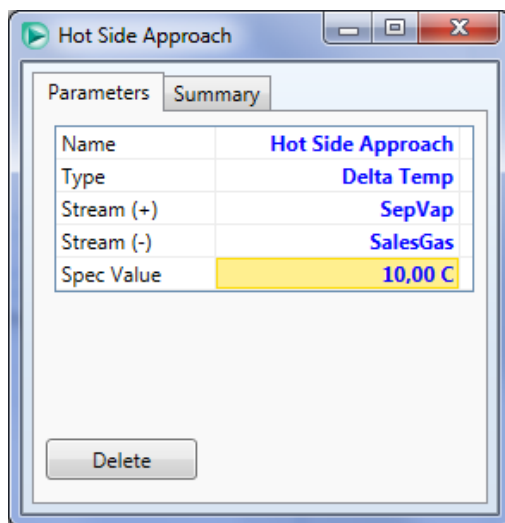


Рисунок 24. Установка Hot Side Approach

- В ячейке **Stream (+)** выбираем **SepVap** из выпадающего списка.
- В ячейке **Stream (-)** выбираем **SalesGas** из выпадающего списка.
- В ячейке **Spec Value** вводим 10 °C.

HYSYS сведёт обе спецификации и неизвестные потоки будут определены.

### 16.3. Обзор результатов

1. Закройте окно свойств **ExchSpec** для возврата в окно свойств **Gas/Gas**. Новая спецификация появилась в группе **Specifications** на вкладке **Desine** > страница **Specs**.

2. Выберем вкладку **Worksheet** > страница **Conditions** для просмотра свойств рассчитанных потоков.

Используя заданную спецификацию, HYSYS рассчитал температуру **CoolGas** – 7,65 °C. (Очень незначительные отличия могут дать



различные версии HYSYS). Все потоки на схеме теперь полностью известны.

3. Выберем вкладку **Performance**, затем страницу **Details**, где HYSYS отображает общую производительность и поэлементную производительность.

Два интересующих параметра UA и LMTD (логарифмическая средняя разница температур), которые HYSYS рассчитал, имеют значения  $2,58e+04$  кJ/C·h и 17,36 C, соответственно.

4. Когда закончите рассмотрение результатов, закройте окно свойств Gas/Gas.

Worksheet	Name	SepVap	CoolGas	LTSVap	SalesGas
Conditions	Vapour	1,0000	0,9457	1,0000	1,0000
Properties	Temperature [C]	16,00	7,653	-20,00	5,997
Composition	Pressure [bar]	40,00	39,50	39,00	38,50
PF Specs	Molar Flow [m3/d_(gas)]	2,539e+005	2,539e+005	1,938e+005	1,938e+005
	Mass Flow [kg/h]	1,058e+004	1,058e+004	6868	6868
	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	28,86	28,86	20,41	20,41
	Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-2,036e+004	-2,060e+004	-1,963e+004	-1,932e+004
	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	154,4	151,0	149,0	154,0
	Heat Flow [kcal/h]	-9,110e+006	-9,217e+006	-6,703e+006	-6,596e+006

Рисунок 25. Расчёты теплообменника газ-газ

## 17. ПРОВЕРКА ТОЧКИ РОСЫ ТОВАРНОГО ГАЗА

На следующем этапе проверим поток SalesGas на соответствие требованиям по температуре точки росы. Это делается для предотвращения образования жидкости в трубопроводе. Возьмём для нашего примера температуры точки росы  $-10^{\circ}\text{C}$  при давлении 55 бар.

Для проверки точки росы:

1. Создадим поток с составом как у SalesGas.
2. Задаём давление точки росы.
3. HYSYS рассчитывает новому потоку температуру точки росы.

Для этого установим операцию Balance (*баланс*).

### 17.1. Установки оператора Balance

1. Нажатием **F12** открываем окно UnitOps, определяем в рамке Categories группу **Logicals**, выделяем **Balance** и нажимаем **Add**. Появится окно свойств нового оператора.

2. В поле **Name** печатаем **DewPoint**. В таблице **Inlet Stream** в ячейке **<<Stream>>** выбираем **SalesGas**.

3. В таблице **Outlet Stream** в ячейке **<<Stream>>** создаём поток, впечатывая **SalesDP**, и нажимаем Enter. Изменения, сделанные в газовой фракции, температуре или давлении нового выходного потока SalesDP не повлияют на остальную часть схемы. Однако, изменения, которые влияют на входной поток SalesGas, вызовут пересчёт SalesDP из-за молярного баланса между этими двумя потоками.

4. Перейдём на вкладку **Parameters**.

5. В группе **Balance Type** выбираем кнопку **Component Mole Flow**.

Долю пара и давление SalesDP теперь можно указать и HYSYS выполнит расчёт для определения неизвестной температуры.

1. Перейдём на вкладку **Worksheet**.

2. В колонке **SalesDP**, в ячейке **Vapour** вводим **1.0**.

3. В ячейке **Pressure** вводим **55** бар.

HYSYS пересчитывает поток для этих условий. Температура точки росы  $-16,87^{\circ}\text{C}$ , что находится в пределах допуска для трубопроводов, который равен  $-10^{\circ}\text{C}$ .

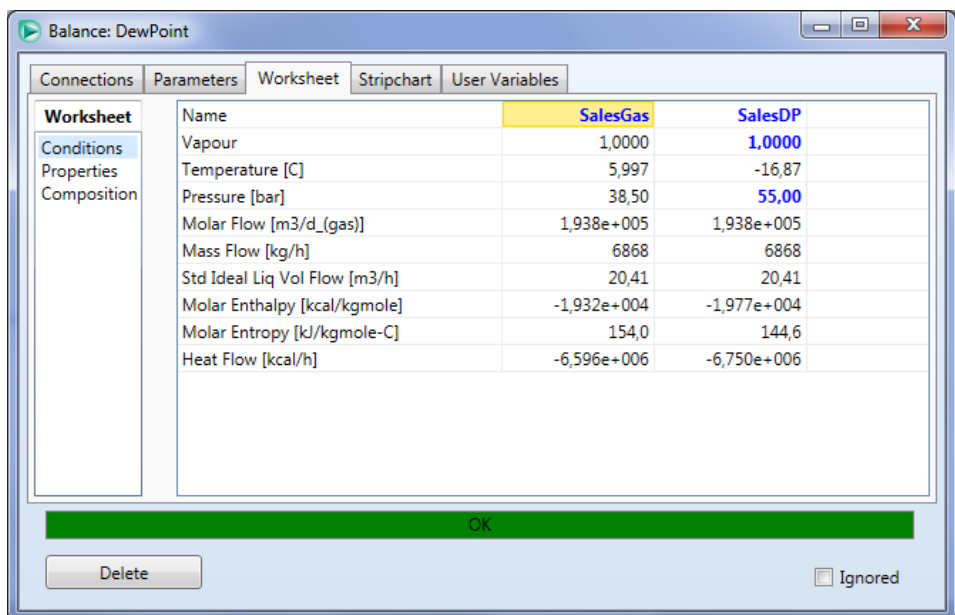


Рисунок 26. Ввод доли пара и давление для потока SalesDP

Закройте окно свойств DewPoint для возврата в PFD.

Примечание: когда HYSYS создал баланс и новый поток, их значки вероятно разместились далеко справа на PFD. По желанию можно переместить значки Balance и SalesDP в более удобное место, например, сразу же справа от потока SalesGas.

## 18. УСТАНОВКА ВТОРОГО СМЕСИТЕЛЯ

Установим второй смеситель, который объединяет два потока жидкости, SepLiq и LTSLiq, в единой поток питания для ректификационной колонны.

1. На PFD освободим некоторое пространство справа от низкотемпературного сепаратора, используя горизонтальную прокрутку.

2. Нажмём на значок **Mixer** во вкладке **Common** палитры объектов, и разместим оператор справа от значка потока LTSLiq.

3. Откроем форму **Connections** для смесителя. В поле **Inlets** выберем потоки **LTSLiq** и **SepLiq**.

4. В поле **Outlet** напечатаем имя нового потока **TowerFeed**, и нажмём Enter.

5. Не покидая открытую форму правой кнопкой мыши кликнем на имени TowerFeed, и выберем View в контекстном меню. Откроется окно свойств нового потока. HYSYS автоматически объединит два входящих потока и направит смесь для определения свойств выходящего потока.

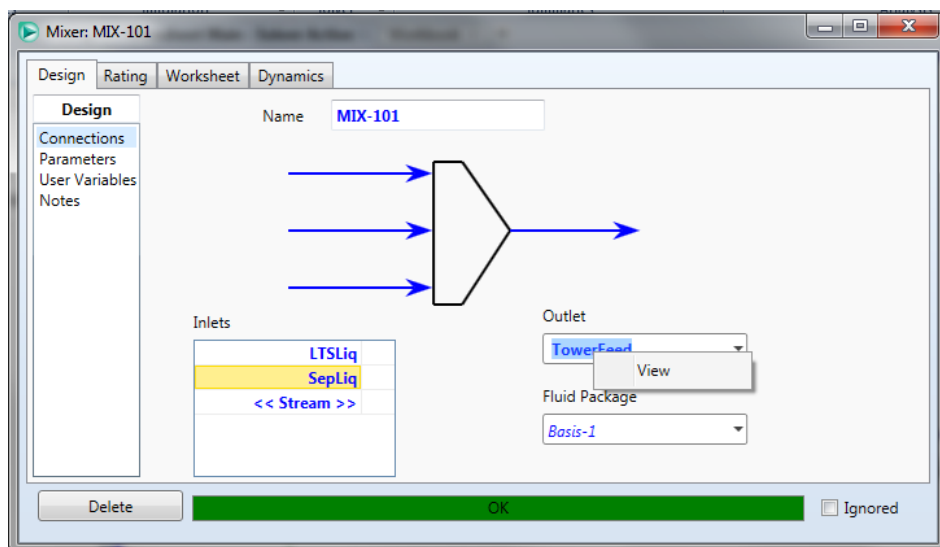


Рисунок 27. Нажатие правой кнопкой мыши на имени потока для просмотра свойств потока

Закройте окно свойств.

## 19. УСТАНОВКА КОЛОННЫ ДЕПРОПАНИЗАЦИИ

Как правило колонны являются наиболее сложными операторами в модели. HYSYS имеет ряд готовых шаблонов колонн, которые можно установить и настроить, изменяя имеющиеся по умолчанию спецификации. Используем один из шаблонов и настроим ректификационную колонну.

Сначала перейдём в меню **File > Options > Simulation Options > Simulation** и проверим, что флажок установлен в **Use Input Experts**. Эта настройка включает «мастера» – последовательность установочных окон, которые при добавлении колонны помогут задать параметры колонны.

На палитре объектов выберем вкладку **Columns** и двойным кликом на значке **Distillation Column Sub-Flowsheet** откроем первую страницу окна свойств мастера установки.

### 19.1. Расчёт тарелок колонны

При установке шаблона колонны HYSYS вводит информацию по умолчанию, такую как число тарелок. Сейчас должна быть активна ячейка **#Stages** (число тарелок). Она выделена широкой рамкой и содержит число 10 (число тарелок по умолчанию).

Отметим некоторые моменты:

- это теоретические тарелки, по умолчанию HYSYS устанавливает эффективность тарелок равной единице. Что бы задать реальные тарелки измените эффективной тарелок позже;
- конденсатор и ребойлер рассчитываются отдельно от других тарелок и не входят в число тарелок колонны.

В нашем примере будет использоваться 10 теоретических тарелок, поэтому значение по умолчанию для числа тарелок оставим без изменения.

1. В таблице **Inlet Stream** нажмём на **<<Stream>>** и в выпадающем списке выберем **TowerFeed** в качестве потока питания колонны.

HYSYS обеспечивает по умолчанию расположение потока питания на среднюю тарелку, в нашем примере на 5 тарелку (5\_Main TS). Используем значение по умолчанию.

2. В колонне получаем Overhead Vapour (*верхний пар*) и Bottoms Liquid (*нижняя жидкость*), но не будет Overhead Liquid (*верхняя жидкость*).

В группе **Condenser** (конденсатор) выбираем переключатель **Full Rflx**. Поток дистиллята удаляется. Это тоже самое, как поставить парциальный конденсатор и задать нулевой расход дистиллята.

3. Введите имена потоков и колонны как показано в таблице 9.

Таблица 9

Column Name (имя колонны)	DePropanizer
Inlet Stream	TowerFeed
Condenser Energy Stream (энергетический поток конденсатора)	CondDuty
Ovhd Vapour Outlet	Ovhd
Reboiler Energy Stream (энергетический поток ребойлера)	RebDuty
Bottoms Liquid Outlet	LiquidProd

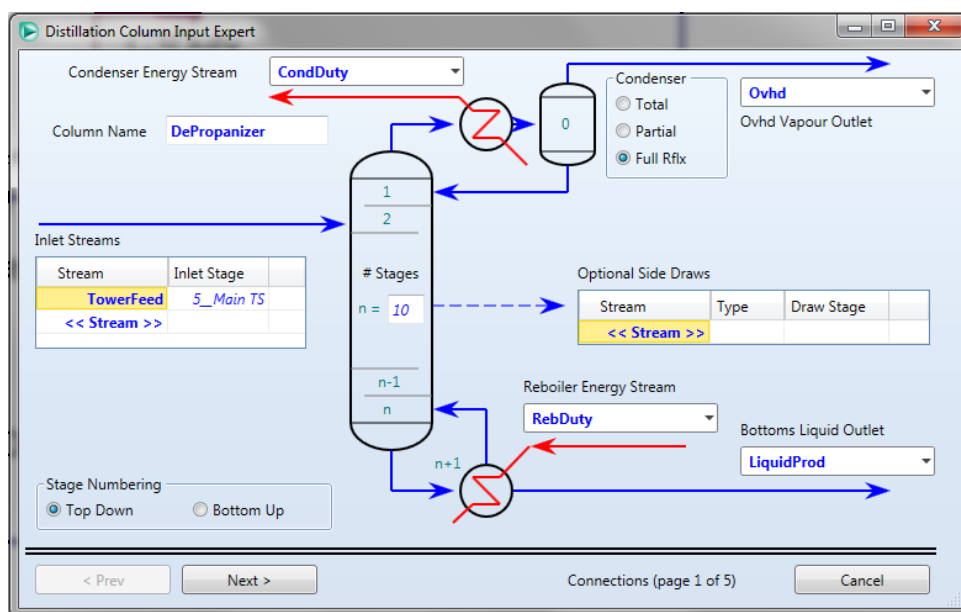


Рисунок 28. Первая страница мастера создания колонны

Когда введёте все данные кнопка **Next** будет активна и можно перейти на следующую страницу мастера создания колонны.

1. Нажмите **Next** для перехода к окну конфигурации ребойлера. Выберите предлагаемый по умолчанию тип ребойлера.

2. Нажмите **Next** для перехода к странице профиля давления. В поле **Condenser Pressure** (давление в конденсаторе) введите **13,6** бар.

В поле **Reboiler Pressure** (давление в ребойлере) введите **14** бар.

**Condenser Pressure Drop** (перепад давления в конденсаторе) можно оставить на его нулевом значению, предлагаемому по умолчанию.

3. Нажмите **Next** для перехода к странице дополнительных оценок. (Хотя HYSYS не требует оценки для сходимости расчёта колонны, верная оценка, как правило, приводит к более быстрому решению). Укажем оценочную температуру конденсатора **10°C**, а ребойлера **90°C**.

4. Нажмите **Next** для перехода к странице спецификаций мастера установки колонны. Страница спецификаций позволяет задать значения спецификаций по умолчанию, которые создал HYSYS.

5. Введём расход пара **Vapour Rate – 60 000 m<sup>3</sup>/d\_(gas)**, а флегмовое число **Reflux Ratio – 1.0**.

**Flow Basis** относится к расходу пара, оставим по умолчанию размерность Molar.

В общем, ректификационная колонна имеет три спецификации по умолчанию, однако, задав нулевой расход жидкости с верха (конденсатор полного рефлюкса) одна степень свободы исчезла. Для двух оставшихся по умолчанию спецификаций, расход пара с верха является только оценочным, а флегмовое число – активной спецификацией.

6. Нажимаем кнопку **Done** (готов). Появляется окно свойств ректификационной колонны.

Теперь выбираем вкладку **Design**, страницу **Monitor** (монитор). Страница Monitor показывает расчётное состояние колонны, обновляя информацию с каждой итерацией. Можно также изменять размерность спецификаций, активировать или деактивировать спецификации, используемые решателем колонны, непосредственно на этой странице.

## 19.2. Добавление спецификаций колонны

Текущее число степеней свободы равно нулю, указывает, что колонна готова к расчёту. Расход пара, указанный в мастере ввода, однако, сейчас является активной спецификацией. Его используем только в качестве первоначальной оценки для решателя в нашем примере.

1. В строке **Ovhd Vap Rate** снимаем флажок **Active**. Оставив флажок в **Estimate**.

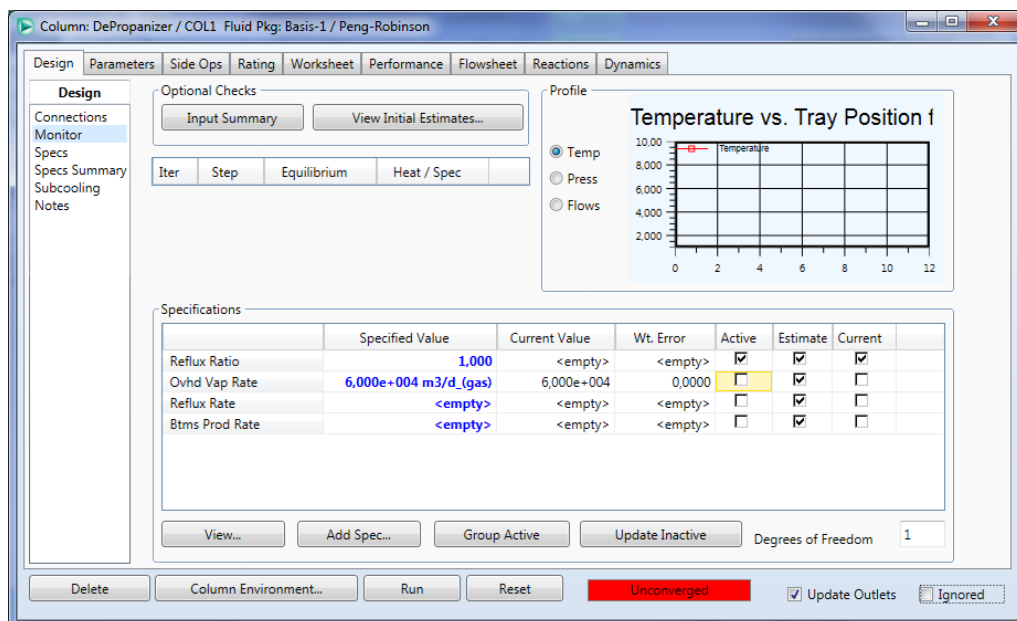


Рисунок 29. Снятие флажка «активный» у расхода пара

Число степеней свободы увеличилось до одного, показывая, что требуется активная спецификация. В нашем примере зададим содержание 2% мол. пропана в кубовой жидкости.

2. Выберите страницу **Specs**. На этой странице перечислены все активные и неактивные спецификации, которые нужны для решения колонны.

3. В группе **Column Specifications** нажимаем **Add**. Появляется окно свойств **Add Specs**.

4. В списке **Column Specification Types** выбираем **Column Component Fraction**. Нажимаем на кнопку **Add Spec(s)**. Появляется окно свойств **Comp Frac Spec**.

5. В ячейке **Name** изменяем имя спецификации на **Propane Fraction**.

6. В ячейке **Stage** выбираем **Reboiler** из выпадающего списка доступных тарелок.

7. В ячейке **Spec Value** вводим 0.02 как размерность спецификации в мольных долях жидкости.

8. Нажимаем на первую ячейку **<<Component>>** в таблице **Components**, и выбираем пропан из выпадающего списка доступных компонентов.



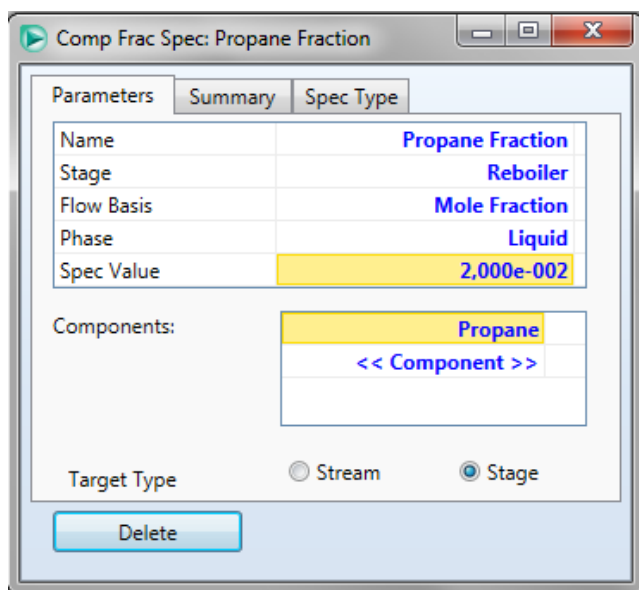


Рисунок 30. Добавление доли компонента

Нажимаем на крестик в правом верхнем углу для закрытия окна свойств и возвращение в окно **Column**. Новая спецификация появляется в списке **Column Specifications** на странице **Specs**. HYSYS автоматически сделал новую спецификацию активной, когда она была создана.

Вернёмся на страницу **Monitor**. Новая спецификация может быть не видима пока не переместитесь вниз таблицы, так как она размещается внизу списка **Specifications**.

Нажмите кнопку **Group Active** для поднятия новой спецификации на верх списка, непосредственно под другими активными спецификациями. Число степеней свободы опять стало равным нулю, поэтому колонна готова к расчёту.

### 19.3. Расчёт колонны

Нажмите кнопку **Run** внизу окна свойств колонны для начала расчёта. Информация отражается на странице Monitor, обновляясь с каждой итерацией. Колонна сходится быстро, за три итерации.

Таблица в группе **Optional Checks** отражает номер итерации, размер шага, ошибку равновесия и ошибку Heat/Spec (теплота/спецификация).

График температуры колонны появляется в группе **Profile**. Можно посмотреть профили давления или расходов.

Индикатор статуса поменялся с **Unconverged** (расчёт не сошёлся) на **Converged** (расчёт сошёлся).

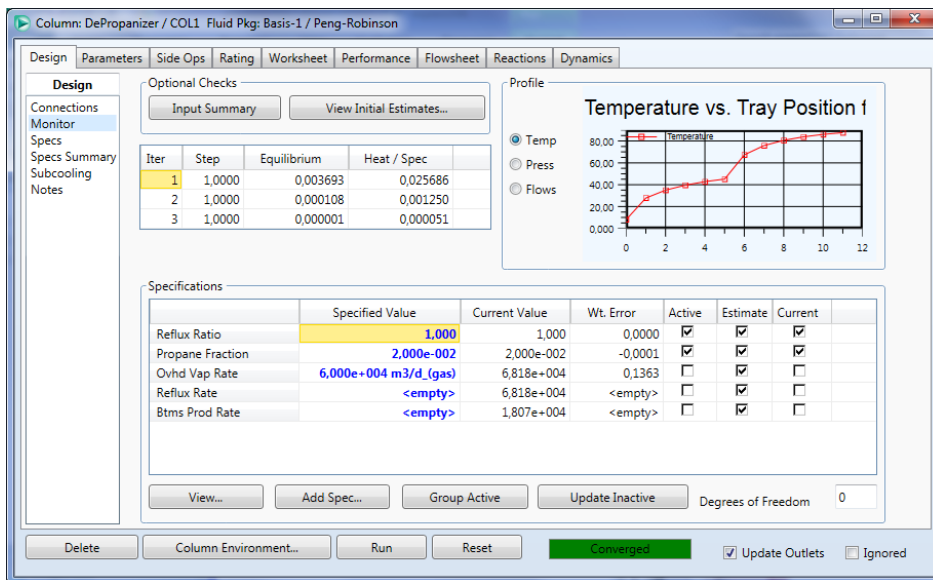


Рисунок 31. Рассчитанная колонна

Перейдите на вкладку **Performance** и выберите страницу **Column Profiles** для доступа к более подробным результатам расчёта тарелок.

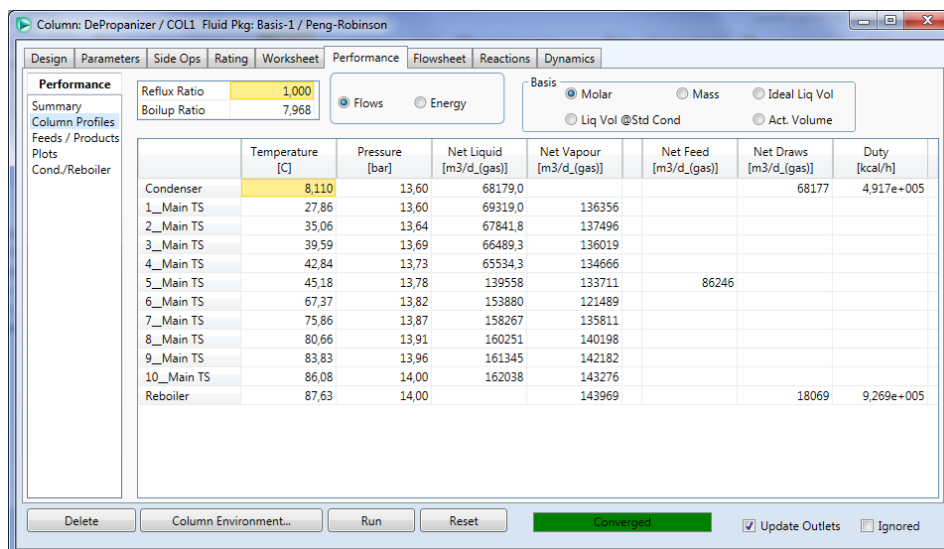


Рисунок 32. Результаты расчёта колонны

### *Совет: Доступ к подсхеме колонны*

Шаблон колонны использует свою технологическую схему для представления её внутренней работы, потоков между колонной, ребойлером, конденсатором и т. д. Когда работаете с колонной, можно сосредоточиться только на соединениях в подсхеме колонны. Для этого надо войти в среду колонны.

Нажмите на кнопке **Column Environment** внизу окна свойств колонны. HYSYS сразу же отразит среду подсхемы колонны.

Когда закончите в среде колонны, вернитесь в главную схему нажав на значке **Go to Parent** на вкладке **Flowsheet/Modify** панели инструментов или кнопку **Parent Environment** (родительская среда) внизу слева формы колонны.

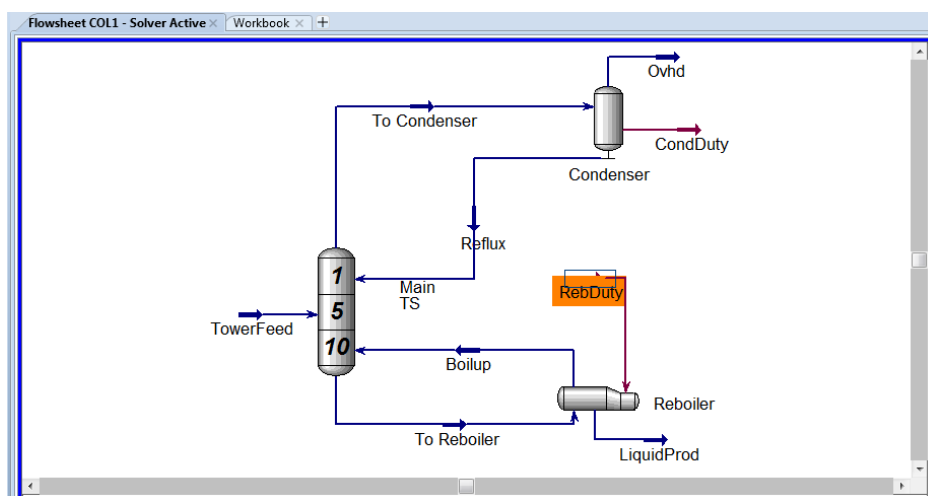


Рисунок 33. Подсхема колонны

## 20. ПРОСМОТР И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Используйте папку **Workbook** на панели навигации для открытия Workbook для главной задачи и просмотра результатов расчёта для всех потоков и операторов

Нажмите на вкладке **Stream** и на вкладке **Compositions**, для ознакомления с результатами расчёта.

## 21. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАВИГАТОРА ОБЪЕКТОВ

Когда все рассчитано, то может понадобиться посмотреть полученные параметры конкретного потока или модульной операции. Навигатор объектов позволяет быстро получить доступ к специализированному окну любого потока или аппарата. Для открытия окна навигатора объектов нажмите клавишу **F3**, или выберите **Find Object** на вкладке **Flowsheet/Modify** панели инструментов.

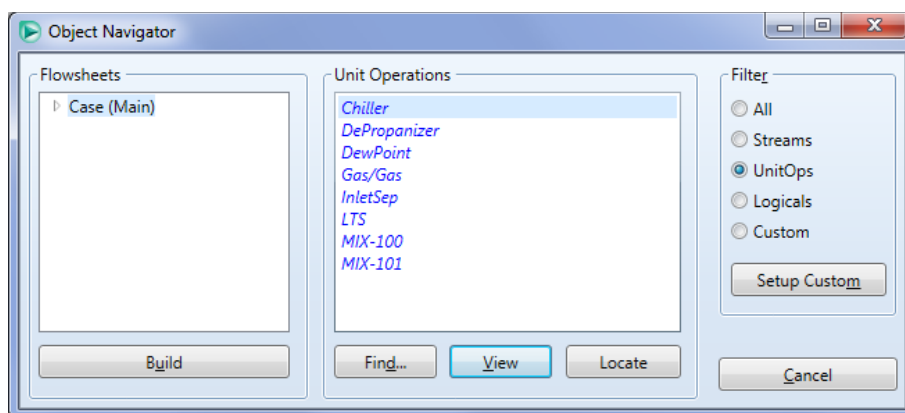


Рисунок 34. Окно навигатора объектов

Так как в групповой рамке Filter сейчас выбрана селективная кнопка UnitOps, в списке слева отображаются только операции, имеющиеся в схеме.

Для открытия специализированного окна операции, надо дважды кликнуть мышкой по имени операции, или выделить её и нажать кнопку View. Для отображения не только операций, но и потоков, нажмите селективную кнопку All в групповой рамке Filter.

Кроме этого, можно выполнить поиск объекта, нажав кнопку Find... Введите имя искомого объекта и откроется специализированное окно этого объекта.

При поиске можно использовать символ (\*). Например, если написать в окне поиска MIX\*, то откроются специализированные окна всех операций, имеющих в своем имени символы MIX.

## 22. ПРИМЕНЕНИЕ ТАБЛИЦЫ ДАННЫХ

Таблицы данных HYSYS обеспечивают удобный способ более подробной проверки технологической схемы. Можно использовать таблицы данных для мониторинга ключевых переменных в различных сценариях процесса, и просмотра результатов в табличном или графическом формате.

В этом примере рассмотрим влияние температуры низкотемпературного сепаратора на точку росы товарного газа, его расход и расход жидкого продукта.

### 22.1. Создание таблицы данных

1. Нажмите **Data Tables** (*таблица данных*) на вкладке **Customize** навигационной панели расчётной среды.

2. Нажмите **Add** во вкладке **Data Tables**. Новая таблица будет добавлена в папку Data Tables с именем по умолчанию ProcData1. На навигационной панели, проинспектировав правой кнопкой мыши папку ProcData1, выбираем **Rename** и переименовываем таблицу в **KeyVars**. Здесь будем добавлять ключевые переменные.

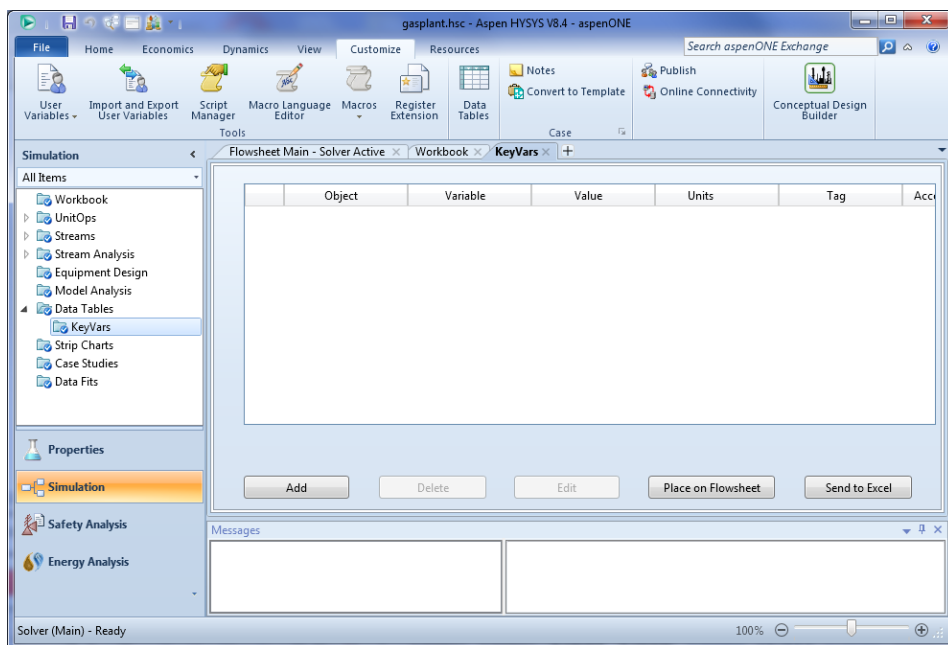


Рисунок 35. Созданная таблица данных KeyVars

3. Нажмите **Add** в новой таблице данных. Открывается **Variable Navigator** (*навигатор переменных*).

Навигатор переменных широко используется в HYSYS для поиска и выбора переменных. Он работает по принципу слева направо. В колонке Flowsheet видно два списка: case или flowsheet, и во вложенной папке column sub flowsheet (подсхема колонны) или DePropanizer (COL1).

4. В группе **Object Filter** (*фильтр объектов*) (справа) выбираем **UnitOps**.

5. В списке **Object** выбираем **LTS**.

6. В списке **Variable** выбираем **Vessel Temperature**. Нажимаем **Add** для добавления переменной в таблицу данных.

7. Продолжаем добавлять переменные в таблицу данных:

- В группе **Object Filter** выбираем кнопку **Stream**. Далее **SalesDP > Temperature**.

- В поле **Variable Description** изменяем описание на **Dew Point** и нажимаем **Add**.

Повторим предыдущие шаги для добавления следующих переменных в таблицу данных.

- Поток **SalesGas** ; переменная **Molar Flow**; описание **Sales Gas Production**.

- Поток **LiquidProd**; переменная **Liq Vol Flow@Std Cond**; описание **Liquid Production**.

8. Закрываем навигатор переменных – **Close**.

Можно вернуться к этой таблице позже, чтобы продемонстрировать как его результаты обновляются по мере пересчёта технологической схеме.

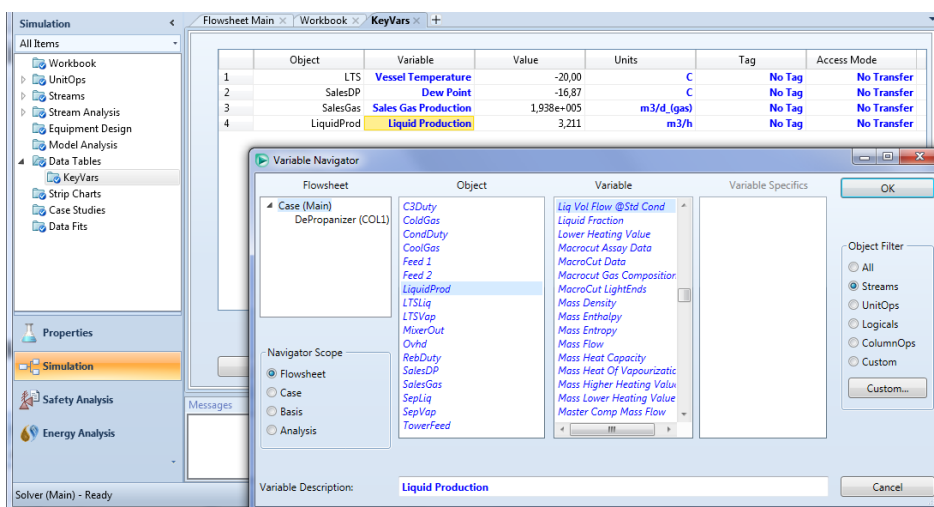


Рисунок 36. Применение навигатора переменных для формирования таблицы данных

## 23. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОТОКА COLDGAS, ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ

В этом разделе изменим температуру потока ColdGas, которая задаёт температуру в низкотемпературным сепаратором, и посмотрим результаты изменений для расчётных параметров в таблице данных процесса.

1. На панели навигации разверните папку **Streams** нажмите правой кнопкой мыши на **Streams > ColdGas** и выберите **Open in New Tab**. Это позволяет держать открытыми вкладки таблицы KeyVars и потока ColdGas.

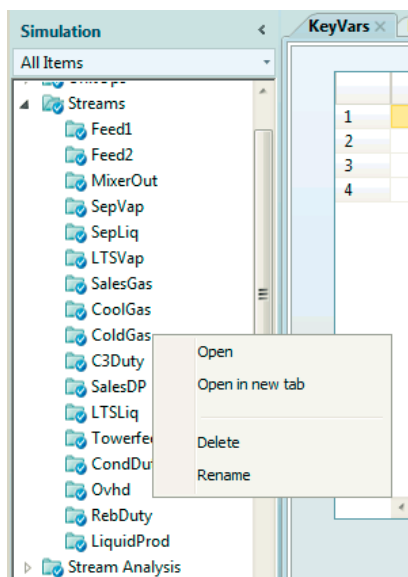


Рисунок 37. Нажатие Open in new tab

2. Правой кнопкой нажимаем вкладку **ColdGas (Material Stream)** и нажимаем **New Vertical Tab Group** из контекстного меню. Окна располагаются рядом.

Установленная температура в LTS  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Основные показатели будут проверены при  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Во вкладке ColdGas в ячейке Temperature введём значение  $-10^{\circ}\text{C}$ . HYSYS автоматически пересчитает технологическую схему. Показываются новые результаты.

Изменение температуры приводит к следующим результатам:

- Расход Sales Gas возрастает с 193 800 до 211 100 м<sup>3</sup>/день.
- Расход Liquid Production уменьшается с 3,211 до 2,868 м<sup>3</sup>/час.
- Точка росы товарного газа возрастает с  $-16,87$  до  $-6,201^{\circ}\text{C}$ . Видно, что эта температура больше не удовлетворяет требуемой точке росы в  $-10^{\circ}\text{C}$ .

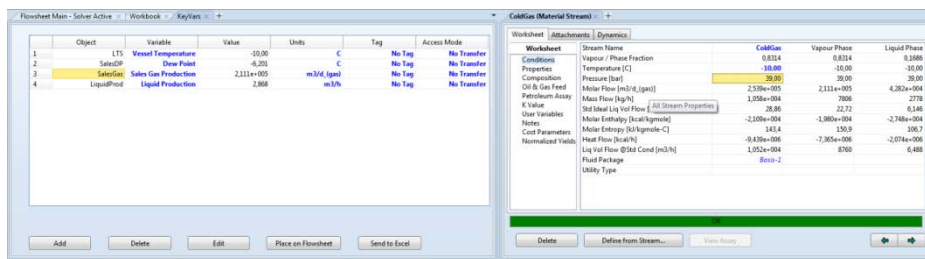


Рисунок 38. Сравнение показателей при температуре ColdGas -20 и -10°C

Нажимаем значок **Close** в окне свойств потока ColdGas и возвращаемся в таблицу данных.



## 24. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

В этом разделе рассмотрим влияние температуры в низкотемпературном сепараторе на точку росы товарного газа и определим его теплоту сгорания. Вначале зададим старое значение температуры потока ColdGas, равное  $-20^{\circ}\text{C}$ :

1. Открываем **Workbook**.
2. На вкладке **Material Streams**, в ячейку **Temperature** потока **ColdGas** вводим значение **-20**.

### 24.1. Вставка электронной таблицы

В HYSYS имеется электронная таблица, позволяющая использовать переменные операторов, проводить расчёты и экспортировать результаты.

Для установки электронной таблицы и вывода окна свойств:

1. Вызываем палитру объектов.
2. На вкладке **Common** двойным щелчком на значок оператора **Spreadsheet** открываем его окно свойств.

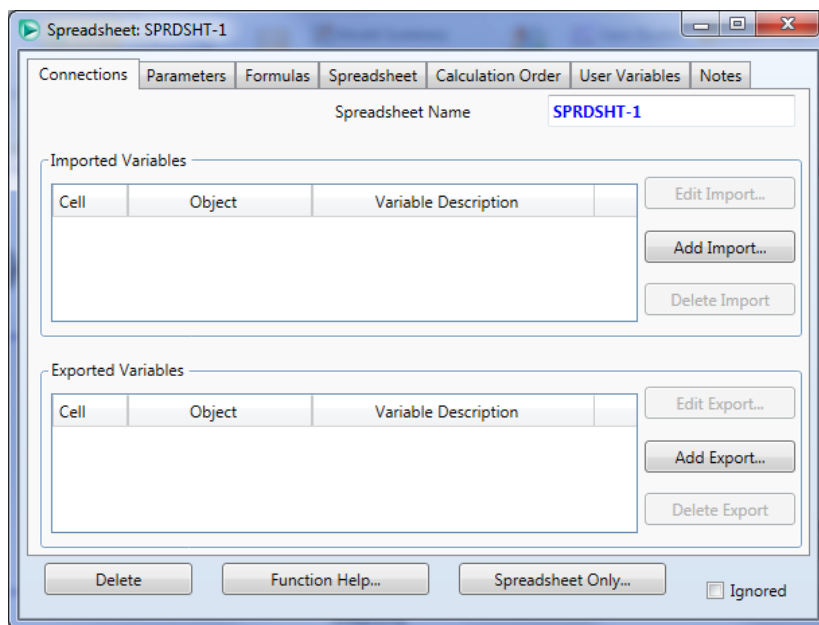


Рисунок 39. Окно свойств Spreadsheet

3. На вкладке **Connections** в ячейке **Spreadsheet Name** изменяем название таблицы на **Heating Value**.

Теплота сгорания товарного газа рассчитывается путём импортирования состава потока в таблицу с последующим умножением удельной теплоты сгорания каждого компонента на его мольную долю.

## 24.2. Импорт переменных – первый метод

В этом разделе импортируем переменный во вкладку Connections.

1. Нажимаем кнопку **Add Import** и появляется окно свойств **Select Import for cell**.

2. Выбираем **SalesGas** в группе **Object**, **Master Comp Molar Frac** в группе **Variable**, **Methane** в группе **Variable Specifics**, как показано на рисунке 111.

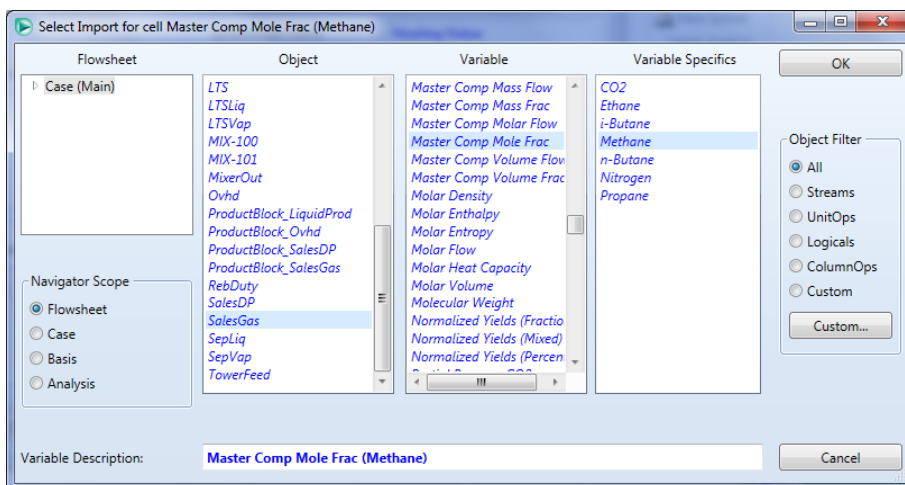


Рисунок 40. Окно свойств Select Import for cell

Азот и  $\text{CO}_2$  не включаются в расчёт.

3. Нажимаем кнопку **OK**.

4. Аналогично добавьте мольные доли этана и пропана.

Для наглядности остальные два компонента будут добавлены позже другим способом. По умолчанию HYSYS назначил добавляемым переменным в таблицу ячейки с A1 по A3.

5. Измените ячейки на B3-B5, как показано на рисунке 112. Смысл этого станет ясен на вкладке Spreadsheet.

Cell	Object	Variable Description
B3	SalesGas	Master Comp Mole Frac (Methane)
B4	SalesGas	Master Comp Mole Frac (Ethane)
B5	SalesGas	Master Comp Mole Frac (Propane)

Buttons: Edit Import..., Add Import..., Delete Import

Рисунок 41. Импортированные переменные.

6. Перейдём на вкладку **Spreadsheet**.
7. Введём заголовки столбцов, как показано в таблице.

Таблица 10

Ячейка	Заголовок
A1	Компонент
B1	Мольная доля
C1	Удельная теплота сгорания
D1	Теплота сгорания компонента

Переходить в следующую ячейку можно нажатием на неё или при помощи клавиш со стрелками. Если при открытии вкладки Spreadsheet в ячейках A1-A3 находятся числа, удалите их. Принцип работы с электронной таблицей HYSYS не отличается от работы с электронными таблицами других программ.

8. Введите названия компонентов в столбец **Компоненты**.

Таблица 11

Ячейка	Заголовок
A3	Метан
A4	Этан
A5	Пропан
A6	Изобутан
A7	Бутан

Введите значения удельной теплоты сгорания компонентов в колонку **Удельная теплота сгорания**, как показано на рисунке 42.

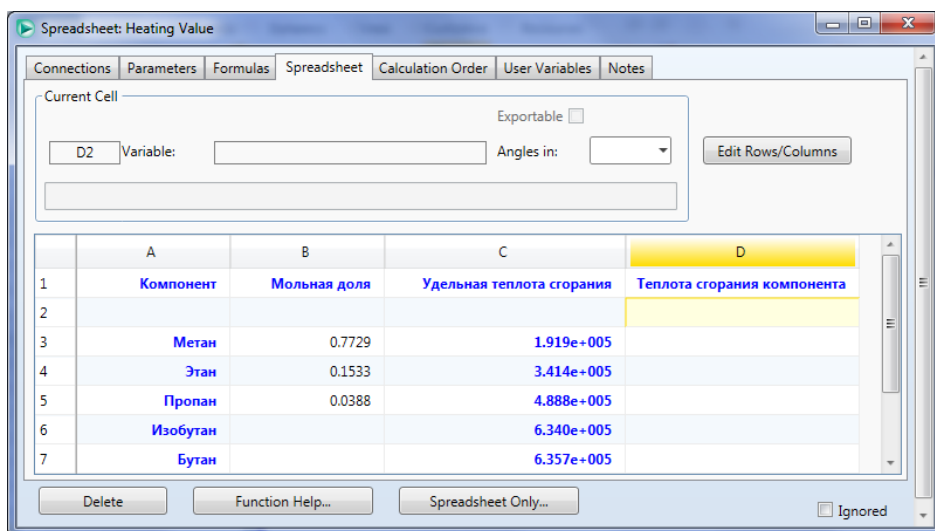


Рисунок 42

### 24.3. Импортирование переменных – второй метод

Следующий шаг – импортировать значения мольных долей двух оставшихся компонентов из потока SalesGas.

1. Выбираем ячейку **B6**, которая отведена под мольную фракцию изобутана.

2. Правым щелчком мыши выводим меню и выбираем **Import Variable**. Появляется окно Select Import for cell.

3. Выбираем Object – **SalesGas**, Variable – **Master Comp Mole Frac**, Variable Specifics – **i-Butane**.

4. Нажимаем кнопку ОК для установки параметра и закрытия окна.

5. Повторим шаги с 1 по 4 для импортирования мольной фракции нормального бутана в ячейку B7.

- Поставим курсор на ячейку B7.
- Правым щелчком выбираем **Import Variable**.
- Выбираем Object – **SalesGas**, Variable – **Master Comp Mole Frac**, Variable Specifics – **n-Butane**.
- Нажимаем кнопку **ОК**.

### 24.4. Ввод формул

Следующий шаг – ввод формул для расчёта теплоты сгорания компонентов и смеси.

1. Выделим ячейку **D3**.

2. Введём **+b3\*c3** и нажмём ENTER. Это произведение мольной доли метана на его теплотворную способность. Все формулы должны начинаться со знака плюс.

3. Введём следующие формулы

Таблица 12

Ячейка	Заголовок
D4	+b4*c4
D5	+b5*c5
D6	+b6*c6
D7	+b7*c7

4. Таблица должна выглядеть, как показано на рисунке 43.

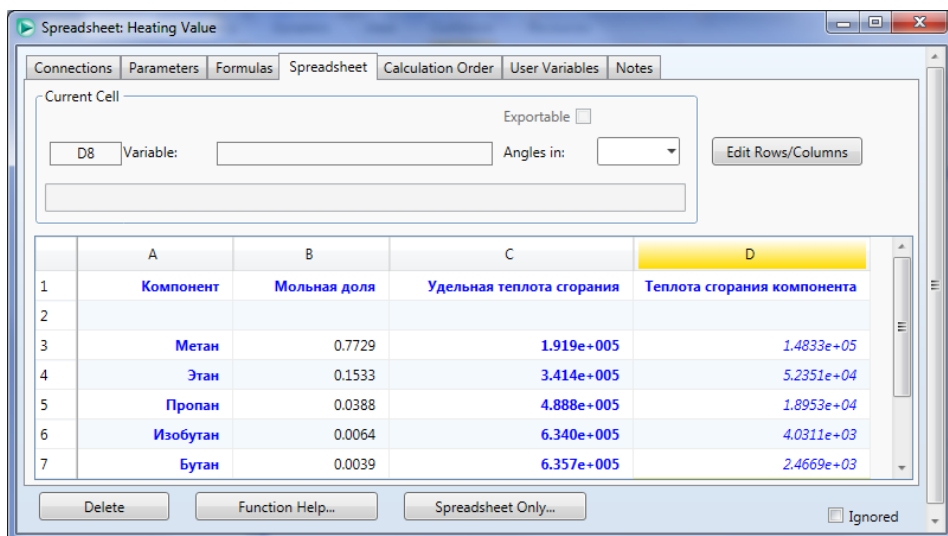


Рисунок 43

5. В ячейку **C9** вводим **Теплота сгорания газа**.
6. В ячейку **D9** вводим **+d3+d4+d5+d6+d7**, сумму теплотворных способностей компонентов.

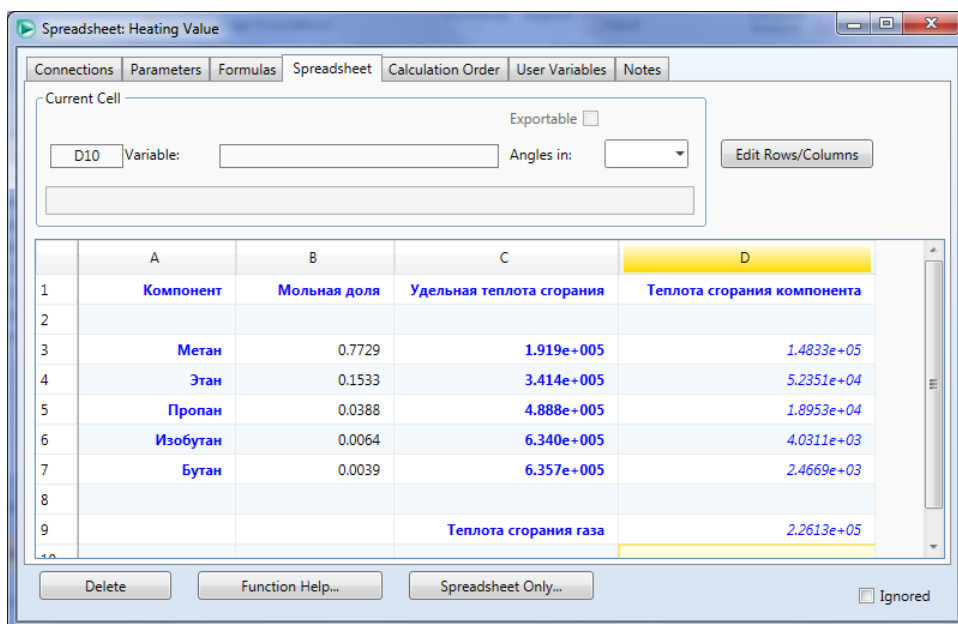


Рисунок 44

Теплотворная способность газа составляет 226 130 кКал/моль.

Когда технологическая схема изменится и будет пересчитан поток SalesGas, изменения компонентного состава будет автоматически передано в электронную таблицу и теплота сгорания газа соответственно изменится.

7. Закройте окно Heating Value.

Ячейкам можно присваивать размерность. Например, для указания размерности теплоты сгорания газа перейдем в ячейку D9 на вкладке Spreadsheet, и в группе Current Cell выберем Variable Type – Heating Value. Также размерность можно задать на вкладке Parameters.

## 25. УСТАНОВКА ADJUST ДЛЯ РАСЧЁТА ТЕМПЕРАТУРЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СЕПАРАТОРА

Предположим, что рыночная цена жидкого продукта стала неблагоприятна и хотите поднять температуру в низкотемпературном сепараторе для повышения содержания тяжёлых компонентов в газовой фазе. Это повысит тепловую стоимость товарного газа, а в результате дополнительный доход от транспортирующей компании. Однако, товарный газ должен соответствовать требованиям по точке росы.

Оператор Adjust (регулировать) может быть использован для регулировки температуры в низкотемпературном сепараторе (поток ColdGas) до точки росы товарного газа в несколько градусов от требований к транспортировке газа. По сути, это увеличивает теплоту сгорания газа и продолжает удовлетворять критерию по точке росы.

Оператор Adjust выполняет автоматический расчёт методом проб и ошибок до тех пор, пока не будет достигнуто целевое значение.

### 25.1. Установка, соединение и определение оператора Adjust

1. Переходим на технологическую схему и вызываем палитру объектов.
2. На палитре объектов, на вкладке **Common** нажимаем на значок **Adjust**.
3. Располагаем курсор справа от значка потока SalesDP.
4. Щёлкаем для расположения значка Adjust на PFD. Появляется новый объект Adjust с именем по умолчанию ADJ-1.
5. На панели инструментов, на вкладке **Flowsheet/Modify** нажимаем значок **Attach**, для перехода в режим соединения.
6. Расположите курсор на левом конце значка ADJ-1. Появится точка подключения и всплывающее окно Adjusted Object.
7. Щёлкните левой кнопкой мыши и перетащите на значок потока **ColdGas**.
8. Когда появится белый квадрат на потоке ColdGas, отпустите кнопку мыши. Появится окно **Select Adjusted Variable For ADJ-1**.

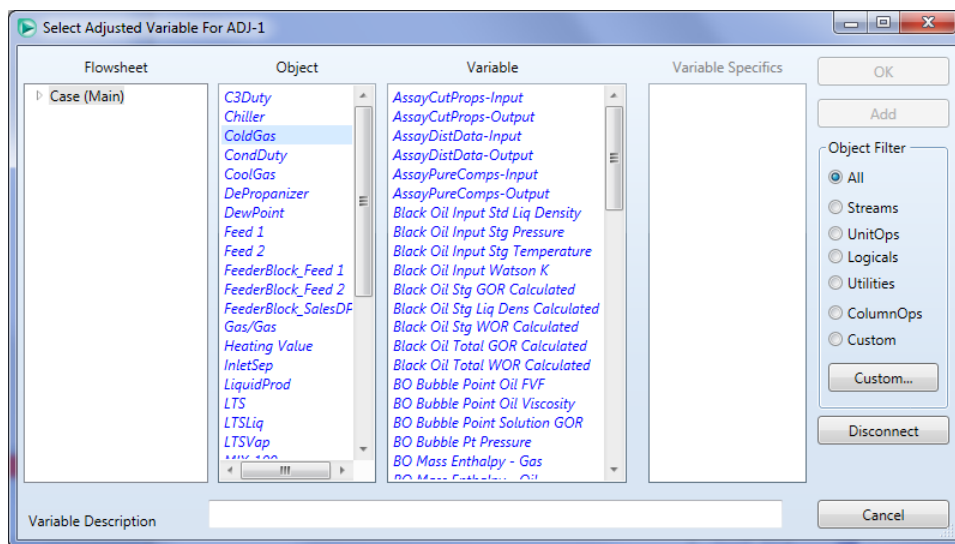


Рисунок 45

В данный момент HYSYS известно, что поток ColdGas должен быть изменён таким образом, чтобы удовлетворить определённые требования. Изменяемая переменная потока ColdGas должна быть выбрана в окне Select Adjusted Variable For ADJ-1.

9. Из списка **Variable** выбираем **Temperature**.

10. Нажимаем кнопку **OK**.

11. Расположим курсор на правом углу объекта **ADJ-1**. В точке соединения появится надпись **Target Object**.

12. При появлении надписи нажимаем левую клавишу мыши и переместим курсор к значку потока **SalesDP**.

13. При появлении белого квадратика на конце курсора отпускаем клавишу мыши. Появляется окно **Select Target Variable For ADJ-1**.

14. В списке Variable выбираем **Temperature**.

15. Нажимаем кнопку **OK**.

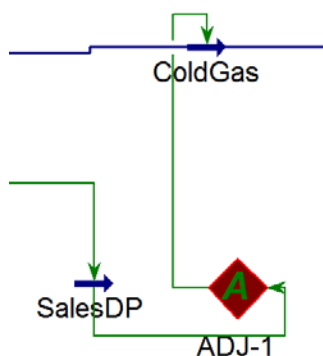


Рисунок 46



16. Нажимаем кнопку **Attach** для выхода из режима соединения.
17. Двойным нажатием на значок **ADJ-1** открываем его окно свойств. Соединения сделанные на PFD будут отражены в соответствующих ячейках окна свойств.

## 25.2. Задание целевой переменной

Следующим шагом будет обеспечение значения целевой переменной, в нашей задаче температуры точки росы. Используем запас в 5°C к технологическим трубопроводным требованиям в -10°C, следовательно желаемая точка росы будет -15°C.

1. На странице **Connections** введем значение -15°C в поле **Specified Target Value**.

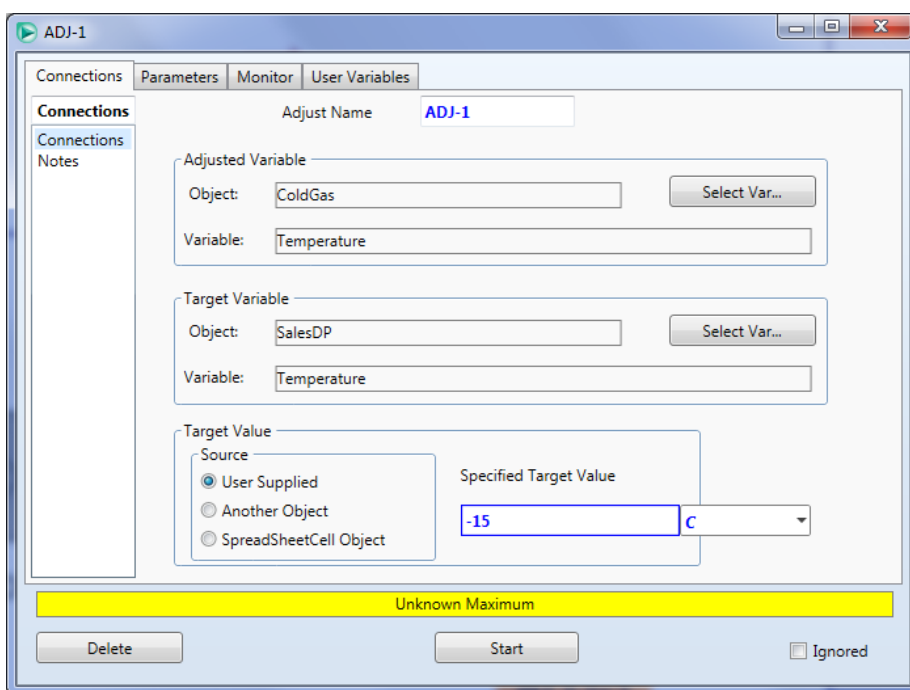


Рисунок 47

2. Перейдем на вкладку **Parameters**.
  3. На странице **Parameters** введём 0,1°C в ячейку **Tolerance**.
  4. В ячейку **Step Size** введём 5°C.
- Значения не будут введены в поля **Minimum** и **Maximum**. Это необязательные параметры

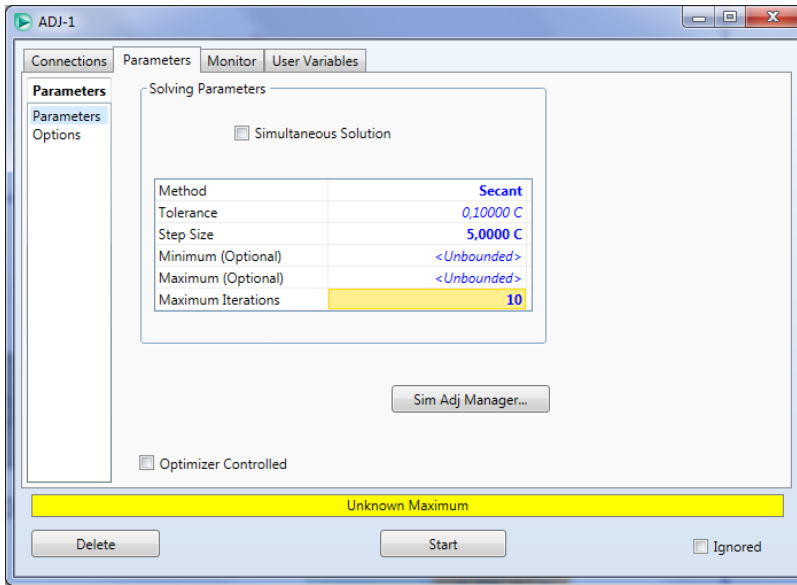


Рисунок 48

5. Переходим на вкладку **Monitor**. Эта вкладка позволяет просматривать расчёты.

6. Нажимаем кнопку **Start**. Оператор Adjust сходится на целевом значении с заданной точностью за пять итераций. Температура в сепараторе LTS (adjusted variable) равная  $-18,2^{\circ}\text{C}$  дает точку росы товарного газа (target variable) в  $-15^{\circ}\text{C}$ .

7.

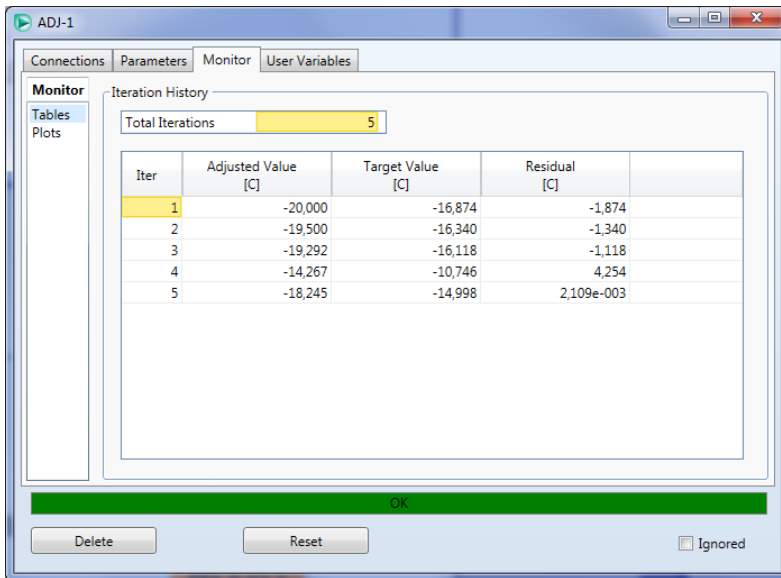


Рисунок 49

Оператор Adjust изменил температуру в сепараторе LTS с первоначального значения  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $-18,2^{\circ}\text{C}$ . Новое значение теплотворности товарного газа можно сейчас сравнить с предыдущим значением для определения эффективности данного изменения. Откройте для этого электронную таблицу Spreadsheet: Heating Value.

The screenshot shows a software window titled "Spreadsheet: Heating Value" with several tabs: Connections, Parameters, Formulas, Spreadsheet, Calculation Order, User Variables, and Notes. The "Spreadsheet" tab is active, displaying a table with 10 rows and 4 columns (A, B, C, D). The table contains data for various hydrocarbon components. Above the table, there is a "Current Cell" section with fields for "A1", "Variable:", "Angles in:" (set to "Rad"), and an "Exportable" checkbox. Below the table, there are buttons for "Delete", "Function Help...", and "Spreadsheet Only...", along with an "Ignored" checkbox.

	A	B	C	D
1	Компонент	Мольная доля	Удельная теплота...	Теплота сгорания...
2				
3	Метан	0.7668	1.919e+005	1.4715e+05
4	Этан	0.1565	3.414e+005	5.3422e+04
5	Пропан	0.0411	4.888e+005	2.0090e+04
6	Изобутан	0.0069	6.340e+005	4.3800e+03
7	Бутан	0.0043	6.357e+005	2.7040e+03
8				
9			Теплота сгорания...	2.277e+005 kcal/kg...
10				

Рисунок 50

- Закройте окно свойств оператора Adjust.

### 25.3. Результаты исследования

Откройте **Workbook** для доступа к результатам расчёта для всей технологической схемы. Вид вкладок Material Streams и Compositions приведены ниже.

Workbook   KeyVars   Flowsheet Main - Solver Active								
Material Streams	P,T,Flow	Compositions	Energy Streams	Unit Ops				
Name	Feed 1	Feed 2	MixerOut	SepVap	SepLiq	LTSVap	CoolGas	
Temperature [C]	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	-18,25	8,027	
Pressure [bar]	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	39,00	39,50	
Molar Flow [m3/d_gas]	1,700e+005	1,100e+005	2,800e+005	2,539e+005	2,608e+004	1,969e+005	2,539e+005	
Liquid Volume Flow [m3/h]	20,00	12,78	32,78	28,86	3,919	20,82	28,86	
Name	SalesGas	ColdGas	LTSLiq	SalesDP	TowerFeed	Ovhd	LiquidProd	
Temperature [C]	5,997	-18,25	-18,25	-15,00	-7,295	9,028	87,67	
Pressure [bar]	38,50	39,00	39,00	55,00	39,00	13,60	14,00	
Molar Flow [m3/d_gas]	1,969e+005	2,539e+005	5,706e+004	1,969e+005	8,314e+004	6,537e+004	1,777e+004	
Liquid Volume Flow [m3/h]	20,82	28,86	8,047	20,82	11,97	8,801	3,166	

Workbook   KeyVars   Flowsheet Main - Solver Active								
Material Streams	P,T,Flow	Compositions	Energy Streams	Unit Ops				
Name	Feed 1	Feed 2	MixerOut	SepVap	SepLiq	LTSVap	CoolGas	
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0,0100	0,0179	0,0131	0,0143	0,0016	0,0178	0,0143	
Comp Mole Frac (CO2)	0,0100	0,0000	0,0061	0,0064	0,0034	0,0067	0,0064	
Comp Mole Frac (Methane)	0,6000	0,6244	0,6096	0,6535	0,1826	0,7668	0,6535	
Comp Mole Frac (Ethane)	0,2000	0,1666	0,1869	0,1855	0,2006	0,1565	0,1855	
Comp Mole Frac (Propane)	0,1000	0,1136	0,1053	0,0892	0,2621	0,0411	0,0892	
Comp Mole Frac (i-Butane)	0,0400	0,0431	0,0412	0,0282	0,1684	0,0069	0,0282	
Comp Mole Frac (n-Butane)	0,0400	0,0345	0,0378	0,0231	0,1814	0,0043	0,0231	
Name	SalesGas	ColdGas	LTSLiq	SalesDP	TowerFeed	Ovhd	LiquidProd	
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0,0178	0,0143	0,0021	0,0178	0,0019	0,0024	0,0000	
Comp Mole Frac (CO2)	0,0067	0,0064	0,0053	0,0067	0,0047	0,0059	0,0000	
Comp Mole Frac (Methane)	0,7668	0,6535	0,2624	0,7668	0,2374	0,3019	0,0000	
Comp Mole Frac (Ethane)	0,1565	0,1855	0,2854	0,1565	0,2588	0,3292	0,0000	
Comp Mole Frac (Propane)	0,0411	0,0892	0,2553	0,0411	0,2574	0,3220	0,0200	
Comp Mole Frac (i-Butane)	0,0069	0,0282	0,1014	0,0069	0,1224	0,0335	0,4496	
Comp Mole Frac (n-Butane)	0,0043	0,0231	0,0881	0,0043	0,1173	0,0051	0,5304	

Рисунок 51

## 26. МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

В этом разделе динамические параметры HYSYS будут включены в основную стационарную модель установки.

Динамический помощник будет использован для создания спецификаций давление-расход и размеров единиц оборудования в модели технологической схемы. Можно установить самостоятельно спецификации давление-расход и размеров оборудования, без помощи динамического помощника.

Это только один метод преобразования модели из стационарного состояния в динамический режим.

Это пособие вразумительно проведёт через все этапы, необходимые для добавления динамических функций в стационарную модель установки разделения природного газа.

Для помощи в ориентации подробностями процедуры, были созданы следующие этапы:

1. Изменение стационарной модели, таким образом, что отношение давление-расход существуют между всеми операторами.

2. Установка и расчёт утилиты Tray sizing для определения размеров колонны Depropanizer.

3. Применение динамического помощника для установки спецификаций давление-расход и определения размеров оборудования в модели.

4. Установка и настройка соответствующих контролеров. В этом разделе будем исследовать эту основную процедуру в построении динамической модели.

5. Установка Databook (книга данных). Изменение в ключевых переменных процесса и наблюдение за динамическим поведением модели.

### 26.1. Модификация стационарной модели

Необходимо добавить операторы, такие как клапаны, теплообменники и насосы для определения отношений давление-расход между операторами, которые не имеют отношений давление-расход. В этом примере оператор клапана будет добавлен между операторами сепаратора, смесителя и колонны.

Для динамического моделирования также будет установлен оператор нагревателя между операторами смесителя и колонны. Установка нагревателя позволяет изменять температуру потока питания колонны.

Клапаны будут установлены в следующие материальные потоки:

- SepLiq
- LTSLiq

- TowerFeed
- LiquidProd

### 26.1.1. Установка параметров сессии

Первая задача заключается в установке параметров сессии.

1. В меню **File** выбираем **Options**.
2. На странице **Simulation** находим раздел **Dynamics**.
3. В группе **Assistant** убираем галочки у **Set dynamic stream specifications in the background** (установить динамические характеристики потока в фоновом режиме) и **Perform checks when switching to dynamics or starting the integrator** (выполнить проверку при переходе в динамический режим или запустить интегратор).

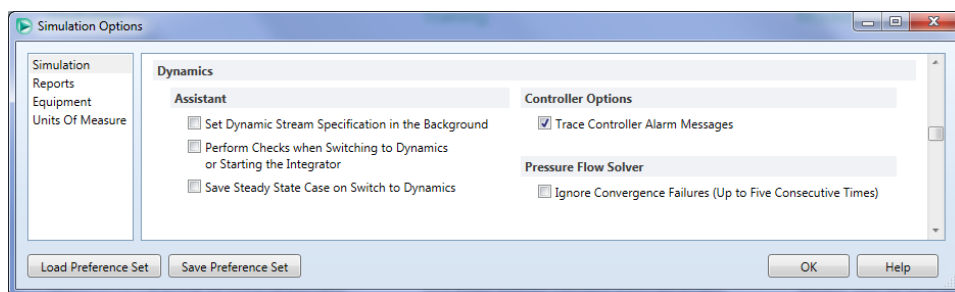


Рисунок 52

4. Закройте окно **Simulation Options** и перейдите в **PFD**.

### 26.1.2. Удаление спецификаций давления

В PFD давление потока Feed 2 будет удалено, так как оно будет рассчитано в динамическом режиме в смесителе MIX-100.

1. Двойным нажатием на знак потока **Feed 2** откроем окно свойств.

2. На странице **Conditions** вкладки **Worksheet** выберем ячейку **Pressure** и нажмем **DELET** для удаления давления потока.

3. Закроем окно свойств потока.

Далее измените установки давления в смесителе MIX-100, чтобы давление полностью могло быть смоделировано.

4. Двойным нажатием на знак смесителя MIX-100 открываем его окно свойств.

5. На вкладке **Desin** выбираем страницу **Parameters**.

6. В группе **Automatic Pressure Assignment** (автоматическое присвоение давления) выбираем **Equalize All** (выровнять все).

7. Закройте окно свойств MIX-100.

### 26.1.3. Установка Sep Valve

Далее вставьте оператор клапана между операторами потока SepLiq и смесителя MIX-101.

1. На вкладке **Flowsheet/Modify** ленты в группе **Flowsheet** нажимаем **Break Connection**.
2. Разорвём соединение потока SepLiq следующим образом:
  - Разместим курсор на линии соединяющей знаки потока SepLiq и MIX-101.
  - Когда рядом с курсором будет галочка, нажмите левую клавишу мыши и поток SepLiq отсоединится от MIX-101.
3. Откройте палитру объектов нажатием **F4**.
4. На палитре объектов нажмите знак **Control Valve**.
5. Переместите курсор на PFD. Курсор станет рамкой.
6. Расположите рамку курсора рядом с потоком SepLiq (справа) и нажмите левой клавишей мышки.
7. Появится знак клапана с именем VLV-100.
8. Двойным нажатием на знак VLV-100 на PFD откроем его окно свойств.
9. В появившемся окне свойств клапана задайте следующее:

Таблица 13

Вкладка (Страница)	В ячейке	Параметр
Design (Connections)	Name	Sep Valve
	Inlet	SepLiq
	Outlet	SepExit
Design (Parameters)	Delta P	1.7

10. Закройте окно свойств клапана.
11. Подключите поток SepExit на вход оператора MIX-100 следующим образом:
  - На вкладке **Flowsheet/Modify** ленты в группе **Flowsheet** нажимаем **Attach**.
  - Поместите курсор на конце стрелки потока SepExit. Появится белый квадратик.
  - Нажмите и тащите курсор к левой стороне MIX-101. Появляется белый квадратик показывающий точку соединения.
  - Отпустите клавишу мыши для завершения соединения.
  - Нажмите знак Attach ещё раз для выхода из режима соединения.

#### 26.1.4. Установка клапана LTS

Далее установим оператор клапана между потоком LTSLiq и оператором смесителя MIX-101.

1. Разорвите линию между потоком LTSLiq и оператором MIX-101.

- Нажмите **Break Connection** на панели инструментов.
- Нажмите справа от стрелки потока LTSLiq.
- 2. Установите оператор второго клапана.

На палитре объектов выберите **Valve**.

Нажмите справа от потока LTSLiq

3. Двойным нажатием откройте окно свойств клапана.
4. Задайте следующие параметры:



Таблица 14

Вкладка (Страница)	В ячейке	Параметр
Design (Connections)	Name	LTSS Valve
	Inlet	LTSLiq
	Outlet	LTSExit
Design (Parameters)	Delta P	0.3

5. Закройте окно свойств клапана.
6. Соедините поток LTSExit с оператором MIX-101.
  - Нажмите **Attach Mode**.
  - Переместите курсор на значок потока LTSExit. Появится белый квадрат.
    - Нажмите и перетащите курсор на вход значка MIX-101. Появится белый квадрат, показывающий точку соединения.
    - Отпустите кнопку мыши для создания соединения.
    - Нажмите **Attach Mode** ещё раз для выхода из режима соединения.

#### 26.1.5. Установка клапана колонны

Далее добавим оператор клапана между оператором MIX-101 и потоком TowerFeed.

1. Разорвите линию между потоком TowerFeed и оператором MIX-101.
2. Установите третий оператор клапана со следующими параметрами

Таблица 15

Вкладка (Страница)	В ячейке	Параметр
Design (Connections)	Name	Tower Valve
	Inlet	TowerIn
	Outlet	TowerInlet
Design (Parameters)	Delta P	23

3. Закройте окно свойств клапана.
4. Нажмите **Attach Mode** и соедините поток TowerIn с выходом оператора MIX-101.
5. Выйдите из режима соединения.
6. Установите оператор подогревателя и расположите рядом с клапаном колонны и депропанизатором.
  - На палитре объектов нажмите на значок Heater.
  - На PFD нажмите там, где хотите расположить подогреватель.
7. Откройте окно свойств подогревателя и задайте следующие параметры:

Таблица 16

Вкладка (Страница)	В ячейке	Параметр
Design (Connections)	Name	Heater
	Inlet	TowerInlet
	Outlet	TowerFeed
	Energy	Heater Q
Design (Parameters)	Delta P	0.6

8. В окне свойств подогревателя выберите вкладку **Worksheet** и страницу **Conditions**.

9. В ячейке **Temperature** потока TowerFeed введите  $-4^{\circ}\text{C}$ .

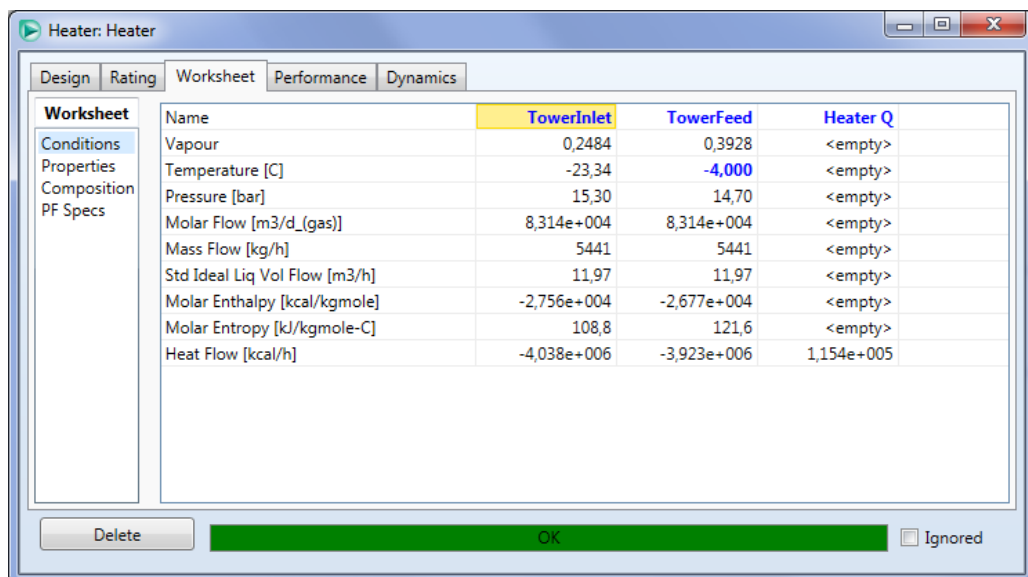


Рисунок 53

10. Закройте окно свойств подогревателя.

### 26.1.6. Установка клапана ребойлера

Далее добавьте клапан на поток LiquidProd в подсхеме колонны. Оператор клапана будет располагаться между потоком LiquidProd и оператором ребойлера в подсхеме колонны.

1. Двойным нажатием на колонну DePropanizer открываем её окно свойств.

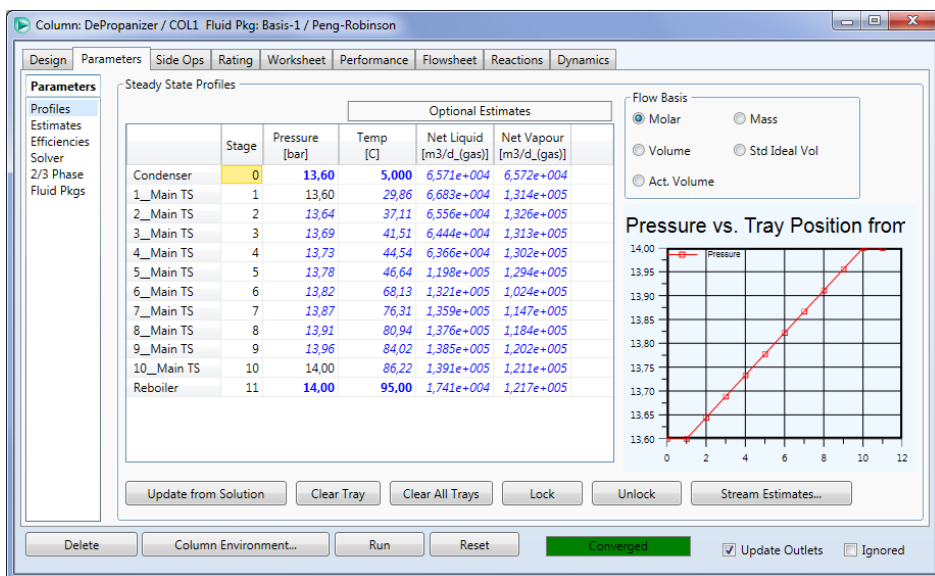


Рисунок 54

2. Нажимаем кнопку **Column Environment...** для входа в среду подсхемы колонны.

3. На PFD подсхемы колонны разрываем соединение между потоком **LiquidProd** и оператором **Reboiler**.

4. Нажимаем **F4** для открытия палитры объектов.

Палитра объектов среды колонны содержит меньше доступных операторов, чем палитра объектов родительской среды.

5. Устанавливаем оператор клапана между ребойлером и значком потока **LiquidProd**. Если необходимо, то перемещаем поток **LiquidProd**, чтобы освободить место.

6. Открываем окно свойств клапана и задаём следующие параметры:

Таблица 17

Вкладка (Страница)	В ячейке	Параметр
Design (Connections)	Name	Reboil Valve
	Inlet	LiquidExit
	Outlet	LiquidProd
Design (Parameters)	Delta P	1.7

7. Закрываем окно свойств клапана.

8. Нажимаем **CTRL** для соединения потока **LiquidExit** с точкой соединения выхода жидкости на **Reboiler**.

9. На ленте, во вкладке **Runner**, нажимаем **Run**. Колонна будет решена с существующими её спецификациями и добавленным оператором клапана.

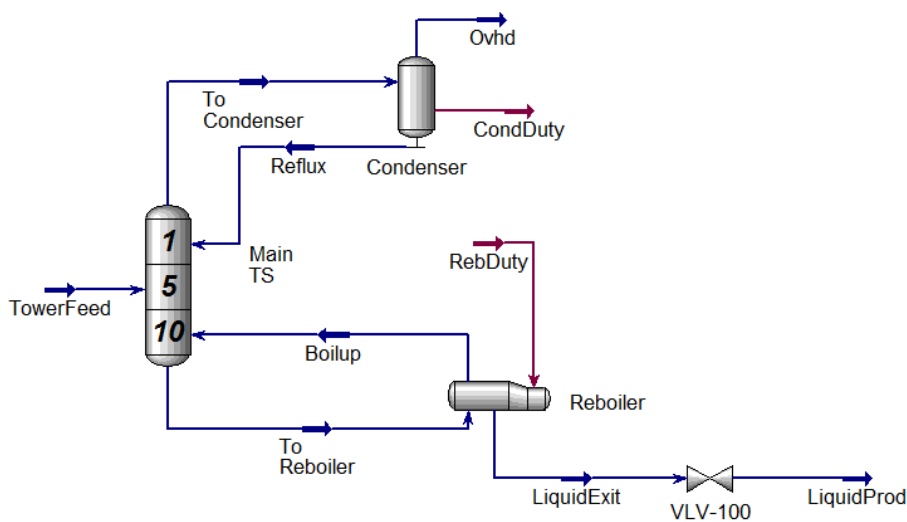


Рисунок 55

### 26.1.7. Удаление неприменяемых операторов

Далее удалим операторы, которые не имеют влияние на динамический решатель.

1. Возвращаемся в среду главной схемы нажатием на ленте, во вкладке **Flowsheet/Modify** кнопки **Go to Parent**.

2. Закрываем окно свойств колонны DePropanizer.

Логический оператор DewPoint и ADJ-1 рассчитали требуемую температуру потока ColdGas для обеспечения точки росы потока SalesGas равной  $-15^{\circ}\text{C}$ .

3. На PFD двойным нажатием на значок **ColdGas** открываем окно свойств потока.

Worksheet	Stream Name	ColdGas	Vapour Phase	Liquid Phase
Conditions	Vapour / Phase Fraction	0,7753	0,7753	0,2247
Properties	Temperature [C]	-18,25	-18,25	-18,25
Composition	Pressure [bar]	39,00	39,00	39,00
Oil & Gas Feed	Molar Flow [m3/d_(gas)]	2,539e+005	1,969e+005	5,706e+004
Petroleum Assay	Mass Flow [kg/h]	1,058e+004	7029	3555
K Value	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	28,86	20,82	8,047
User Variables	Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-2,132e+004	-1,966e+004	-2,707e+004
Notes	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	139,7	149,4	106,5
Cost Parameters	Heat Flow [kcal/h]	-9,542e+006	-6,820e+006	-2,722e+006
Normalized Yields	Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	1,052e+004	8171	8,712
	Fluid Package	Basis-1		
	Utility Type			

Рисунок 56

4. Задайте температуру материальному потоку ColdGas равной -15°C, так она может контролироваться в динамическом режиме.
5. Закройте окно свойств потока ColdGas.
6. На PFD удалите логический оператор **ADJ-1**.
7. HYSYS просит подтвердить, что хотите удалить объект. Нажмите кнопку **Yes**.
8. Удалите логический оператор **DewPoint** и материальный поток **SalesDP** на PFD.
9. Из меню File выбираем Save As и сохраняем файл под другим именем, например DунTUT1.

## 26.2. Определение размеров колонны

При подготовке к динамическому режиму колонна и другое оборудование должны иметь размеры. В стационарном режиме перепад давления колонны задаётся пользователем. В динамическом режиме перепад рассчитывается при помощи динамического гидравлического калькулятора. Сложности возникают при переходе от стационарного к динамическому режиму, если профиль давления в колонне, при стационарном режиме, сильно отличается от рассчитанного давления динамическим решателем давление-расход.

### 26.2.1. Размеры тарелок колонны

1. В панели навигации выбираем **Equipment Design** и в выпадающем списке **Add** выбираем **Tray Sizing**.

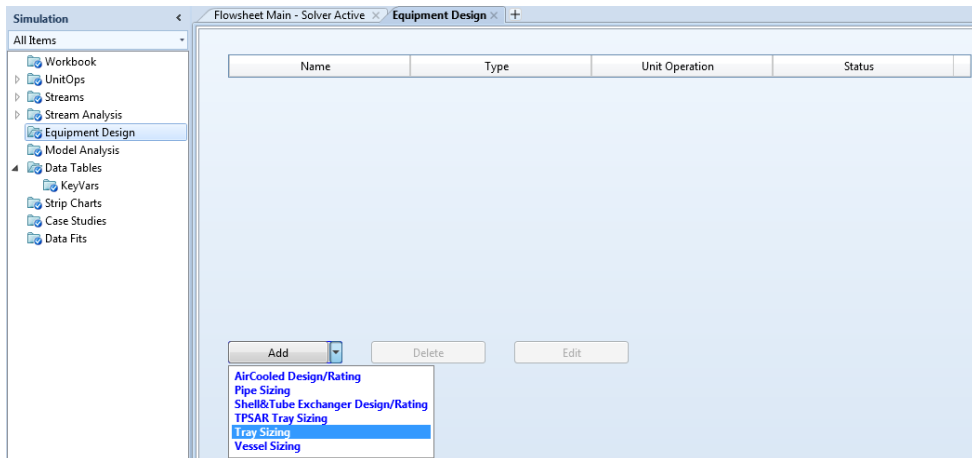


Рисунок 57

2. Открывается окно **Tray Sizing**.

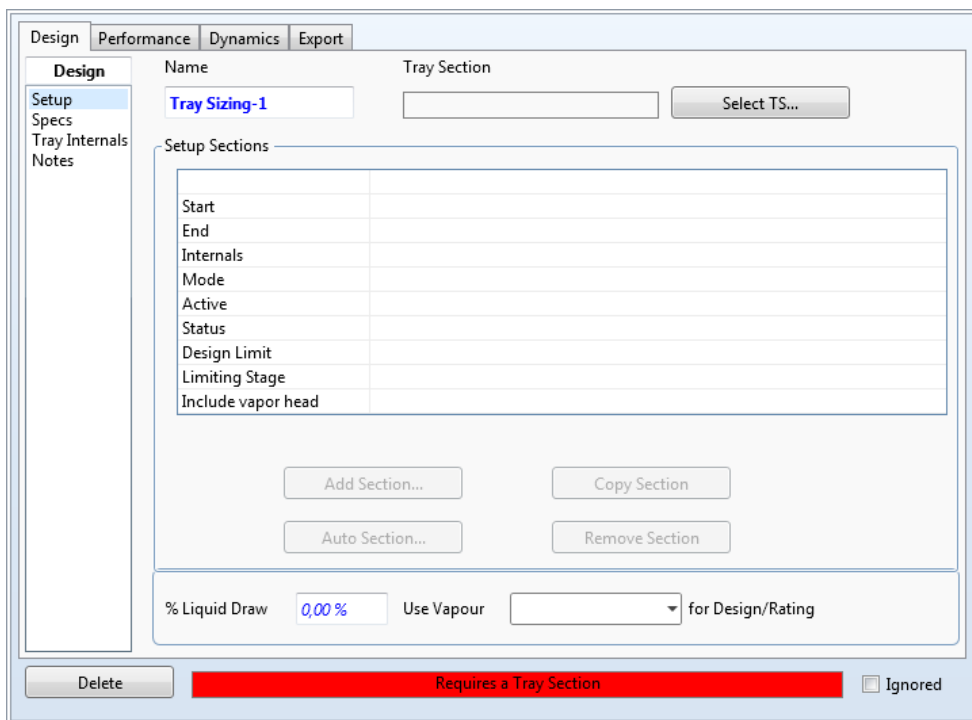


Рисунок 58

3. В поле **Name** меняем название на **DEPROP TS**.
4. Нажимаем кнопку **Select TS**. Появляется окно Select Tray Section.
5. В группе Flowsheet выбираем **DePropanizer**. В группе Object выбираем **Main TS**. Нажимаем кнопку **OK**.

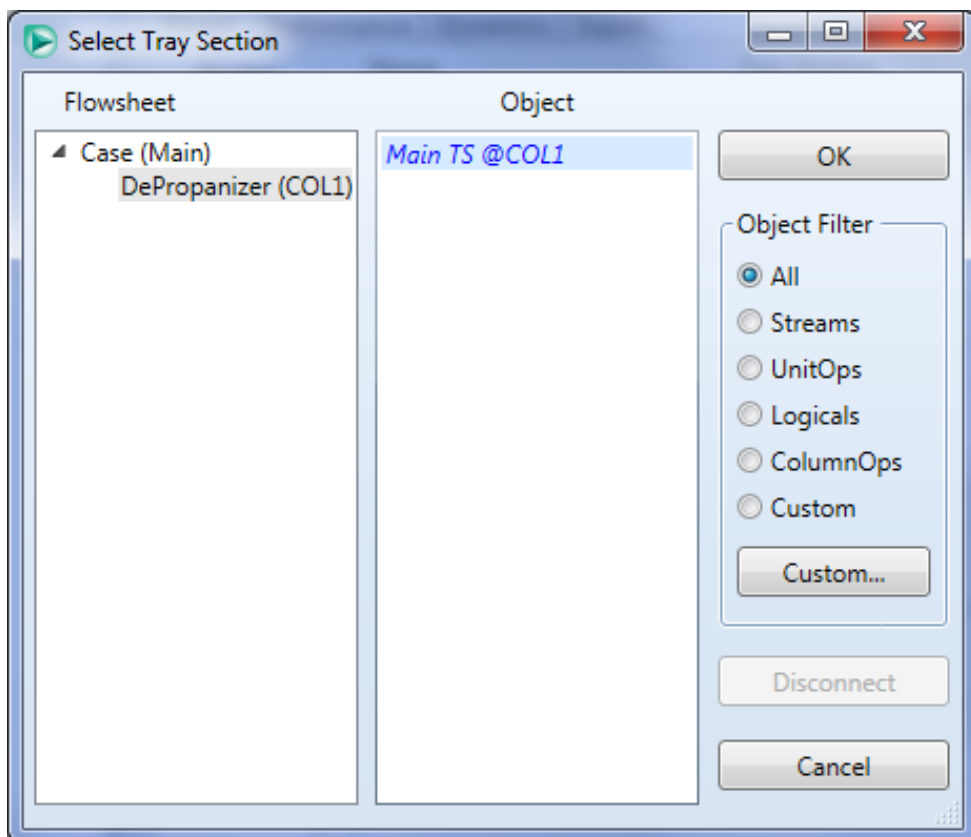


Рисунок 59

6. В группе Setup Section нажимаем кнопку **Auto Section**. Появляется окно Auto Section Information. По умолчанию тип тарелок выглядит так:

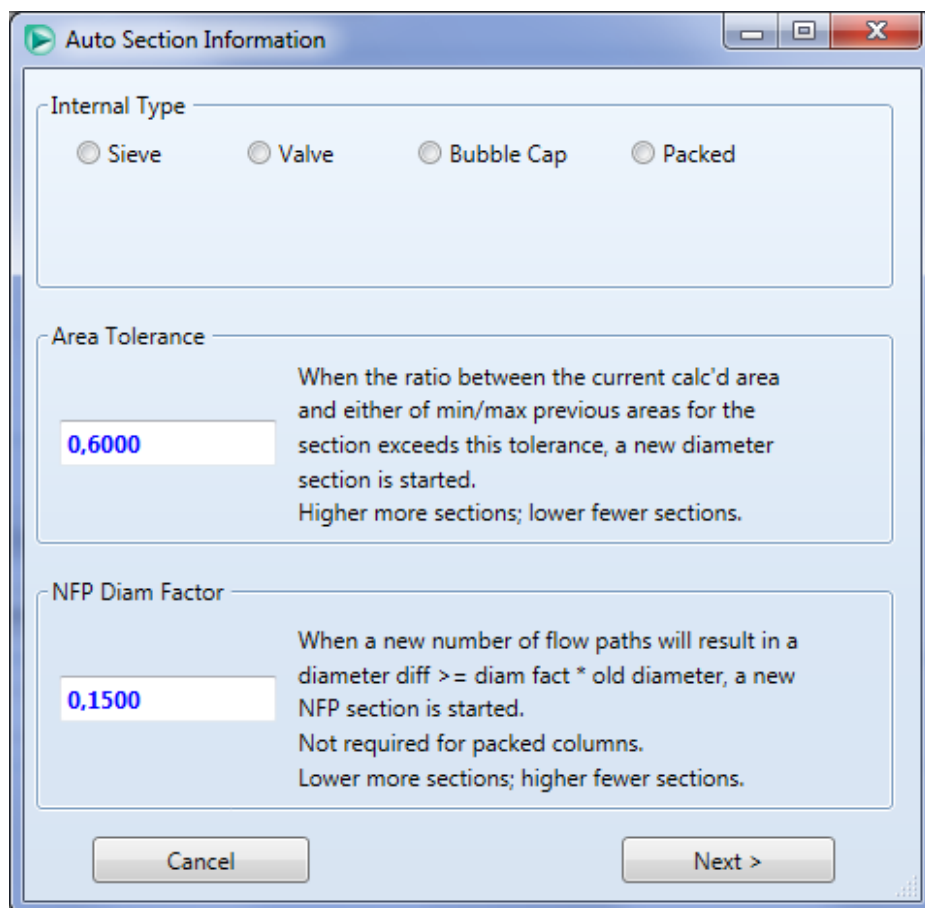


Рисунок 60

7. В группе Internal Type выбираем **Valve** (клапанная) и нажимаем кнопку **Next**.

В окне Tray Section Information отражены конкретные размеры клапанной тарелки.



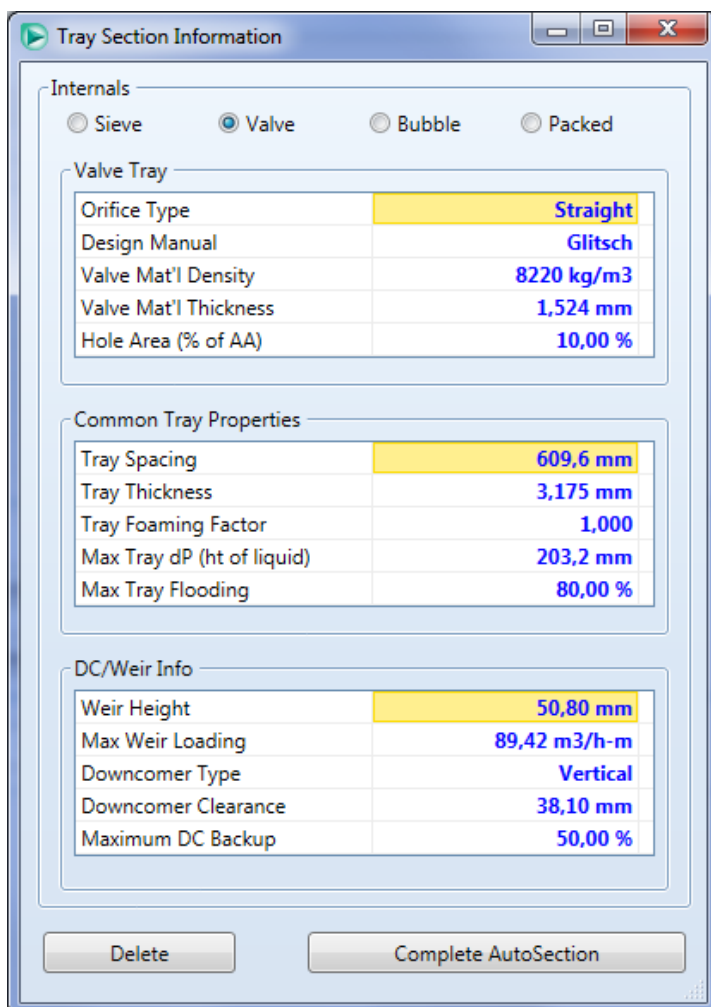


Рисунок 61

8. Оставим предложенные размеры без изменений. Нажмите кнопку **Complete AutoSection**.

HYSYS рассчитает размеры тарелок Main TS, основываясь на условиях потоков в колонне в стационарном режиме. HYSYS обозначает тарельчатые секции колонны как Section\_1.

9. Для подтверждения размеров и конфигурации тарелок Section\_1 перейдите на вкладку **Performance** и выберите страницу **Results**.

Подтвердите следующие параметры тарельчатой секции для Section\_1, которые будут использованы для тарельчатой секции Main TS.

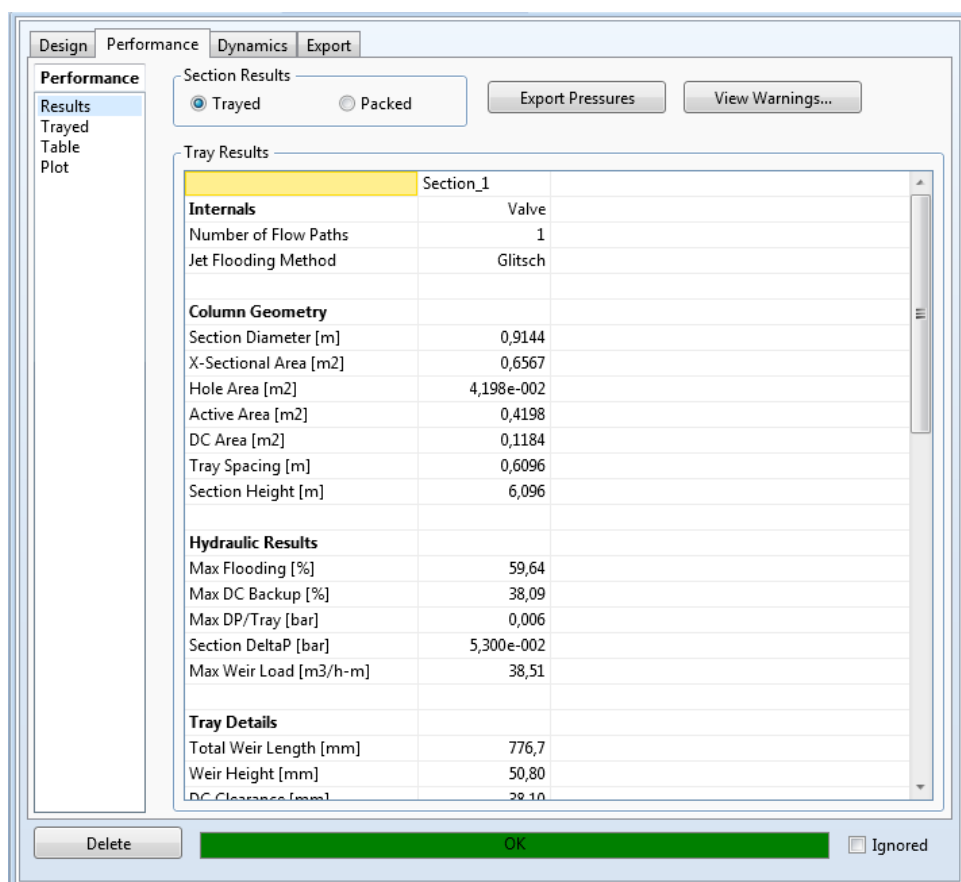


Рисунок 62

Таблица 18

Переменная	Величина
Section Diameter (диаметр секции)	0,9144 м
Weir Height (высота сливной перегородки)	50,80 мм
Tray Spacing (расстояние между тарелками)	0,6096 м
Total Weir Length (общая длина перегородки)	776,7 мм

Помните, значение максимального перепада давления на тарелке (Max DP/Tray) находится на странице Results. Можно посмотреть профиль колонны на странице Table и Plot.

10. Перейдите на вкладку **Design** и выберите страницу **Setup**.

11. Поставьте галочку в **Active**.

12. На странице **Results** вкладки **Performance** нажмите кнопку **Export Pressures**. Появится предупреждение «The pressure cannot be specified for tray 1» (давление не может быть задано для тарелки 1). Нажимаем **OK**.

13. Переходим на **Flowsheet Main** и двойным нажатием открываем окно колонны.

14. Нажимаем кнопку **Column Environment** для входа в подсхему колонны.

15. Двойным нажатием на объекте колонны Main TS открываем его окно свойств.

16. Переходим на вкладку **Rating** и выбираем страницу **Sizing**.

17. Задайте следующие параметры тарельчатой секции:

Таблица 19

Параметр	Значение
Diameter	0,9144 м
Weir Height	50,80 мм
Tray Spacing	0,6096 м
Weir Length	0,7767 м

18. В группе Internal Type выбираем **Valve**.

Сформированное окно Tray Section выглядит следующим образом:

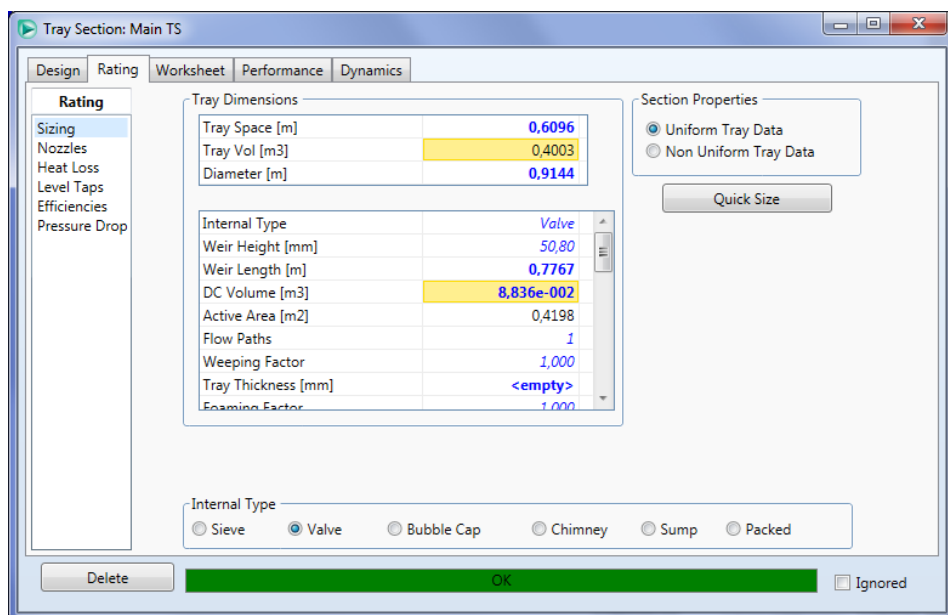


Рисунок 63

19. Закрываем окно свойств Tray Section.

20. На вкладке Flowsheet/Modify ленты нажимаем **Go to Parent** для перехода на главную схему.

21. На странице Profiles вкладки Parameters показан профиль давления колонны в стационарном режиме.

22. В группе Steady State Profiles выделяем ячейку **Pressure** для Condenser и нажимаем **Delete**.

23. Выделяем ячейку **Pressure** для Reboiler и нажимаем **Delete**.

24. Переходим в ячейку **Pressure** для верхней тарелки (1\_Main TS) и вводим значение 13 бар.

25. Задаём давление на нижней тарелке (10\_Main TS) равное 14 бар.

26. Если колонна не была автоматически пересчитана нажмите кнопку **Run** внизу окна.

27. На панели навигации выберите Equipment Design – Tray Sizing. Нажмите кнопку **Export Pressures**.

28. Перейдите в окно колонны, на страницу **Profiles** вкладки **Parameters**. По результатам расчётов давление на пятой тарелке отличается от давления потока питания. Чтобы при переходе из статики в динамику не было резких перепадов, изменим давление в колонне с учётом полученных результатов. Повторите шаги 22–27 задав давление на верхней тарелке 14,67 бар, а на нижней 14,72 бар.

29. Сохраните задачу под новым именем, например DynTUT1–2.

### 26.3. Работа с динамическим помощником

Прежде чем запустить модель в динамическом режиме, число степеней свободы технологической схемы должно быть сведено к нулю путём задания спецификаций давление-расход. Также необходимо задать параметры установленным клапанам, сосудам, холодильникам и теплообменникам в главной схеме и подсхеме колонны. Следующие параметры должны быть установлены для таких операторов, как:

Таблица 20

Оператор	Параметр
Клапан	Пропускная способность $C_v$ (flow coefficient)
Сосуды	Объём
Холодильники / теплообменники	Коэффициент теплопередачи

Динамический помощник делает рекомендации, какой логика технологической схемы должна быть и какие спецификации давления-расход требуется задать для запуска задачи в динамическом режиме. Кроме этого, он автоматически устанавливает размеры оборудования в модели технологической схемы. Не все предложения, которые динамический помощник предлагает, должны быть выполнены.

Динамический помощник будет делать следующее:

- Добавлять спецификации давление-расход в модель.
- Добавлять параметры в операторы клапанов, сосудов и теплообменников.

1. На вкладке Dynamics нажмите **Dynamics Assistant**.

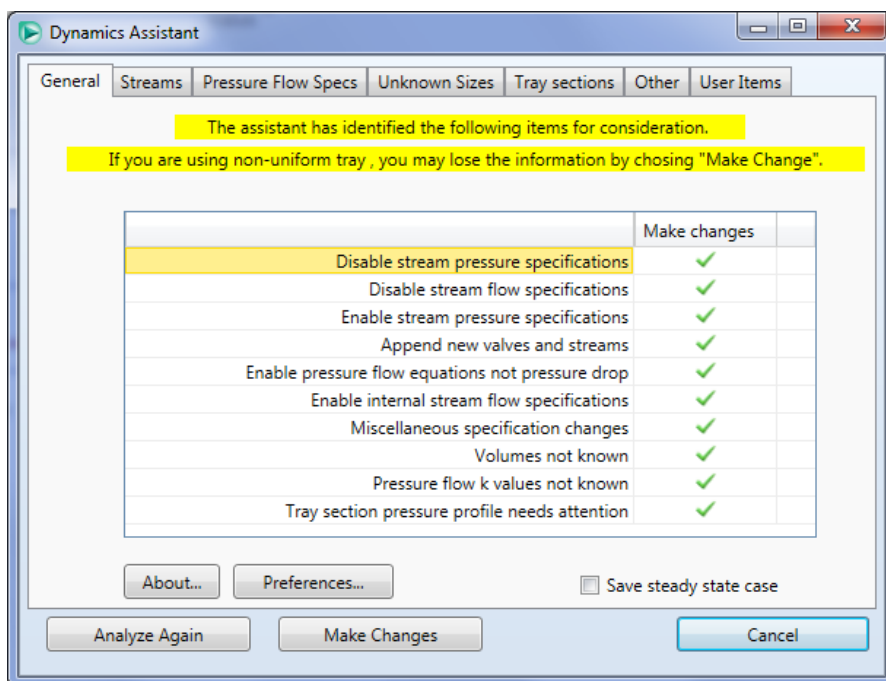


Рисунок 64

Зелёные галочки появляются в колонке Make Changes рядом со всеми рекомендациями по умолчанию. Можно выбрать какие рекомендации будут выполнены помощником путем оставления или удаления галочек рядом с каждой рекомендацией. Просмотрите каждую вкладку в окне динамического помощника для проверки рекомендаций.

2. Перейдите на вкладку **Streams**. Вкладка Streams содержит список отражающий установку или удаление спецификаций давление-расход в технологической схеме.

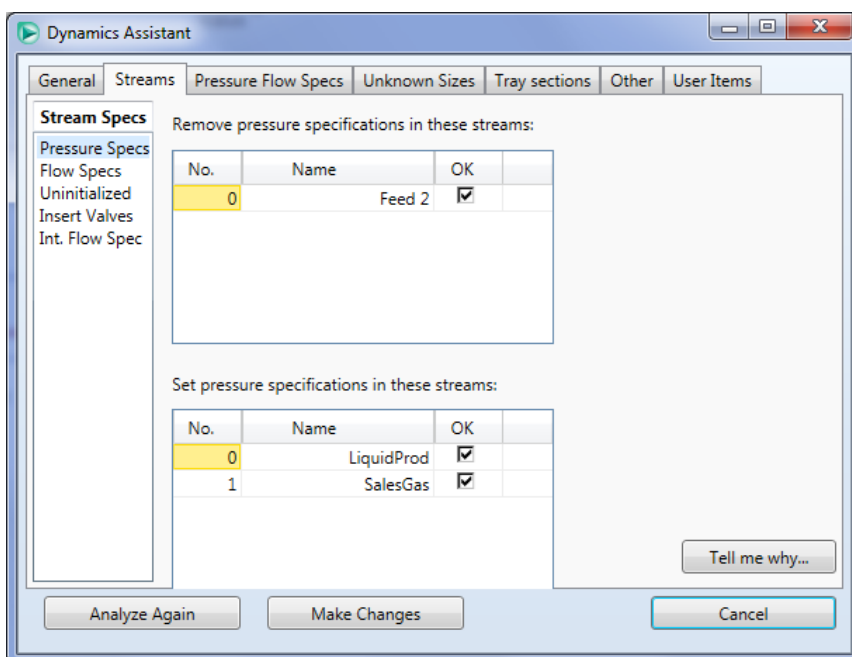


Рисунок 65

3. Для каждой страницы на вкладки Streams установите следующие рекомендации активировать или деактивировать, в соответствии с таблицей представленной ниже

Таблица 21

Вкладка (страница)	Рекомендация	Поток	ОК
Streams (Pressure Specs)	Remove Pressure Specifications in these streams	Feed 1	Выбран
	Set Pressure Specifications in these streams	LiquidProd	Выбран
SalesGas		Выбран	
Streams (Flow Specs)	Remove Flow Specifications in these streams	Feed 1	Удалена
		Feed 2	Удалена
Streams (Insert Valves)	Valves will be inserted at these streams	Feed 1	Удалена
		Feed 2	Удалена
		Ovhd	Удалена
Streams (Int. Flow Spec)	Flow Specifications will be set on these internal streams	Reflux@COL1	Выбран

4. Перейдите на вкладку **Pressure Flow Specs**. Эта вкладка содержит список операторов, которые могут быть использованы в спецификациях Pressure Flow или Pressure Drop (DeltaP). Обычно, все операторы в динамическом режиме должны использовать спецификации Pressure Flow.

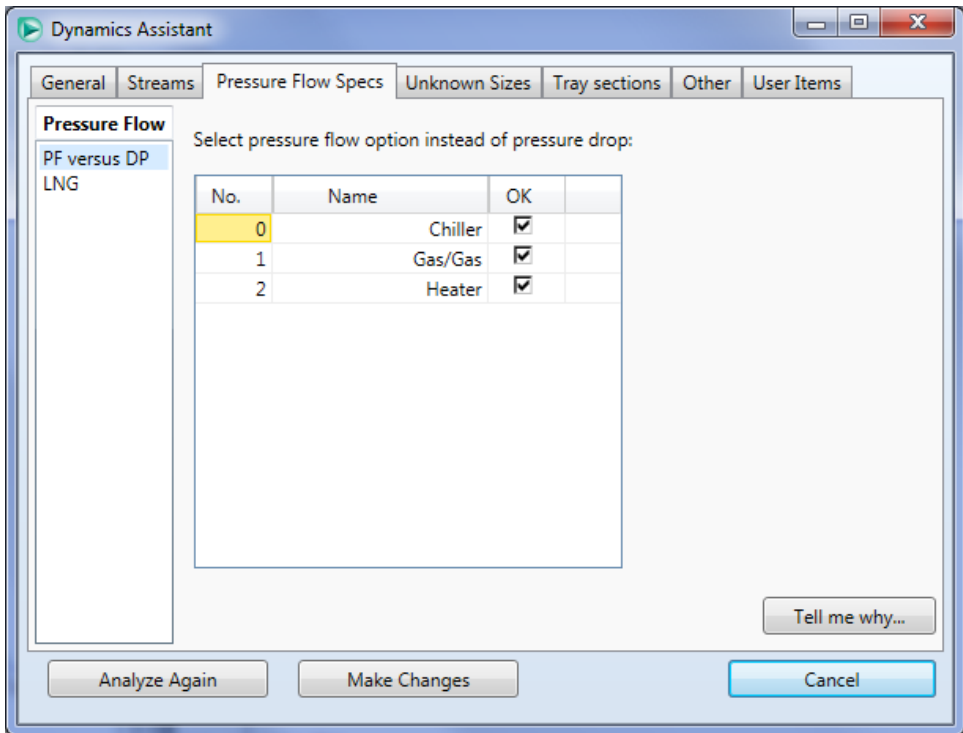


Рисунок 66

5. Согласитесь со всеми рекомендациями на этой странице.

Таблица 22

Вкладка (страница)	Рекомендация	Оператор	ОК
Pressure Flow Specs (PF versus DP)	Select pressure flow option instead of pressure drop	Chiller	Выбран
		Gas/Gas	Выбран
		Heater	Выбран

6. Перейдите на вкладку **Unknown Sizes** и выберите страницу **Volumes**.

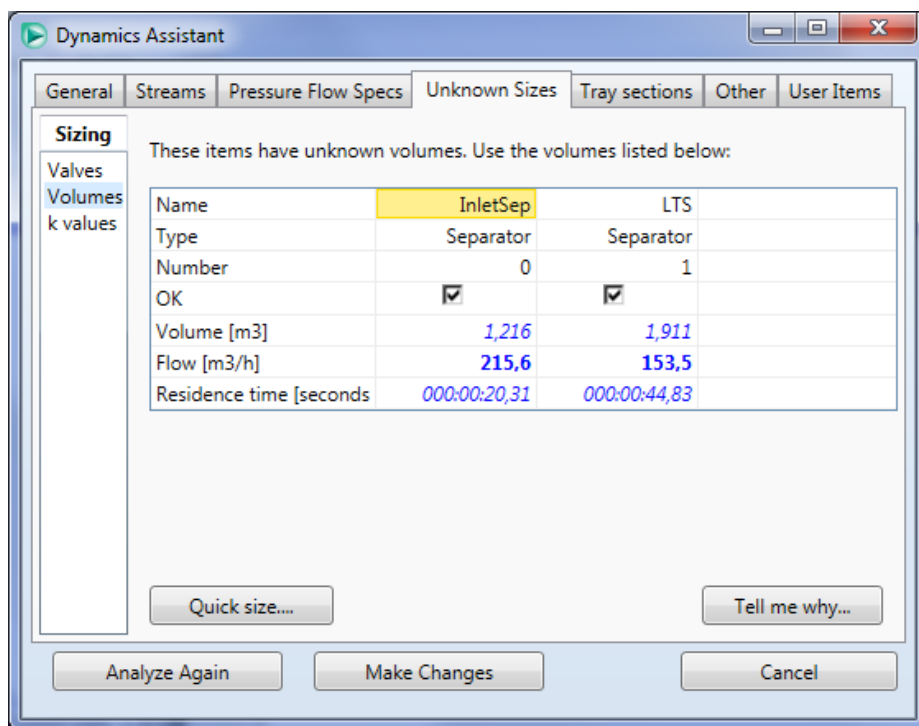


Рисунок 67

Вкладка Unknown Sizes содержит список операторов технологической схемы, которым требуются параметры.

- Операторы клапанов требуют параметров, основанных на изменении расхода и давления. Клапаны имеют параметры при 50% открытии.
- Объём операторов сосудов определяются на основе объёмного расхода жидкости на выходе и десятисекундного времени нахождения в сосуде.
- Операторы теплообменников имеют параметры, основанные на расходе потока и перепаде давления.

Можно изменить некоторые параметры, из установленных по умолчанию, на вкладке Unknown Sizes. После изменения значений параметров, оборудование автоматически пересчитывается и отражает объём, пропускную способность, коэффициент теплопередачи.

7. Для каждой страницы на вкладке Unknown Sizes соглашаемся со всеми рекомендациями.



Таблица 23

Вкладка (страница)	Рекомендация	Оператор	ОК
Unknown Sizes (Volumes)	These items have unknown volumes. Use the volumes listed below:	InletSep	Выбран
		LTS	Выбран
Unknown Sizes (k values)	These items have unknown k values. Use the values listed below:	Gas/Gas – 0	Выбран
		Gas/Gas – 1	Выбран

8. Перейдем на вкладку **Tray sections**. Вкладка Tray sections определяет тарельчатые секции и потоки, у которых общий перепад давления в стационарном режиме не совпадает с общим перепадом давления, рассчитанным в соответствии с методами динамической модели. В нашем примере вкладку оставим без изменения.

9. Перейдем на вкладку **Other**.

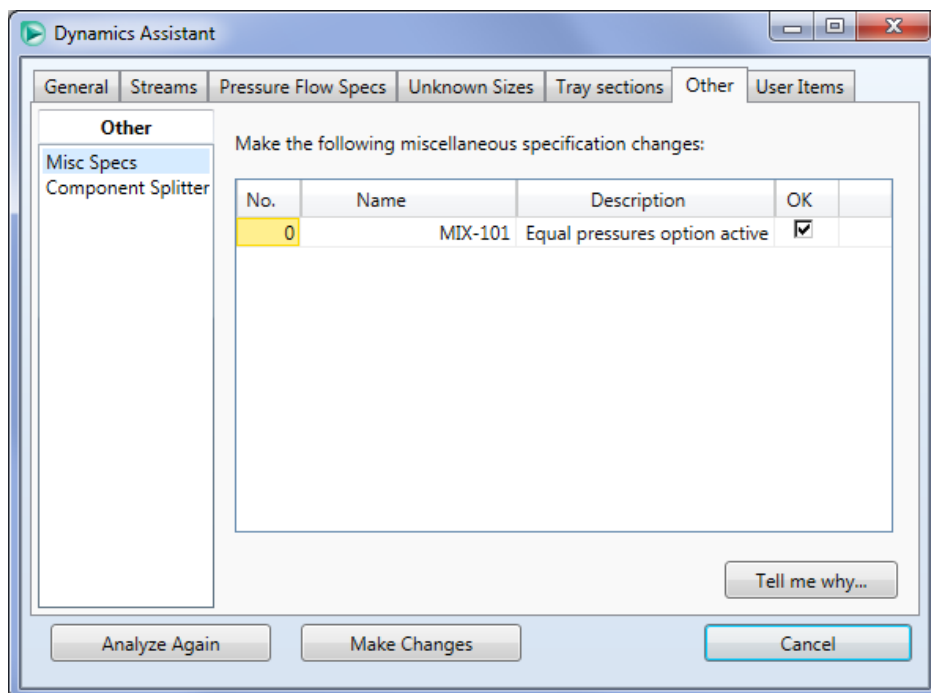


Рисунок 68

Активируем следующую рекомендацию:

Таблица 24

Вкладка (страница)	Рекомендация	Оператор	ОК
Other (Misc Specs)	Set Equalize Option Mixers	MIX-101	Выбран

Вкладка Other содержит список различных изменений, которые должны быть сделаны для эффективной работы модели в динамическом режиме.

Нажмите кнопку **Make Changes** один раз. Все активные предложения динамического помощника реализованы. На экране появится сообщение об ошибке согласованности расчётов.

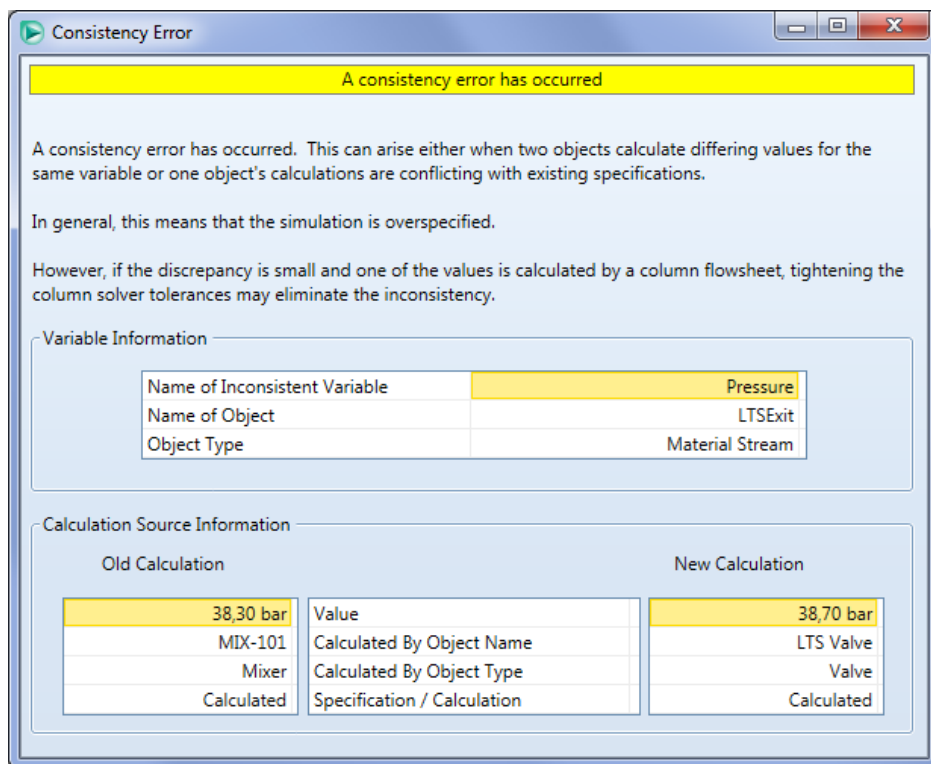


Рисунок 69

Для устранения этого несоответствия откройте окно клапана LTS Valve и на странице Parameters вкладки Design удалите значение сопротивления. В ячейки Delta P должно быть <empty>.

10. На вкладку Home ленты нажмите кнопку **Active**. Закройте окна клапана и динамического помощника.

11. Переключитесь в динамический режим нажатием кнопки **Dynamics Mode** на вкладке Dynamic ленты. На вопрос «Are you sure want to switch to dynamics?» отвечаем «Да».

Так как отказались установить клапан на поток Ovhd, необходимо установить спецификацию давление-расход для этого потока.

Задать спецификацию давления для потока Ovhd можно из среды главной схемы или из среды подсхемы колонны.

12. На PFD двойным нажатием на значок потока **Ovhd** откройте окно потока.
13. Выберите вкладку **Dynamics**, страницу **Specs**.
14. Активируйте **Pressure Specifications** путём установки соответствующей галочки. Должна быть активирована только спецификация давления. Убедитесь, что спецификация Molar Flow specification неактивна.

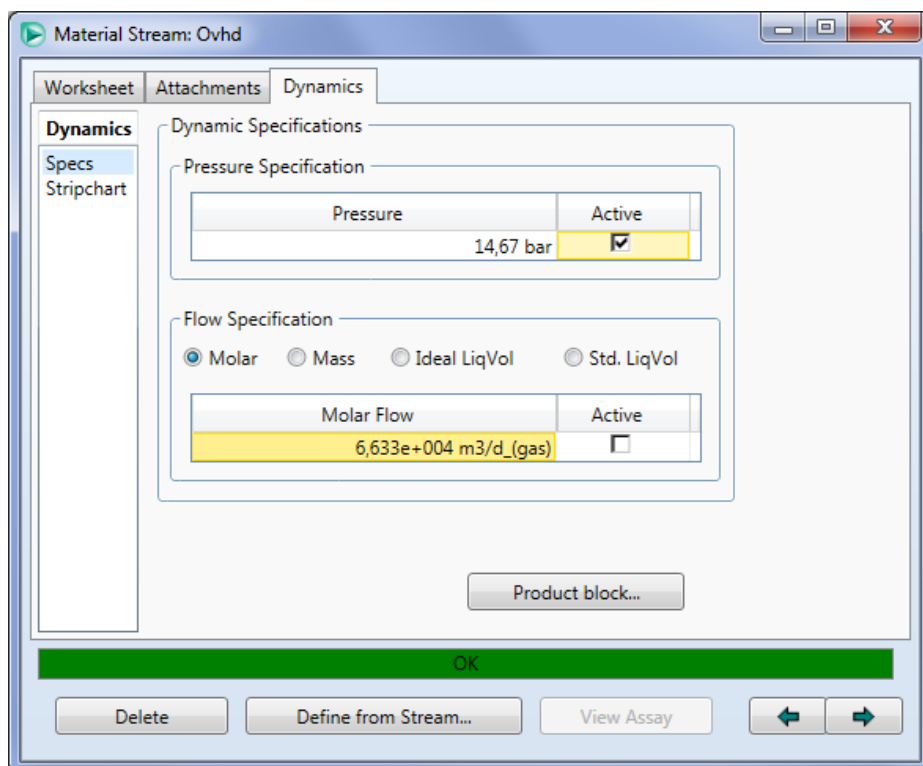


Рисунок 70

15. Закройте окно свойств потока.
16. На PFD двойным нажатием на значок **Heater** войдите в его окно свойств. Можно задать температуру на выходе из оператора Heater в динамическом режиме. Нагрузка на нагрев будет рассчитана для обеспечения температурных условий.
17. Выберите вкладку **Dynamics**, страницу **Specs**.
18. В группе **Model Details** выбираем **Product temp Spec**.

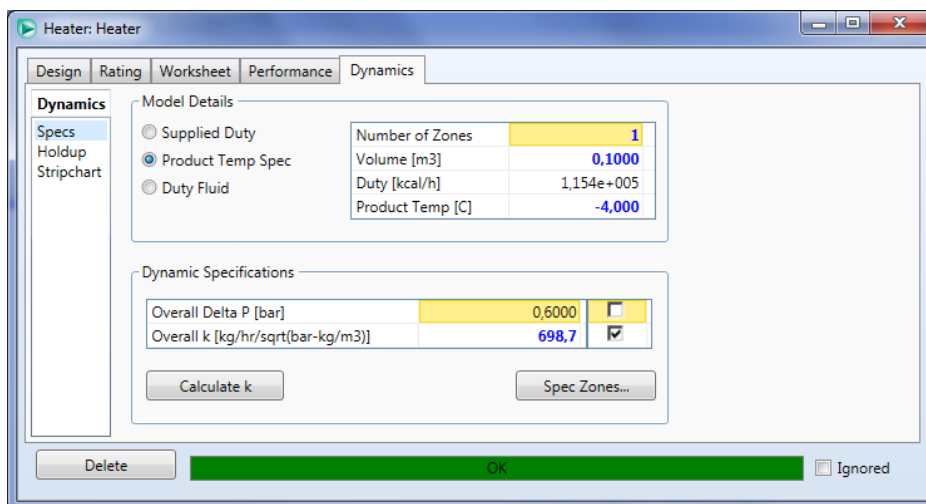


Рисунок 71

19. Закройте окно.
20. Сохраните задачу, например как DynTUT1–3.

## 26.4. Установка регуляторов

В этом разделе установим и настроим системы контроля с логическими операторами – ПИД-регуляторами. Хотя эти контроллеры не требуются для работы в динамическом режиме, они увеличат реалистичность модели и обеспечат большую стабильность работы.

### 26.4.1. Контроль уровня

Установим контроллеры уровня в главную схему и подсхему колонны для регулирования уровня жидкости во всех операторах сосудов.

1. В главной схеме откроем палитру объектов, нажав **F4**.
2. На палитре объектов, во вкладке **Dynamics**, двойным нажатием выбираем оператор **PID controller**. Открывается его окно свойств.

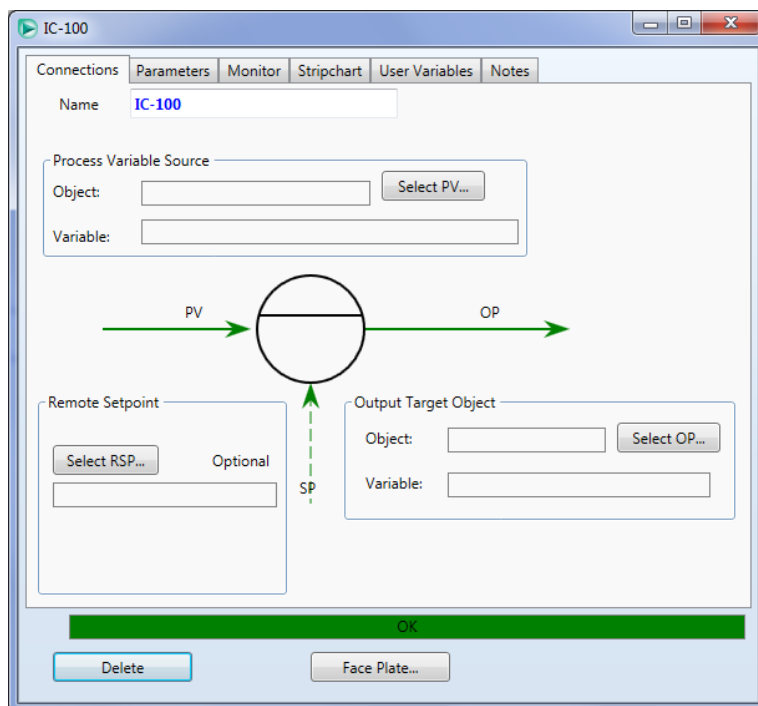


Рисунок 72

3. Во вкладке **Connections**, в поле **Name** изменяем название оператора на **Sep LC**.

4. В группе **Process Variable Source** нажимаем **Select PV...** Открывается окно выбора входного параметра.

5. В списке Flowsheet выбираем **Case (Main)**. В списке Object выбираем **InletSep**. В списке Variable выбираем **Liquid Percent Level**. Нажимаем **OK**.

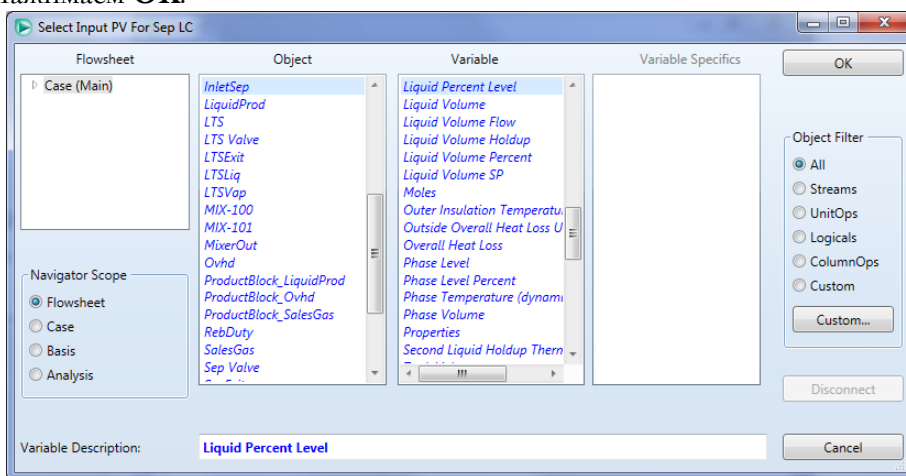


Рисунок 73

6. В группе Output Target Object нажимаем **Select OP...** Открывается окно выбора выходного параметра. Окно Select OP Object For Sep LC выглядит также как и Select Input PV For Sep LC.

7. В списке Flowsheet выбираем **Case (Main)**. В списке Object выбираем **Sep Valve**. В списке Variable выбираем **Actuator Desired Position**. Нажимаем **OK**.

8. Перейдём на вкладку **Parameters** и выбираем вкладку **Configuration**.

9. Введите следующие параметры:

Таблица 25

Группа	Ячейка	Параметр
Operational Parametets	Action	Direct
Tuning Parameters	Kc	2
Range	PV Minimum	0
Range	PV Maximum	100

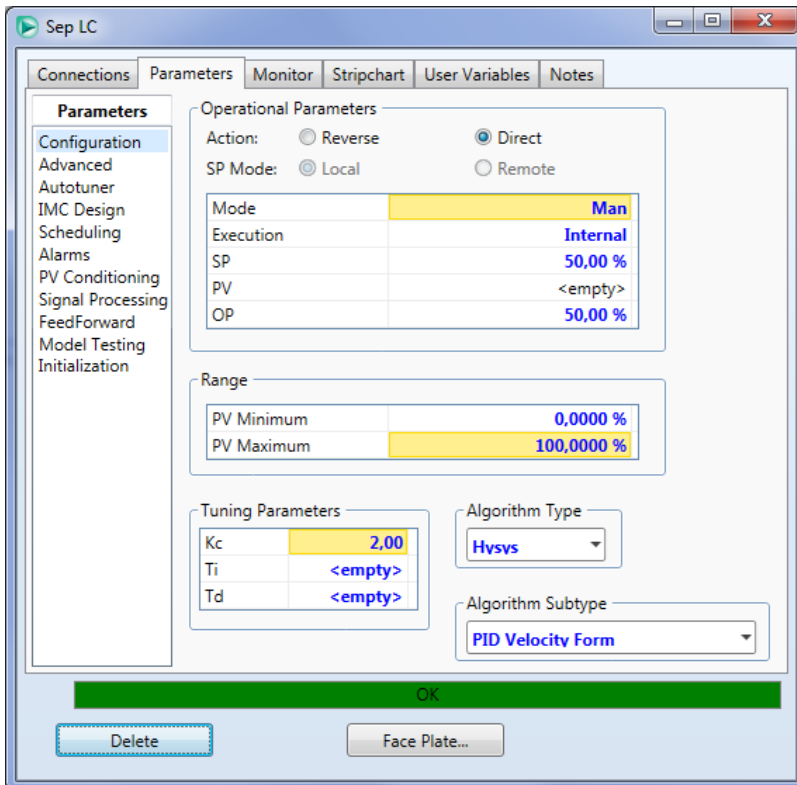


Рисунок 74

10. Нажмите **Face Plate** внизу окна.
11. Измените режим контролера на **Auto** открыв выпадающий список. Закройте окно Face Plate и окно регулятора.
- 12.

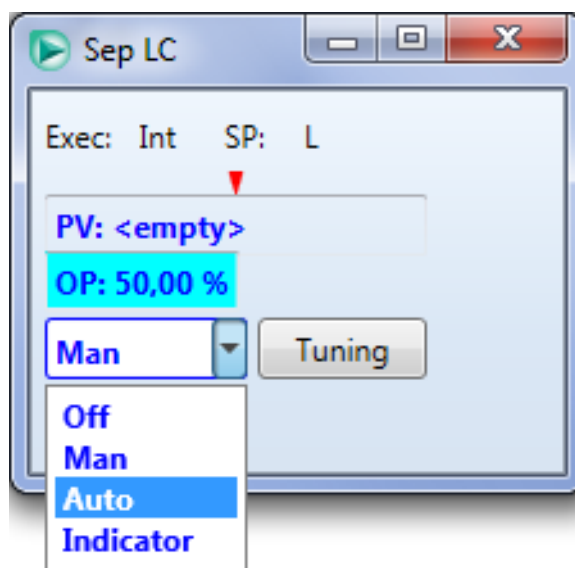


Рисунок 75

13. Аналогично установите другой оператор PID Controller регулирующий уровень жидкости в сепараторе LTS.

Таблица 26

Вкладка (страница)	Ячейка	Параметр
Connections	Name	LTS LC
	Process Variable Source	Case (Main), LTS, Liquid Percent Level
	Output Target Object	LTS Valve, Actuator Desired Position
Parameters (Configuration)	Action	Direct
	Kc	2
	PV Minimum	0 %
	PV Maximum	100 %

14. Нажмите **Face Plate** и переведите контроллер в режим **Auto**.
15. Далее надо войти в под схему колонны. Вместо входа через окно колонны нажмите на **Find Object** во вкладке Flowsheet/Modify ленты.

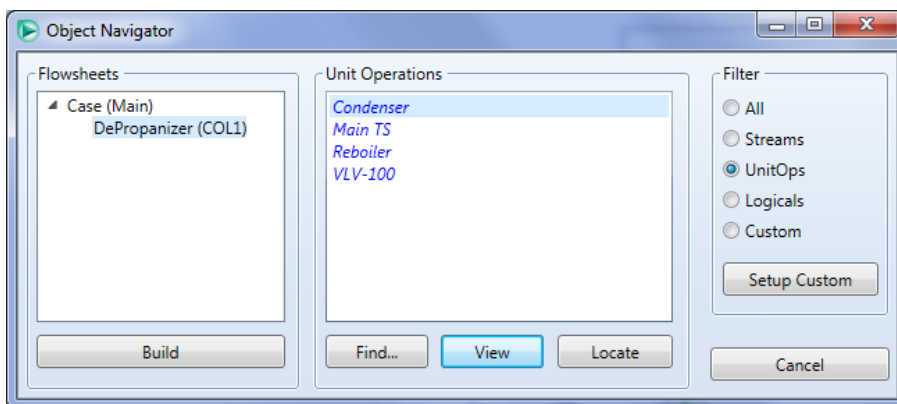


Рисунок 76

16. В группе Flowsheets разверните Case (Main), нажатием на треугольник слева. И двойным нажатием на **DePropanizer (COL1)** войдите в подсхему колонны.

17. Открывается PFD колонны.

18. В подсхеме колонны установите оператор PID Controller для поддержания уровня в конденсаторе.

Таблица 27

Вкладка (страница)	Ячейка	Параметр
Connections	Name	Cond LC
	Process Variable Source	DePropanizer (COL1), Condenser, Liquid Percent Level
	Output Target Object	DePropanizer (COL1), Reflux, Control Valve (control flows)
Parameters (Configuration)	Action	Direct
	Kc	1
	Ti	5 minutes
	PV Minimum	0 %
	PV Maximum	100 %

19. Нажмите **Control Valve** внизу окна. Появляется окно FCV for Reflux.

20. Введите следующие данные в группу Valve Sizing.

Таблица 28

Ячейка	Значение
Flow Type	Molar Flow
Minimum Flow	0 m3/d_(gas)
Maximum Flow	120 000 m3/d_(gas)



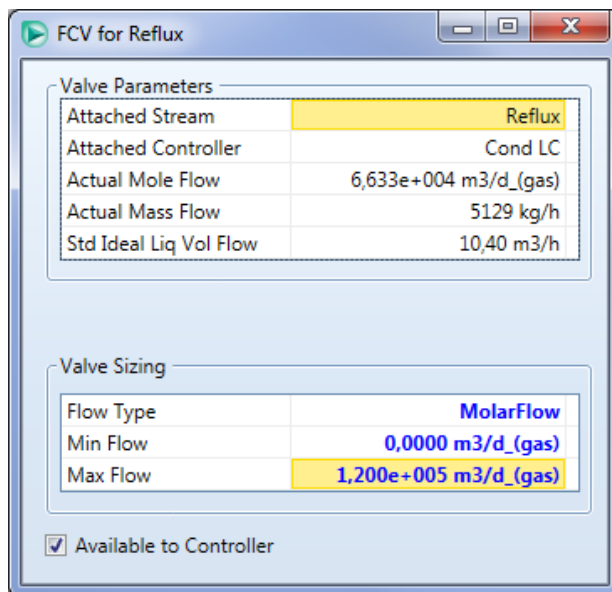


Рисунок 77

21. Закройте окно FCV for Reflux.
22. Нажмите **Face Plate**. Измените режим контроллера на автоматический в появившемся окне Cold LC.
23. Закройте окно контроллера Cold LC.
24. Добавьте другой оператор PID Controller, который будет работать как регулятор уровня ребойлера. Задайте следующие параметры.

Таблица 29

Вкладка (страница)	Ячейка	Параметр
Connections	Name	Reb LC
	Process Variable Source	DePropanizer (COL1), Reboiler, Vessel Liq Percent Level
	Output Target Object	DePropanizer (COL1), RebDuty, Control Valve
Parameters (Configuration)	Action	Direct
	Kc	1
	Ti	3 minutes
	PV Minimum	0 %
	PV Maximum	100 %

25. Нажмите **Control Valve**. Появится окно FCV For RebDuty.
26. В группе Duty Source выберите **Direct Q**.
27. В группе Direct Q введите следующие данные

Таблица 30

Ячейка	Значение
Min. Available	0 kcal/h
Max. Available	1.5e6 kcal/h

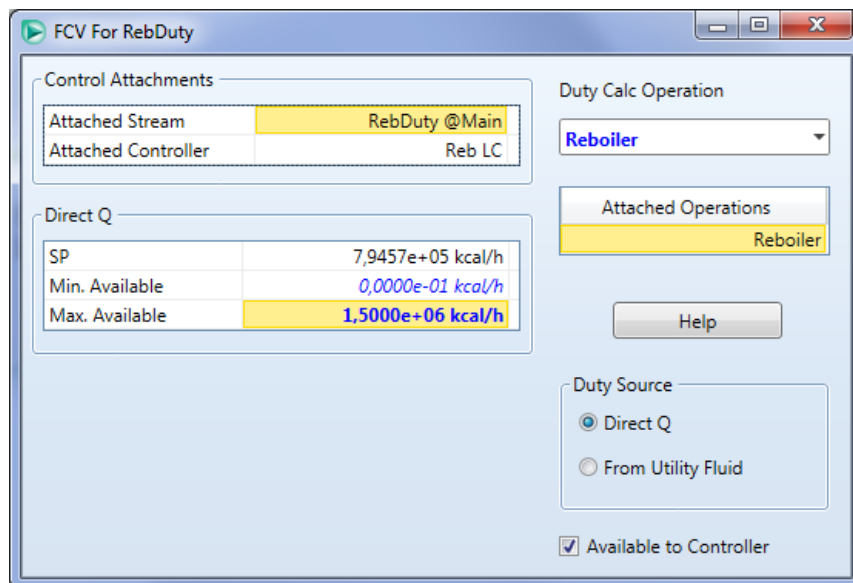


Рисунок 78

28. Закройте окно FCV for RebDuty.
29. Нажмите Face Plate. Переведите контроллер в режим Auto. Закройте это окно.
30. Закройте окно Reb LC.

#### 26.4.2. Регулирование температуры

Контроль температуры важен для этой динамической задачи. Регулятор температуры будет размещён на потоке ColdGas для обеспечения требуемой точки росы потока SalesGas, -15 °C. Регуляторы температуры будут установлены на верхней и нижней тарелках депропанизатора для обеспечения требуемого качества продуктов и стабильной работы колонны.

1. Войдем в среду главной схемы, нажав **Go to Parent** во вкладке Flowsheet/Modify ленты.

Теперь установи оператор PID Controller, который будет поддерживать температуру потока ColdGas.

2. На палитре объектов, во вкладке Dynamics, выберем двойным щелчком **PID Controller**.

3. В открывшемся окне зададим следующее:

Таблица 31

Вкладка (страница)	Ячейка	Параметр
Connections	Name	Cold TC
	Process Variable Source	Case (Main), ColdGas, Temperature
	Output Target Object	Case (Main), C3Duty, Control Valve
Parameters (Configuration)	Action	Direct
	Kc	1
	Ti	10 minutes
	PV Minimum	-30 °C
	PV Maximum	-5 °C

4. Нажмите **Control Valve**, появляется окно FCV For C3Duty.
5. В группе Duty Source выбираем Direct Q.
6. В группе Direct Q вводим следующее:
- 7.

Таблица 32

Ячейка	Значение
Min. Available	0 kcal/h
Max. Available	5e5 kcal/h

8. Закройте окно FCV For C3Duty.
9. Нажмите **Face Plate**, переведите контроллер в режим **Auto**, и закройте окно оператора.
10. Войдите в подсхему колонны депропанализации.
11. Добавьте оператор PID Controller для поддержания температуры на верхней тарелке колонны.
12. В окне контроллера задайте следующее:

Таблица 33

Вкладка (страница)	Ячейка	Параметр
Connections	Name	Top Stage TC
	Process Variable Source	DePropanizer (COL1), Main TS, Top Stage Temperature
	Output Target Object	DePropanizer (COL1), CondDuty, Control Valve
Parameters (Configuration)	Action	Direct
	Kc	1
	Ti	5 minutes
	PV Minimum	10 °C
	PV Maximum	55 °C

13. Нажмите **Control Valve**, появится окно FCV For CondDuty.
14. В группе Duty Source выберете **Direct Q**.

15. В группе Direct Q введите следующее:

Таблица 34

Ячейка	Значение
Min. Available	0 kcal/h
Max. Available	8e5 kcal/h

16. Закройте окно FCV For CondDuty.

17. Нажмите **Face Plate**. Появится окно Top Stage TC.

18. Переведите контроллер в режим Auto. В поле PV введите значение 30 °C.

19. Закройте окно контроллера Top Stage TC.

20. Установите другой оператор PID Controller, который будет держать температуру на девятой тарелке депропанизатора.

21. В окне контроллера задайте следующее:

Таблица 35

Вкладка (страница)	Ячейка	Параметр
Connections	Name	Stage9 TC
	Process Variable Source	DePropanizer (COL1), Main TS, Stage Temperature, 9_Main TS
	Output Target Object	DePropanizer (COL1), Reboil Valve, Actuator Desired Position
Parameters (Configuration)	Action	Direct
	Kc	2
	Ti	5 minutes
	PV Minimum	40 °C
	PV Maximum	130 °C

22. Нажмите **Face Plate...** Появилось окно Stage9 TC.

23. Переведите режим работы в **Auto**. В поле PV введите установочное значение 85 °C.

Модель готова к запуску. Однако, для наблюдения за поведением основных параметров в динамической модели желательно использовать диаграммные ленты.

24. Вернитесь в главную схему.

25. Сохраните задачу под именем DynTUT1–4.

После установки регуляторов модель выглядит следующим образом.

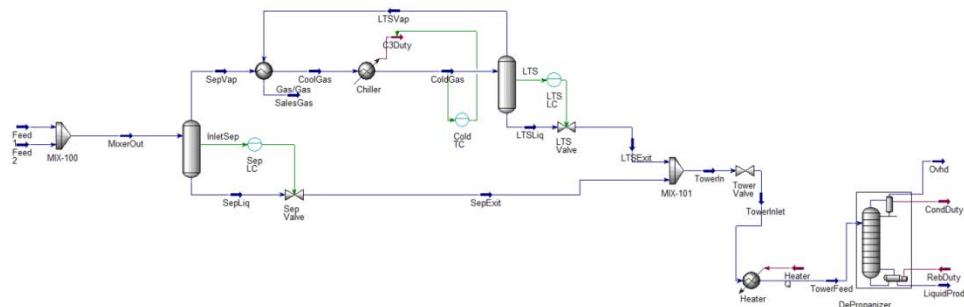


Рисунок 79

А подсьема колонны так:

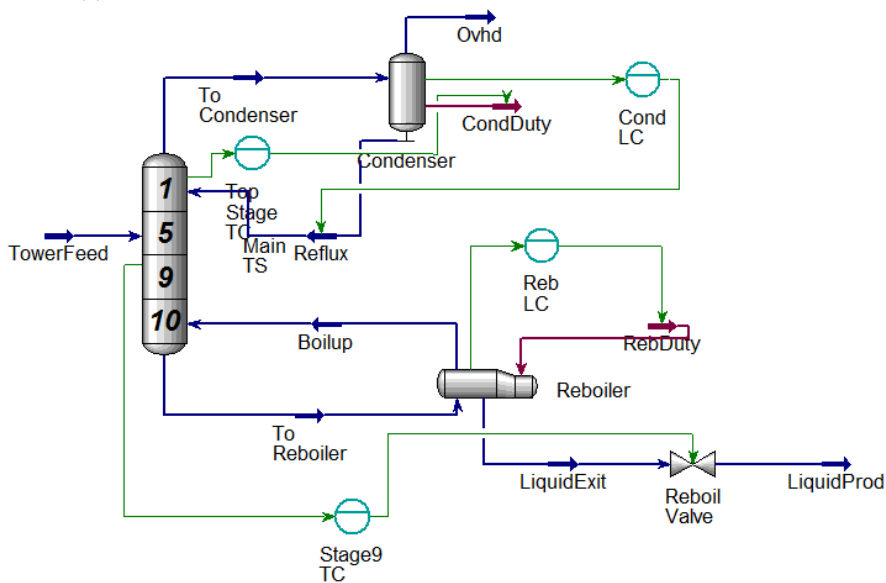


Рисунок 80

### 26.4.3. Наблюдение за процессом

Процедура создания диаграммных лент следующая.

1. В панели навигации выберем **Strip Charts**.
2. После нажатия **Add** внизу новой вкладки, создаётся диаграммная лента DataLogger1.

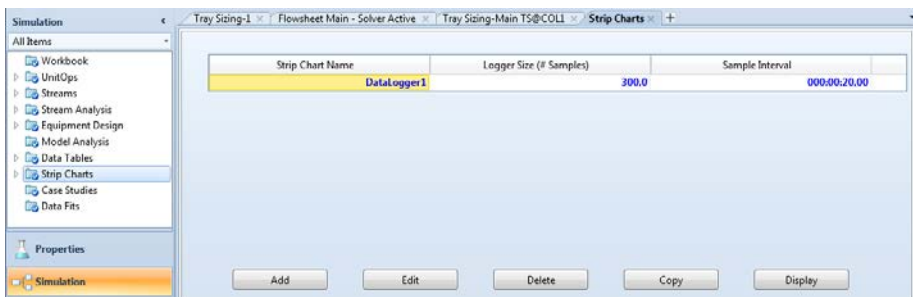


Рисунок 81

3. Для редактирования созданной диаграммы нажмём **Edit**.
4. Открывается окно диаграммы.

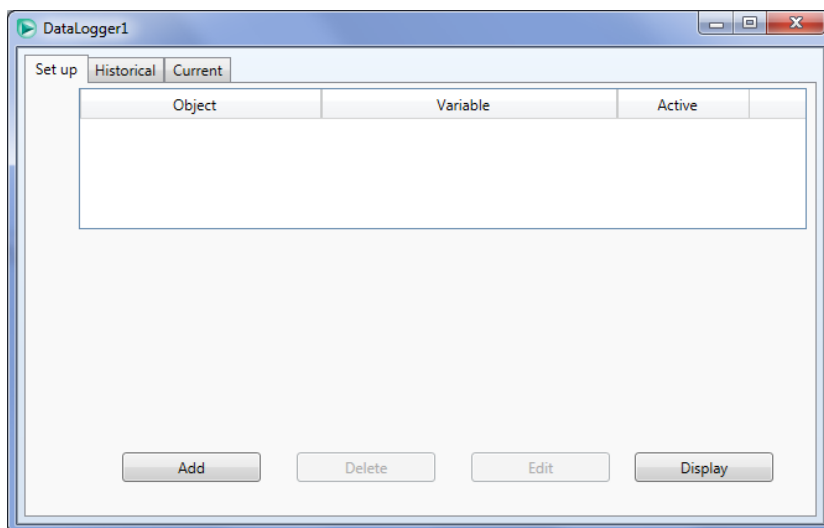


Рисунок 82

5. Для добавления переменных, которые будут отражаться на диаграмме, нажмите **Add**.
6. В открывшемся окне Variable Navigator выберите следующие переменные. После выбора параметра нажмите Add и не закрывая окна выбирайте следующий параметр.

Таблица 36

Object	Variable
InletSep	Liquid Percent Level
LTS	Liquid Percent Level
Condenser	Liquid Percent Level

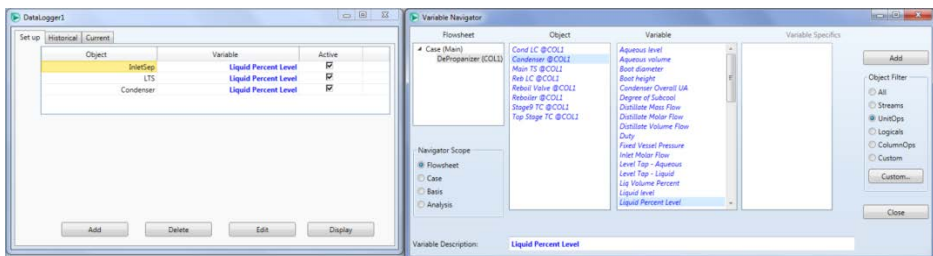


Рисунок 83

7. Закройте окно Variable Navigator.
8. Перед запуском интегратора откройте окно потока Ovhd.
9. Перейдите на страницу Spres вкладки Dynamics.
10. Убедитесь, что выбрана спецификация давления Pressure specification, а не расхода Flow specification.
11. Закройте окно потока Ovhd.
12. В окне диаграммы DataLogger1 нажмите **Display**.
13. Расположите диаграммную ленту удобным образом.
14. Запустите интегратор нажатием **Active** на вкладке Home ленты.
15. В любой момент можно остановить работу интегратора нажатием **On Hold** на вкладке Home ленты.
16. Вид полученной диаграммы можно изменить. Проинспектируйте правой кнопкой мыши диаграмму и выберите Graph Control.
17. В открывшемся окне Strip Chart Configuration – Datalogger1 настройте диаграмму на свой вкус.

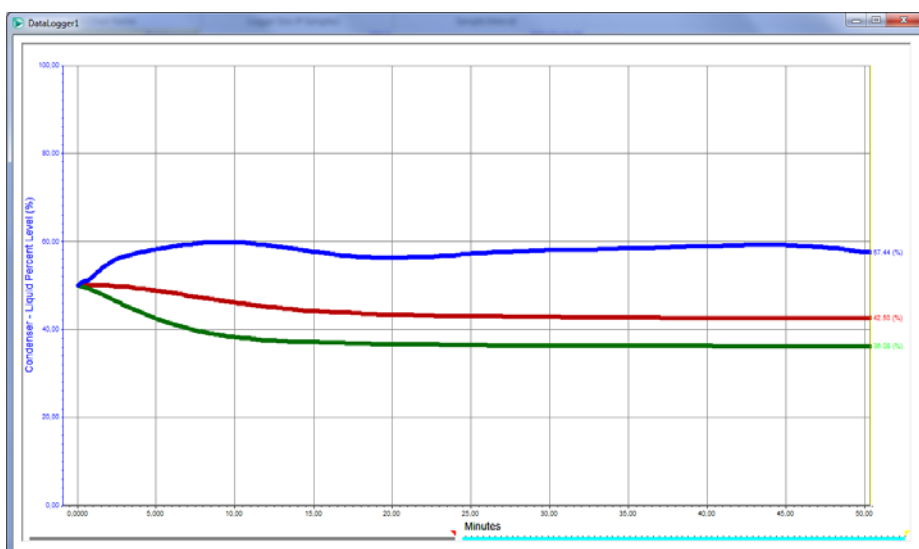


Рисунок 84

## **27. Задача выполнена**

Основная модель для этого примера завершена. Вы познакомились, как использовать интерфейс HYSYS для настройки нового файла моделирования, задания компонентов и методов расчёта, создания материальных потоков, подключение их к операторам, и использование основных утилит для проверки модельных данных. Также познакомились с динамическим режимом работы моделей и возможность вывода информации в виде диаграмм. Теперь вы должны быть в состоянии открыть и изучить более продвинутые методы, используемые в других примерах для более специфических приложений, или начать строить свою модель.



## Англо-русский словарь

Absorber	—	абсорбер
Action list	—	список действий
Add	—	добавить
Add a material stream	—	добавить материальный
	—	поток
Add an energy stream	—	добавить энергетический
	—	поток
Add Heat Stable Salts	—	добавить термостойкие
	—	соли
Add to quick access toolbar	—	добавить панель быстрого
	—	доступа
Add variable	—	добавить переменную
Adjust	—	регулировать
Analysis	—	анализы
Auto position all	—	автоматически расставить
	—	всё
Automatic pressure assignment	—	автоматическое
	—	присвоение
	—	давления
Attach	—	соединить
Attachments	—	приложения
Available stream analysis	—	доступные анализы потока
Available unit operations	—	доступные операторы
Available unit sets	—	доступные наборы единиц
Balance	—	баланс
Bottoms liquid	—	кубовая жидкость
Break	—	разорвать
Break connection	—	разорвать соединение
Calc.level	—	расчётный уровень
Cancel	—	отменить
Case	—	дело, задача
Chiller	—	холодильник
Close	—	закрыть
Close all but this	—	закрыть все, кроме этой
Column name	—	имя колонны
Columns	—	колонны
Common	—	общие

Complete	–	законченный
Composition	–	композиция
Composition basis	–	единицы измерения
	–	состава
Component list	–	списков компонентов
Condenser	–	конденсатор
Condenser energy stream	–	энергетический поток
	–	конденсатора
Condenser pressure	–	давление в конденсаторе
Condenser pressure drop	–	перепад давления
	–	в конденсаторе
Conditions	–	условия
Configuration	–	конфигурация
Connection	–	соединения
Control manager	–	менеджер регуляторов
Contextual tab	–	контекстная вкладка
Contextual tab set	–	набор контекстных вкладок
Copy/paste	–	копировать/вставить
Counter	–	противоток
Create	–	создать
Current environment	–	используемая среда
Custom	–	пользовательская
Databook	–	книга данных
Data tables	–	таблица данных
Delta P	–	перепад давления
Design	–	проект
Dialog box launcher	–	диалоговое окно запуска
Display	–	дисплей
Distillation column	–	ректификационная колонна
Digital box launcher	–	цифровая кнопка запуска
Done	–	готов
Dynamics	–	динамика
Dynamics assistant	–	динамический помощник
Docking boxes	–	фиксирующие квадраты
Drag and drop	–	перемещать
Edit	–	редактировать
Equalize All	–	выровнять все
Equipment	–	оборудование
Energy	–	энергия

Environment buttons	–	кнопки среды
Empty	–	пустой
Event scheduler	–	планировщик событий
Face plate	–	лицевая панель
File	–	файл
File menu	–	набор команд файла
Find	–	искать
Find object	–	найти объект
First tube pass flow direction	–	первое направление
	–	трубного
	–	потока
Floating	–	плавающий
Flow	–	поток, расход
Flowsheet/modify	–	технологическая
	–	схема/изменить
Full name/synonym	–	полное имя/синоним
Fluid package	–	пакет жидкости
Heat balance	–	тепловой баланс
Heat exchanger	–	теплообменник
Heat flow	–	тепловой поток
Help	–	помощь
Hydraulics	–	гидравлика
Home	–	дом
Graph control	–	управление графиком
Getting started	–	начало работы
Group	–	группа
Ignored	–	игнорировать
Indicates the object and object type	–	обозначение объекта и типа
	–	объекта
Individual action specification	–	спецификация
	–	индивидуальных
	–	действий
Inlet	–	вход
Input composition for stream	–	ввод композиции потока
Liquid outlet	–	выход жидкости
Liquid volume	–	объём жидкости
Liquid level	–	уровень жидкости
List of actions for this event	–	список действий для этого
	–	события

Logger size	–	размер регистратора
Manually enter	–	ввести данные вручную
Mapping of commands to the ribbon	–	расположение команд
	–	на ленте
Mass flow	–	массовый расход
Mass fractions	–	массовые доли
Material streams	–	материальные потоки
Modeling options	–	опции моделирования
Molar flow	–	молярный расход
Molar enthalpy	–	молярная энтальпия
Mole fractions	–	мольная доля
Monitor	–	монитор
Name	–	имя
Navigation pane	–	навигационная панель
New	–	новый
New object type	–	тип нового объекта
Next	–	следующая
Nitrogen	–	азот
Noise	–	шум
Normalizing	–	нормализация
Object	–	объект
Object navigator	–	навигатор объектов
Object status bar	–	строка состояния объекта
Object type	–	тип объекта
Object filter	–	фильтр объектов
Open in new tab	–	открыть в новой вкладке
Open subflowsheet as new tab	–	открыть подсхему как новую
	–	вкладку
Operation name of this subflowsheet (as on main)	–	операционное имя этой
	–	подсхемы
	–	(как на основной схеме)
Operational parameters	–	рабочие параметры
Out	–	выход
Output target object	–	выходной целевой объект
Outlet	–	выход
Overhead liquid	–	верхняя жидкость
Overhead vapour	–	верхний пар
Parameters	–	параметры
Parent environment	–	родительская среда

Perform checks when switching to dynamics or starting the integrator	–	выполнить проверку при переходе в динамический режим или запустить интегратор
Petroleum assays	–	нефтяные анализы
Piping network	–	трубопроводная сеть
Plots	–	графики
Pressure	–	давление
Product	–	продукт
Properties	–	свойства
Process variable source	–	источник переменной процесса
Quick access toolbar	–	панель быстрого доступа
Quick size	–	быстрый размер
Ranges	–	диапазоны
Rating	–	номинал
Refining	–	переработка
Reflux ratio	–	флегмовое число
Reboiled Absorber	–	абсорбер с ребойлером
Reboiler energy stream	–	энергетический поток ребойлера
Reboiler pressure	–	давление в ребойлере
Refluxed Absorber	–	абсорбер с дефлегматором
Requires a feed stream	–	требуется поток питания
Requires a product stream	–	требуется продуктовый поток
Residence times	–	время пребывания
Rigorous	–	точные
Run	–	выполнения
Sample interval	–	интервал выборки
Search by	–	искать как
Section Diameter	–	диаметр секции
Separator, columns and reactors	–	сепараторы, колонны и реакторы
Sequence control	–	управление последовательностью
Session preferences	–	настройки сессии
Set dynamic stream specifications in the background	–	установить динамические характеристики потока в фоновом режиме

Set outlet to lowest inlet	–	выход сделать равным
	–	наименьшему из входящих
Schedule	–	расписание
Schedule sequences	–	расписание
	–	последовательности
Shell-side	–	межтрубное пространство
Shell side inlet	–	вход в межтрубное
	–	пространство
Shell side outlet	–	выход из межтрубного
	–	пространства
Show flowsheet	–	показать
	–	технологическую схему
Simulation	–	моделирование
Simulation options	–	параметры модели
Sizing	–	размер
Solver active	–	активация решателя
Solver inactive	–	деактивация решателя
Specified pressure drop	–	задание потерь давления
Spreadsheet	–	таблица
Status	–	статус
Stream	–	поток
Stream name	–	имя потока
Strip chart	–	ленточная диаграмма
Strip chart configuration	–	конфигурация
	–	ленточной диаграммы
Swap	–	менять
Tabs	–	вкладки
Table	–	таблица
Temperature	–	температура
This unit is missing connections	–	этот оператор не
	–	соединён
This unit is underspecified	–	этот оператор определён
	–	не полностью
Tools	–	инструменты
Total	–	общее
Total Weir Length	–	общая длина перегородки
Transfer function	–	функция передачи
Tray Spacing	–	расстояние между тарелками
Tube passes per shell	–	число проходов труб

Tube-side	–	трубное пространство
Tube side inlet	–	вход в трубное пространство
Tube side outlet	–	выход из трубного пространства
Undo	–	отменить
Unit operations (ops)	–	операторы
Units of measure	–	единицы измерения
Unit set name	–	имя набора единиц
Upstream	–	потoki
User defined models and extensions	–	заданные пользователем модели и расширения
Vapour fraction	–	паровая фракция
Vapour rate	–	расход пара
Vapour outlet	–	выходящий пар
Variables	–	переменные
Variable navigator	–	навигатор переменных
Variables for logic expression	–	переменные для логических выражений
Vessel	–	сосуд
View	–	вид
View parent	–	показать родительскую схему
Volume	–	объём
Weir Height	–	высота сливной перегородки
Window tabs	–	вкладки окон
Workbook	–	рабочая тетрадь
Worksheet	–	рабочая ведомость
Zoom controls	–	управление масштабом
Zoom fill	–	заполнить
Zoom to fit	–	изменить в размер экрана

## **Литература**

1. Lauren Sittler, Dinu Ajikutira. Jump Start: Aspen HYSYS® V8.
2. Julie Levine, Glenn Dissinger. Jump Start: Aspen HYSYS® Dynamics V8.
3. Aspen HYSYS. Getting Started in Aspen HYSYS: A Quick Tutorial.



## Содержание

Введение.....	3
1. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА.....	4
2. СОЗДАНИЕ НОВОЙ ЗАДАЧИ.....	5
3. СОЗДАНИЕ НОВОГО НАБОРА ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ.....	7
4. ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА КОМПОНЕНТОВ.....	9
5. СОЗДАНИЕ ПАКЕТА СВОЙСТВ.....	12
6. ВХОД В СРЕДУ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	14
7. УСТАНОВКА ПИТАЮЩИХ ПОТОКОВ.....	15
7.1. Ввод параметров состояния потока.....	15
7.2. Определение состава потока.....	16
8. СОЗДАНИЕ ВТОРОГО ПОТОКА ПИТАНИЯ.....	19
9. ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА: ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА.....	21
10. УСТАНОВКА СМЕСИТЕЛЯ.....	23
11. УСТАНОВКА ВХОДНОГО СЕПАРАТОРА.....	26
12. ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИЙ WORKBOOK.....	27
12.1. Совет: управление доступом к оператору из Workbook.....	27
12.2. Добавление новой вкладки в рабочую тетрадь.....	27
13. УСТАНОВКА ТЕПЛООБМЕННИКА.....	29
13.1. Совет: наведите порядок в PFD.....	31
13.2. Совет: цветовое обозначение PFD и расчётные статусы.....	31
14. УСТАНОВКА ХОЛОДИЛЬНИКА.....	34
14.1. Подключение холодильника.....	34
14.2. Графическое добавление выходящего и энергетического потоков.....	35
14.3. Совет: Для разрыва неправильного соединения.....	36
15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ.....	37
16. УСТАНОВКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СЕПАРАТОРА.....	38

16.1. Добавление и подключение LTS.....	38
16.2. Добавление спецификаций теплообменника .....	39
16.3. Обзор результатов .....	40
17. ПРОВЕРКА ТОЧКИ РОСЫ ТОВАРНОГО ГАЗА .....	42
17.1. Установки оператора Balance.....	42
18. УСТАНОВКА ВТОРОГО СМЕСИТЕЛЯ.....	44
19. УСТАНОВКА КОЛОННЫ ДЕПРОПАНИЗАЦИИ.....	45
19.1. Расчёт тарелок колонны.....	45
19.2. Добавление спецификаций колонны.....	47
19.3. Расчёт колонны .....	49
20. ПРОСМОТР И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ .....	52
21. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАВИГАТОРА ОБЪЕКТОВ .....	52
22. ПРИМЕНЕНИЕ ТАБЛИЦЫ ДАННЫХ.....	53
22.1. Создание таблицы данных .....	53
23. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОТОКА COLDGAS, ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ .....	55
24. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ.....	57
24.1. Вставка электронной таблицы.....	57
24.2. Импортирование переменных – первый метод.....	58
24.3. Импортирование переменных – второй метод.....	60
24.4. Ввод формул .....	60
25. УСТАНОВКА ADJUST ДЛЯ РАСЧЁТА ТЕМПЕРАТУРЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СЕПАРАТОРА.....	63
25.1. Установка, соединение и определение оператора Adjust .....	63
25.2. Задание целевой переменной.....	65
25.3. Результаты исследования .....	67
26. МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ.....	69
26.1. Модификация стационарной модели .....	69
26.1.1. Установка параметров сессии.....	70

26.1.2. Удаление спецификаций давления.....	70
26.1.3. Установка Sep Valve.....	71
26.1.4. Установка клапана LTS.....	72
26.1.5. Установка клапана колонны.....	73
26.1.6. Установка клапана ребойлера.....	74
26.1.7. Удаление неприменяемых операторов .....	76
26.2. Определение размеров колонны .....	77
26.2.1. Размеры тарелок колонны .....	77
26.3. Работа с динамическим помощником.....	84
26.4. Установка регуляторов.....	92
26.4.1. Контроль уровня.....	92
26.4.2. Регулирование температуры .....	98
26.4.3. Наблюдение за процессом.....	101
27. Задача выполнена.....	104
Англо-русский словарь.....	105
Литература.....	112

**Олег Александрович Кузнецов**

**Моделирование схемы переработки  
природного газа  
в Aspen HYSYS V8**

Ответственный редактор *А. Иванова*  
Корректор *Л. Акимова*  
Верстальщик *М. Глаголева*

Издательство «Директ-Медиа»  
117342, Москва, ул. Обручева, 34/63, стр. 1  
Тел/факс + 7 (495) 334–72–11  
E-mail: [manager@directmedia.ru](mailto:manager@directmedia.ru)  
[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)  
[www.directmedia.ru](http://www.directmedia.ru)

Отпечатано в ООО «ПАК ХАУС»  
142172, г. Москва, г. Щербинка,  
ул. Космонавтов, д. 16