

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО
ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН
Работа в среде «HYSYS»**

Доц. к.т.н. Будник В.А.

Введение

В основу универсальной системы моделирования HYSYS заложены общие принципы расчетов материально-тепловых балансов технологических схем. Как правило, любое производство состоит из стадий (элементов), на каждой из которых производится определенное воздействие на материальные потоки и превращение энергии. Последовательность стадий обычно описывается с помощью технологической схемы, каждый элемент которой соответствует определенному технологическому процессу (или группе совместно протекающих процессов). Соединения между элементами технологической схемы соответствуют материальным и энергетическим потокам, протекающим в системе. В целом моделирование технологической схемы основано на применении общих принципов термодинамики к отдельным элементам схемы и к системе в целом.

HYSYS включает набор следующих основных подсистем, обеспечивающих решение задачи моделирования химико-технологических процессов:

- набор термодинамических данных по чистым компонентам (база данных) и средства, позволяющие выбирать определенные компоненты для описания качественного состава рабочих смесей;

- средства представления свойств природных углеводородных смесей, главным образом – нефтей и газоконденсатов, в виде, приемлемом для описания качественного состава рабочих смесей, по данным лабораторного анализа;

- различные методы расчета термодинамических свойств, таких как коэффициента фазового равновесия, энтальпии, энтропии, плотности, растворимости газов и твердых веществ в жидкостях и фугитивности паров;

- набор моделей для расчета отдельных элементов технологических схем – процессов;

- средства для формирования технологических схем из отдельных элементов;

- средства для расчета технологических схем, состоящих из большого числа элементов, определенным образом соединенных между собой.

Библиотека программы HYSYS содержит данные по более чем 2500 чистым веществам, что дает возможность использовать программу практически для любых технологических расчетов процессов добычи и переработки углеводородного сырья, нефтехимии и химии. На практике, при решении задач, характерных для газовой и нефтяной промышленности, используются не более 100 компонентов.

1 Общие принципы работы с программой

1.1 Средства представления и анализа свойств нефтей и газовых конденсатов

Эти средства необходимы, чтобы на основе данных лабораторных исследований свойств нефтей, газоконденсатов и нефтепродуктов получить необходимые данные для адекватного представления этих смесей в моделирующей системе. Потоки углеводородов могут быть определены (заданы) с помощью лабораторных данных разгонки. Обычно эти данные состоят из собственно данных разгонки (ИТК, ASTM D86, ASTM D1160 или ASTM D2887), данных по удельному весу (средний удельный вес и, возможно, кривая удельного веса) и, может быть, данных по молекулярному весу, содержанию легких компонентов, а также данных по специальным товарным свойствам, таким как температура застывания и содержание серы. Эта информация используется для генерации набора дискретных псевдокомпонентов, которые потом применяются для представления состава каждого потока, характеризуемого кривой разгонки.

1.2 Методы расчета термодинамических свойств

Моделирующая система HYSYS включает различные методы расчета термодинамических свойств, таких как коэффициента фазового равновесия, энтальпии, энтропии, плотности, растворимости газов и твердых веществ в жидкостях и фугитивности паров. Имеются почти все опубликованные в литературе методы, а также специально разработанные методы, лицензированные у третьих фирм. Представленные в программе методы включают в себя:

- уравнения состояния, такие как метод Пенга-Робинсона для расчета коэффициентов фазового равновесия, энтальпий, энтропий и плотностей;
- обобщенные корреляции, такие как метод расчета коэффициентов фазового равновесия Чао-Сидера и метод расчета плотности жидкости API,
- Методы коэффициентов активности жидкости, такие как метод NRTL (Non-Random Two-Liquid - Неслучайное двухжидкостное) для расчета коэффициента фазового равновесия;
- специальные методы расчета свойств специфических систем компонентов, таких как спирты, амины, гликоли и системы кислой воды.

Наиболее часто для моделирования процессов добычи, транспортировки и переработки природного газа и нефти используется уравнение состояния Пенга-Робинсона или его расширенная модификация, реализованная в программе HYSYS.

1.3 Средства моделирования отдельных процессов и аппаратов

Как правило, от состава средств моделирования отдельных процессов зависят функциональные возможности всей моделирующей системы. Как правило, все моделирующие системы включают средства для моделирования следующего набора процессов:

-ректификационных колонн произвольной конфигурации, включая колонны с расслаивающимися на тарелках жидкостями и с химическими реакциями на тарелках; нефтяных колонн, гидравлики ректификационных колонн с ситчатыми, клапанными и колпачковыми тарелками, и насадочных колонн;

- теплообменных аппаратов различных типов: нагревателей, холодильников, ребойлеров с паровым пространством, конденсаторов, воздушных холодильников;

- трубопроводов различных конфигураций, от горизонтальных до вертикальных, с использованием совершенных методов расчета гидравлических сопротивлений двухфазных потоков;

- реакторов: идеального вытеснения и идеального смешения, равновесных, стехиометрических, причем реакции могут протекать в трубе, в произвольной емкости, на тарелке ректификационной колонны.

С помощью большого набора встроенных утилит возможен расчет:

-условий гидратообразования и его ингибирования, образования твердой углекислоты;

-точки росы по воде и углеводородам;

-товарных свойств нефтепродуктов;

-размеров емкостей и трубопроводов;

-нестационарного процесса сброса давления из емкости или системы емкостей в аварийном режиме.

1.4 Построение технологических схем из отдельных элементов

Система HYSYS имеет графический интерфейс, позволяющий формировать схемы непосредственно на экране компьютера, выбирая элементы из списка и соединяя их в определенном порядке. Этот интерфейс называется окном PFD (Process Flowsheet Diagram, технологическая схема).

1.5 Расчет технологических схем

Любая задача моделирования эквивалентна большой системе нелинейных одновременно решаемых уравнений. Эта система включает расчет всех необходимых термодинамических свойств для всех потоков, расходов и составов с применением выбранных моделей расчета свойств и процессов. В принципе, возможно решение всех этих уравнений одновременно, но в моделирующих системах обычно используется другой подход: каждый элемент схемы решается с применением наиболее эффективных алгоритмов, разработанных для каждого случая.

При расчете системы взаимосвязанных аппаратов в HYSYS последовательность расчета элементов определяется автоматически (или может быть задана пользователем). При наличии рециклов создается итерационная схема, в которой рецикловые потоки разрываются, и создается последовательность сходящихся оценочных значений. Эти значения получают замещением величин, рассчитанных при предыдущем просчете

схемы (Метод Простого Замещения) или путем применения специальных методов ускорения расчета рециклов – Вегштейна (Wegstein) и Бройдена (Broyden).

2 Учебный пример моделирования установки деметанизации с турбодетандером

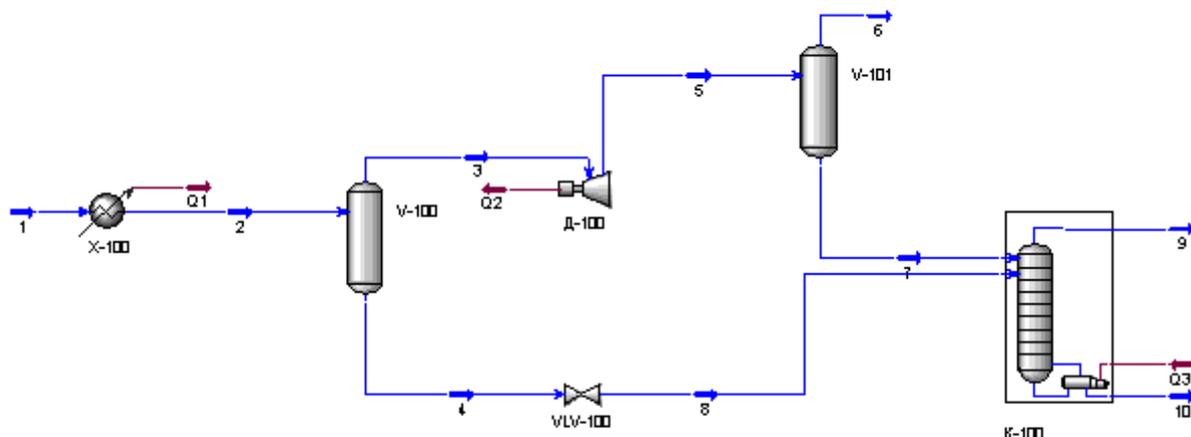


Рисунок 1 – Установка деметанизации

Чтобы начать новую задачу:

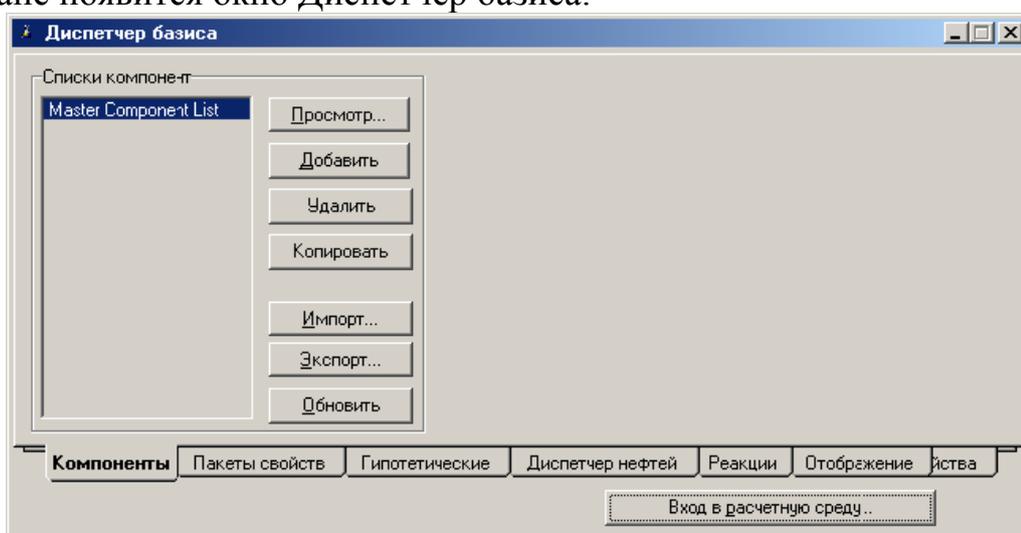
- выберите Новый > Задача из меню Файл

или

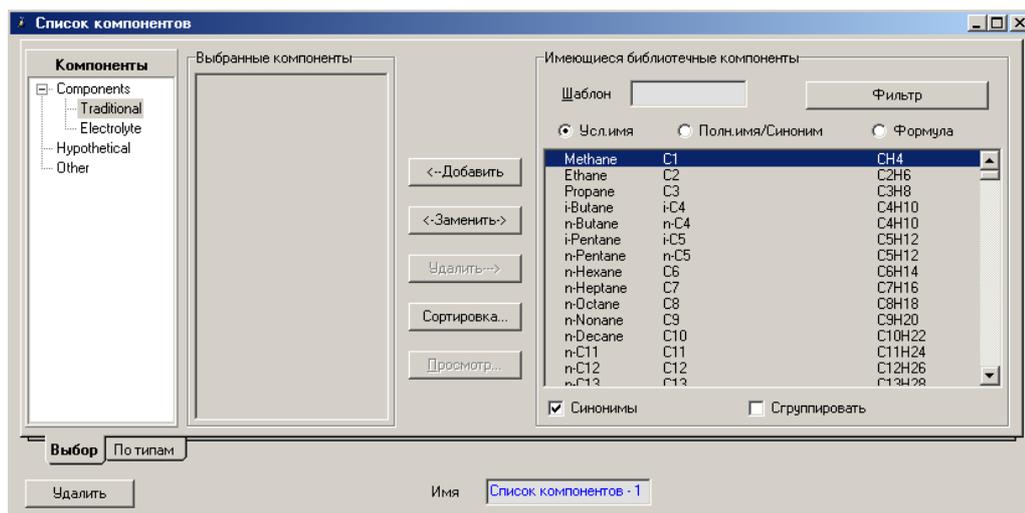
- нажмите кнопку Новая задача на панели инструментов

2.1 Задание термодинамического базиса расчета

На экране появится окно Диспетчер базиса:



Прежде всего необходимо выбрать компоненты, которые будут использоваться в задаче. Нажмите кнопку Добавить, будет создан новый список компонентов и откроется окно выбора компонентов для этого списка.

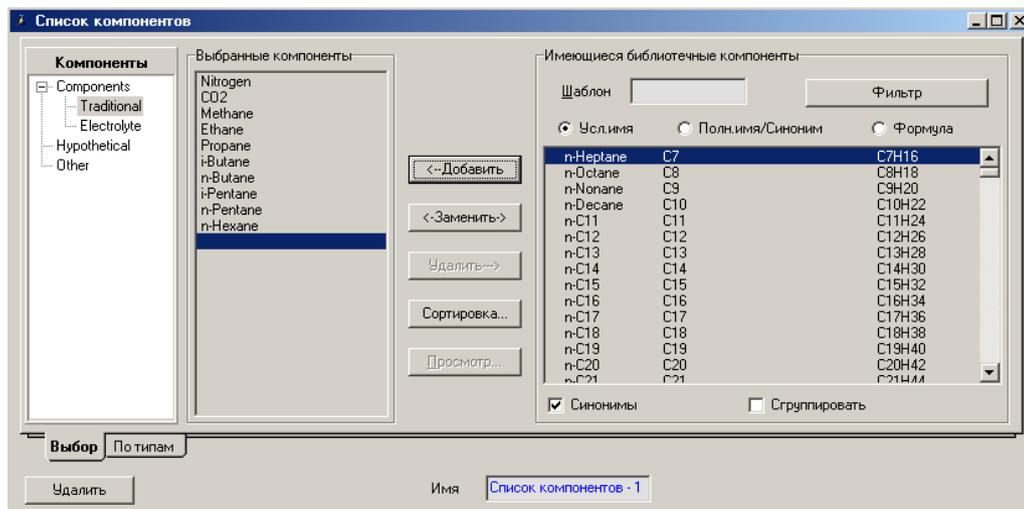


Существует несколько способов выбора компонентов. Один из них – использование возможности поиска по шаблону. В поле Шаблон вводите имя или формулу компонента, пока нужный компонент не окажется первым в списке. Дважды щелкните по компоненту курсором мыши или нажмите кнопку Добавить. Компонент окажется в списке Выбранные компоненты. Имейте в виду, что каждый компонент имеет условное имя (тривиальное название), полное имя (номенклатурное название) и формулу. Поиск можно проводить по любому имени или формуле.

Кроме рассмотренного метода выбора по шаблону, Вы можете использовать кнопку Фильтр... для выделения из всего списка только веществ, принадлежащих определенным классам соединений.

Чтобы выделить несколько компонентов, идущих последовательно, используйте клавишу <Shift>. Если необходимо добавить к выделению несколько других компонентов, используйте клавишу <Ctrl>.

Выберите нужные компоненты: N2, CO2, C1, C2, C3, iC4, nC4, iC5, nC5 и C6. Список выбранных компонент будет выглядеть следующим образом:



Ошибочно добавленный компонент можно убрать из этого списка, выделив его, а затем нажав на кнопку Удалить или нажав клавишу <Delete> на клавиатуре.

Для того чтобы просмотреть свойства библиотечного компонента (или нескольких компонентов), выделите его (их) в списке выбранных компонент и нажмите на кнопку Просмотр... HYSYS откроет специализированное окно для выбранного компонента.

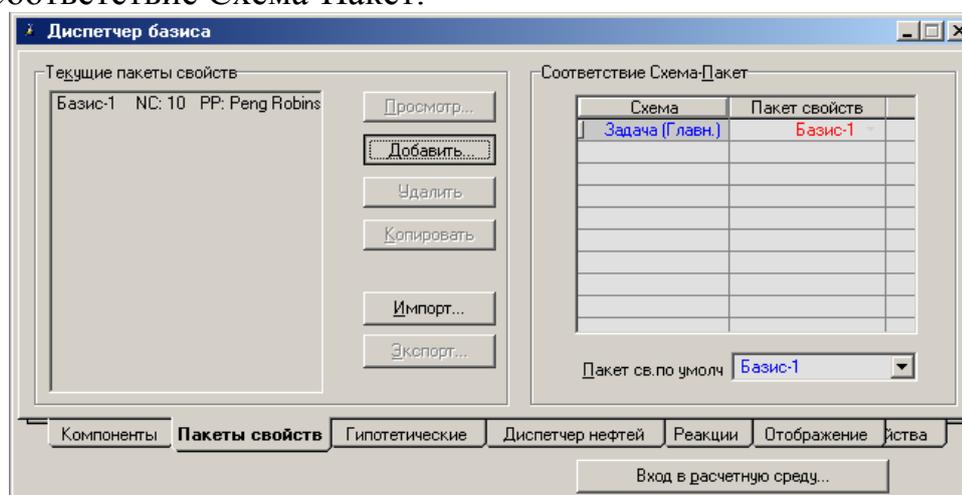
Закройте окно выбора компонентов.

Следующим шагом станет создание пакета свойств. Пакет свойств минимально должен содержать перечень компонентов и методы расчета, которые будут использованы HYSYS при расчете материальных потоков и их свойств. Нажмите кнопку Добавить, откроется окно Пакет свойств.

На закладке Термодинамический пакет выберите уравнение состояния Пенга-Робинсона. Закройте окно Пакет свойств.

2.2 Экспорт созданного пакета свойств

Мы вернулись в окно Диспетчера базиса. Но теперь в списке Текущие пакеты свойств присутствует определенный нами пакет свойств, названный Базис-1. Кроме того, отображается информация о количестве компонентов (NC) и термодинамическом пакете (PP). По умолчанию вновь созданный пакет свойств поставлен в соответствие главной задаче, что показано в списке Соответствие Схема-Пакет.



HYSYS позволяет экспортировать созданный пакет свойств (кнопка Экспорт) и сохранить его в файле с расширением .frk. В дальнейшем этот пакет свойств может использоваться в других задачах.

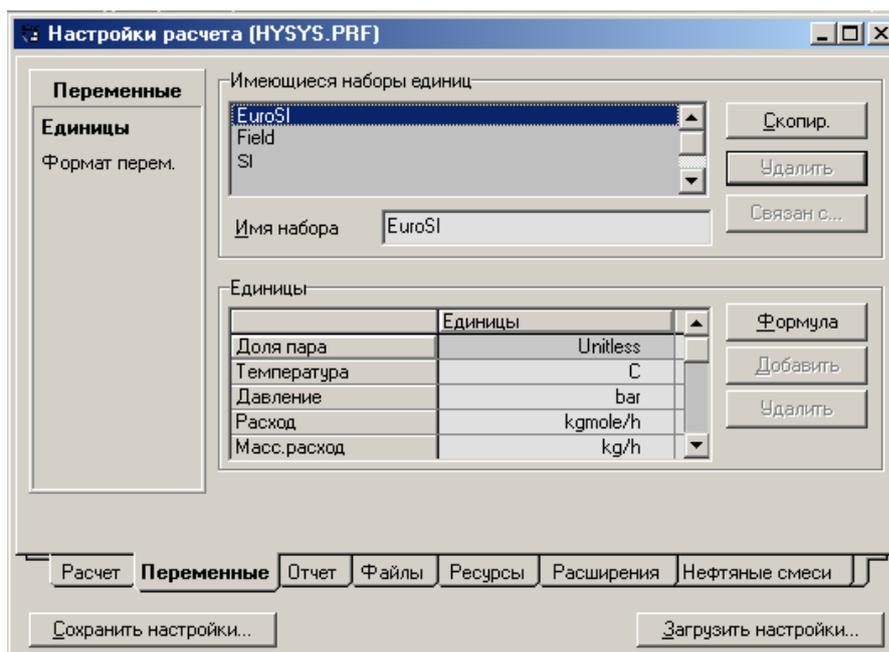
Теперь Вы можете начать задавать потоки и операции в расчетной среде HYSYS. Чтобы выйти из Диспетчера базиса и войти в расчетную среду, нажмите кнопку Вход в расчетную среду... в окне Диспетчера базиса или нажмите кнопку Расчетная среда на панели инструментов.

То, что Вы видите на экране при входе в расчетную среду, зависит от того, как настроен параметр Начальный интерфейс (меню Настройки, закладка Расчет, страница Рабочий стол). Это может быть PFD (графический

экран), Рабочая тетрадь или Сводка. В нашем случае начальным интерфейсом является графический экран PFD.

2.3 Настройка используемых единиц измерения

В HYSYS имеется три основных набора единиц: SI, EuroSI и Британская система единиц (Field), которые нельзя редактировать. Однако Вы можете создать новый набор единиц на основе уже имеющихся. Чтобы выбрать нужный набор единиц, в окне Настройка расчета (пункт Настройки... в меню Инструменты) откройте закладку Переменные, страницу Единицы.



Добавление материальных потоков в схему установки

В HYSYS имеется два типа потоков: материальный и энергетический. Материальный поток имеет состав и такие параметры как температуру, давление и расход. Энергетический поток имеет только один параметр – теплосодержание.

Имеется несколько способов задания материальных потоков в HYSYS:

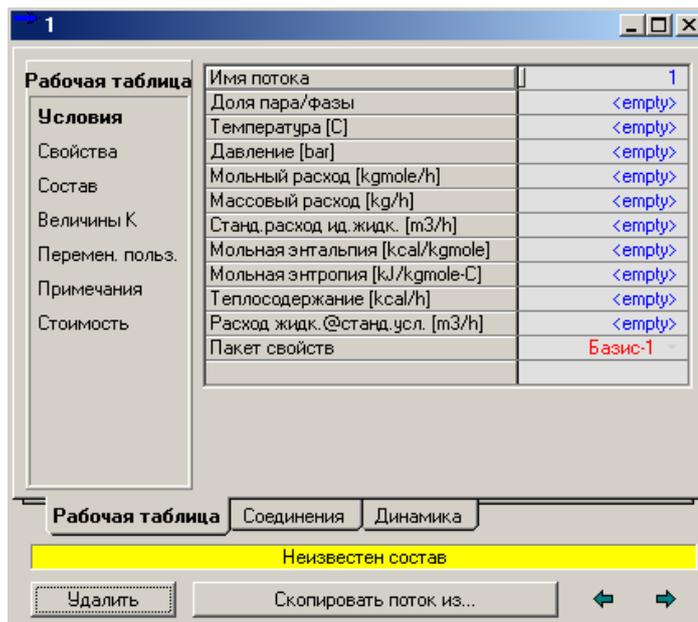
Меню	Схема, Добавить поток или горячая клавиша F11
Рабочая тетрадь	Задайте имя потока в поле **New** на закладке Материальные потоки
Касса объектов	Дважды щелкните курсором мыши по значку материального потока

Вы можете включать и выключать режим отображения на экране Кассы объектов, нажимая на клавишу <F4> или выбирая пункт Открыть/Заккрыть кассу объектов в меню Схема.

Прежде чем начать добавление потоков, советуем сохранить задачу. Для этого нажмите кнопку Сохранить задачу на панели инструментов или выберите Запомнить из меню Файл. Поскольку Вы впервые сохраняете Вашу задачу, на экране появится окно Записать под именем....

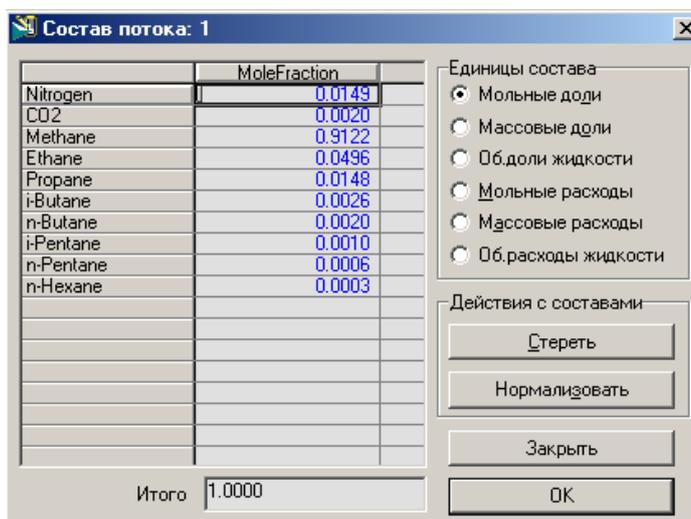
Если Вам необходимо открыть записанный ранее файл с задачей, Вам нужно нажать на кнопку Открыть задачу или выбрать пункт Открыть из меню Файл.

Нажмите клавишу F11, на экране появится специализированное окно потока.



2.4 Задание состава потока

Перейдите на страницу Состав и введите состав потока в мольных долях. Если состав задается в других единицах, нажмите кнопку Правка и выберите нужные единицы.

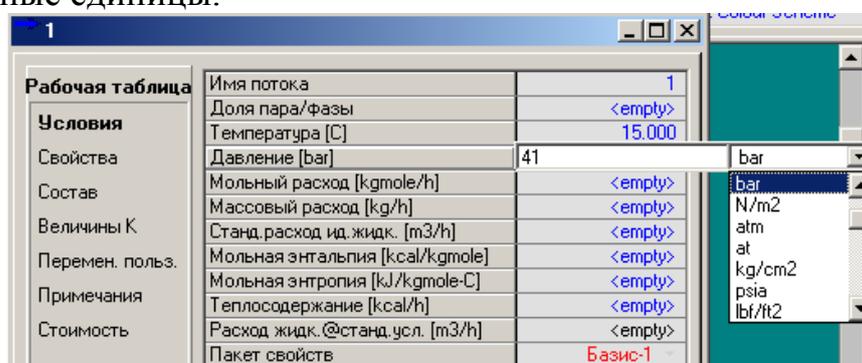


2.5 Задание параметров потока

Следующий шаг – задание температуры, давления и расхода потока, в нашем случае это 15°C, 41 бар и 45 кмоль/час, соответственно. Вернитесь на страницу Условия и задайте следующие параметры:

Температура	15 С
Давление	41 бар
Мольный расход	45 кмоль/час

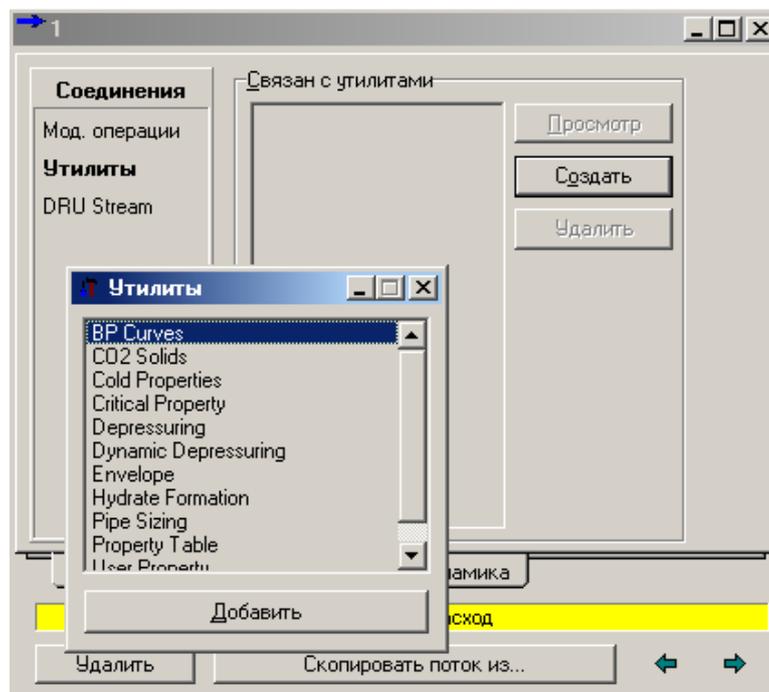
HYSYS допускает ввод величин в любых удобных для Вас единицах измерения, автоматически преобразуя их в единицы, принятые по умолчанию. Если нужно задать параметр в единицах, отличных от принятых по умолчанию, введите числовое значение и нажмите пробел. Из списка выберите нужные единицы.



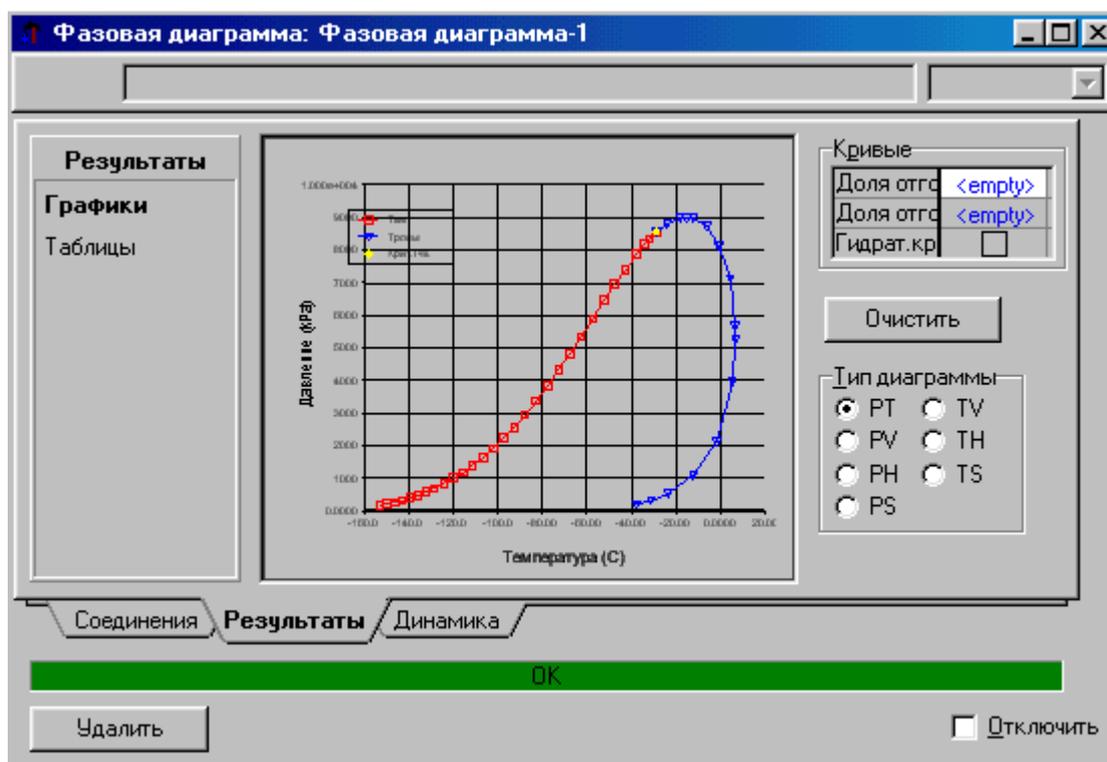
2.6 Использование утилит для специальных расчетов

Утилиты представляют собой полезные программы, обеспечивающие дополнительную информацию, касающуюся потоков и операций схемы. После добавления утилиты становятся частью схемы и автоматически пересчитываются при изменении условий в связанных с ними потоках или операциях.

Утилиту можно добавить с помощью меню (Инструменты, Утилиты) или из специализированного окна потока. Для этого перейдите на страницу Утилиты закладки Соединения и нажмите кнопку Создать. Возникнет список имеющихся утилит.



Выберите утилиту Фазовая диаграмма (Envelope). HYSYS рассчитает фазовую диаграмму и покажет ее на странице Графики закладки Результаты.



По умолчанию тип диаграммы установлен как РТ (давление-температура). Чтобы изменить тип диаграммы, нажмите одну из селективных кнопок. В зависимости от типа диаграммы Вы можете дополнительно отобразить кривые качества, гидратные кривые, изотермы и изобары. Кроме того, Вы всегда можете получить результаты в виде таблицы, перейдя на страницу Таблицы.

Примером другой утилиты может служить утилита Таблица свойств. С помощью этой утилиты можно исследовать свойства потока известного состава в заданном диапазоне изменения параметров. Выберите две независимые переменные и область их изменения. Укажите также, какие зависимые переменные будут выводиться.

2.7 Задание аппаратуры в технологической схеме

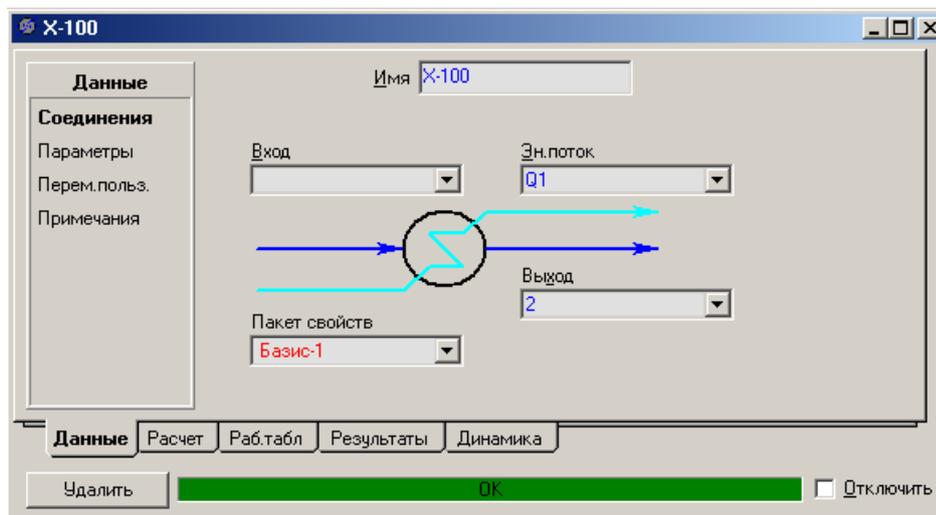
Имеется несколько способов задания операций в HYSYS:

Меню	Схема, Добавить операцию или горячая клавиша F12
Касса объектов	Дважды щелкните курсором мыши по значку операции
Рабочая тетрадь	На закладке Unit Ops(Операции) нажмите кнопку Добавить операцию.

Добавьте операцию холодильник и задайте соединения и сопротивление холодильника.

Страница Соединения	
Имя операции	X-100
Вход	1
Выход	2
Энергетический поток	Q1
Страница Параметры	
Сопротивление	1 бар

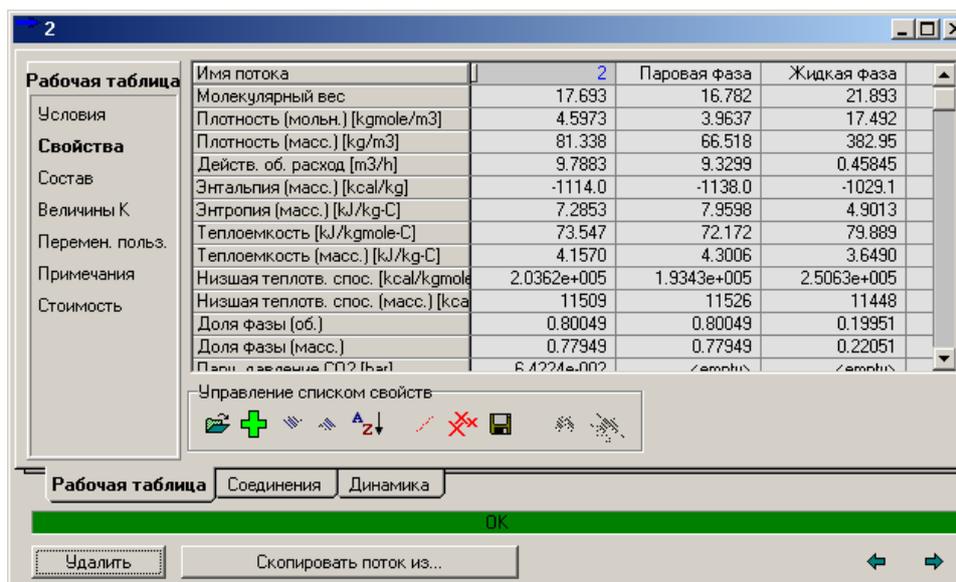
Задайте температуру потока 2 -75 °C. Для этого в окне операции перейдите на закладку Рабочая таблица. На этой закладке представлены все потоки, связанные с данной операцией. На странице Условия задайте температуру потока 2.



2.8 Использование окна потока для просмотра рассчитанных свойств

HYSYS позволяет увидеть свойства каждой из фаз потока. Откройте специализированное окно потока 2. Поместите курсор на правую рамку окна, курсор изменит форму. Нажмите и удерживайте левую кнопку мыши, потяните за правую рамку окна, окно увеличится, и Вы сможете увидеть свойства и составы всех имеющихся в потоке фаз.

Имя потока	2	Паровая фаза	Жидкая фаза
Доля пара/фазы	0.82180	0.82180	0.17820
Температура [C]	-75.000	-75.000	-75.000
Давление [bar]	40.000	40.000	40.000
Мольный расход [kgmole/h]	45.000	36.981	8.0190
Массовый расход [kg/h]	796.16	620.60	175.56
Станд.расход ид.жидк. [m3/h]	2.5055	2.0056	0.49986
Мольная энтальпия [kcal/kgmole]	-1.971e+004	-1.910e+004	-2.253e+004
Мольная энтропия [kJ/kgmole-C]	128.90	133.58	107.30
Теплосодержание [kcal/h]	-8.8694e+05	-7.0627e+05	-1.8067e+05
Расход жидк.@станд.усл. [m3/h]	<empty>	<empty>	<empty>
Пакет свойств	Базис-1		



Обратите внимание, что список свойств, который выводится в специализированном окне потока, можно редактировать. Это делается с помощью кнопок в групповой рамке Управление списком свойств. Вы можете удалять, добавлять или сортировать свойства. Можно сохранить список свойств в файле, чтобы в дальнейшем применить его к другому потоку или в другой задаче. Все изменения, которые Вы вносите в список свойств, находясь в окне потока, будут касаться только текущего потока. Чтобы отредактировать список свойств для всех потоков задачи, вызовите Диспетчер свойств (команды Инструменты, Диспетчер свойств).

Продолжим работу со схемой. Добавьте следующие операции:

Страница Соединения	
Имя операции	Сепаратор, V-100
Вход	2
Выход, пар	3
Выход, жидкости	4

Страница Соединения	
Имя операции	Детандер, Д-100
Вход	3
Выход	5
Энергетический поток	Q2

Задайте давление потока 5 равным 23 бара.

Страница Соединения	
Имя операции	Сепаратор, V-101
Вход	5
Выход, пар	6
Выход, жидкости	7

Страница Соединения	
Имя операции	Клапан, VLV-100
Вход	4
Выход, пар	8

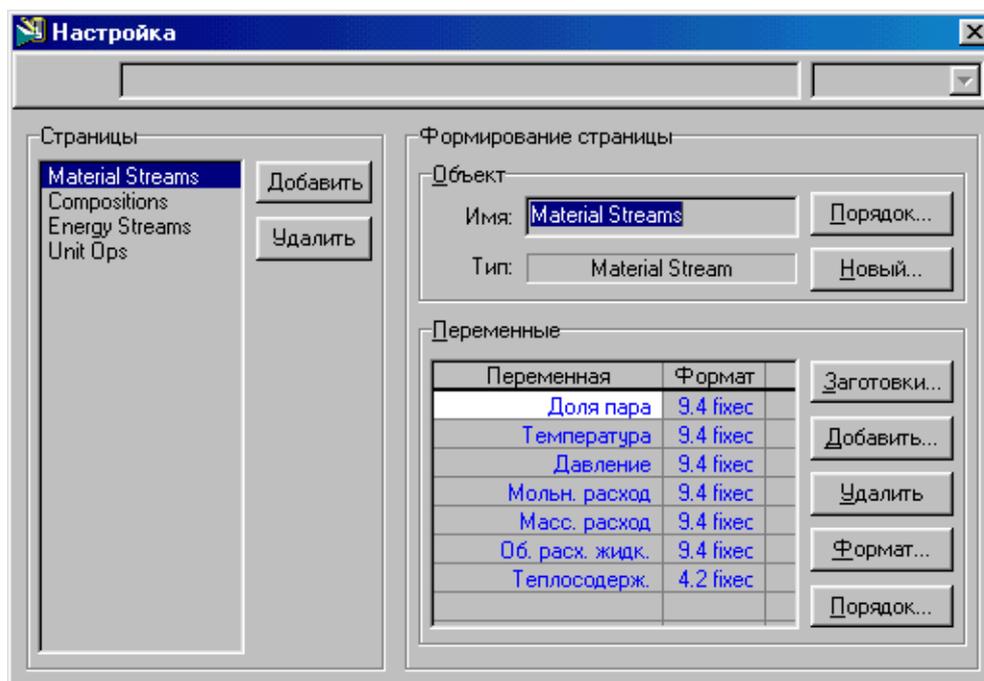
Задайте давление потока 8 равным 23.35 бара.
Сохраните задачу.

2.9 Использование и настройка «рабочей тетради» расчета

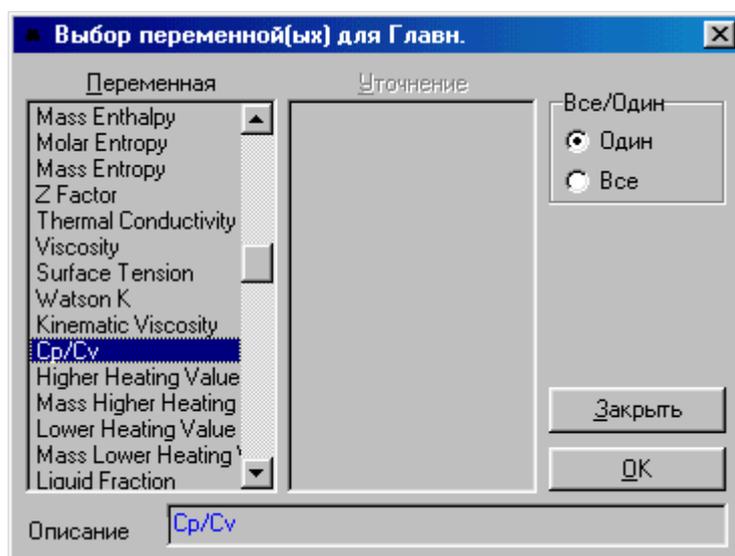
Одним из средств анализа, ввода данных и просмотра результатов в HYSYS является Рабочая тетрадь. Вызвать ее можно с помощью кнопки  в линейке кнопок. HYSYS позволяет редактировать Рабочую тетрадь: Вы можете добавить новые страницы, изменить список переменных, представленных на текущих страницах, или изменить формат чисел.

Давайте создадим новую страницу Рабочей тетради, на которую выводятся следующие свойства: C_p/C_v , теплота испарения и мольная энтальпия.

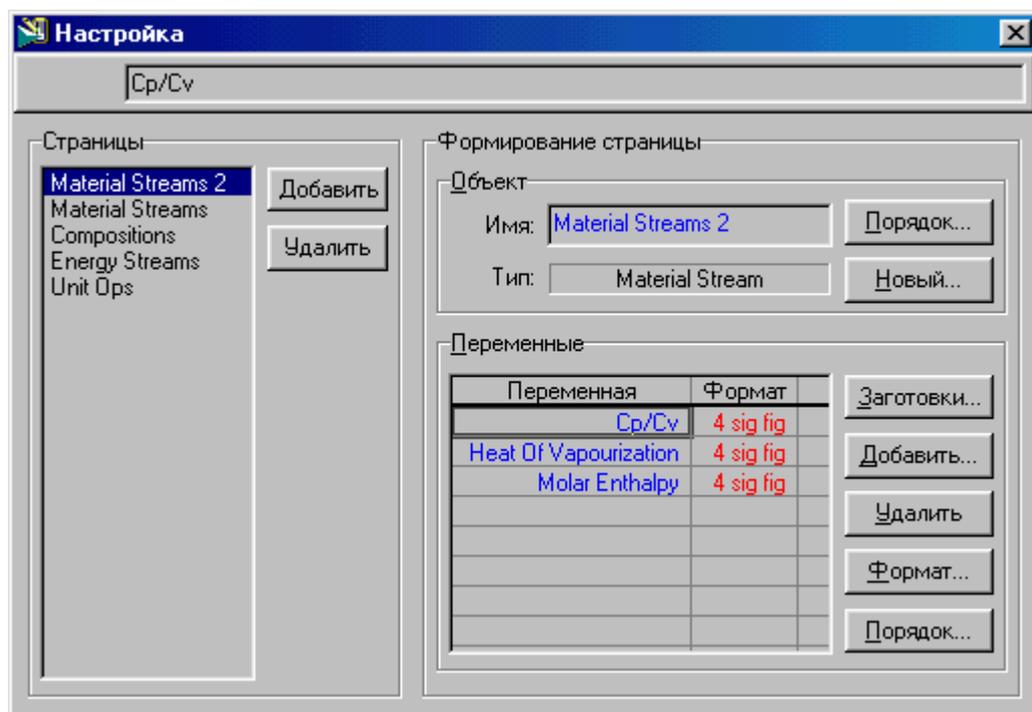
Откройте Рабочую тетрадь, в меню выберите пункты Рабочая тетрадь, Настройка.



Нажмите кнопку **Добавить** в групповой рамке **Страницы**, в качестве типа объекта выберите материальные потоки. В групповой рамке **Объект** Вы можете изменить имя новой страницы. Теперь удалим имеющийся по умолчанию список переменных (кнопка **Удалить** в рамке **Переменные**) и добавим нужные нам свойства. Нажмите кнопку **Добавить**, в списке переменных найдите C_p/C_v и нажмите **ОК**.



Аналогично добавьте теплоту испарения (Heat of Vapourization) и мольную энтальпию (Molar Enthalpy).

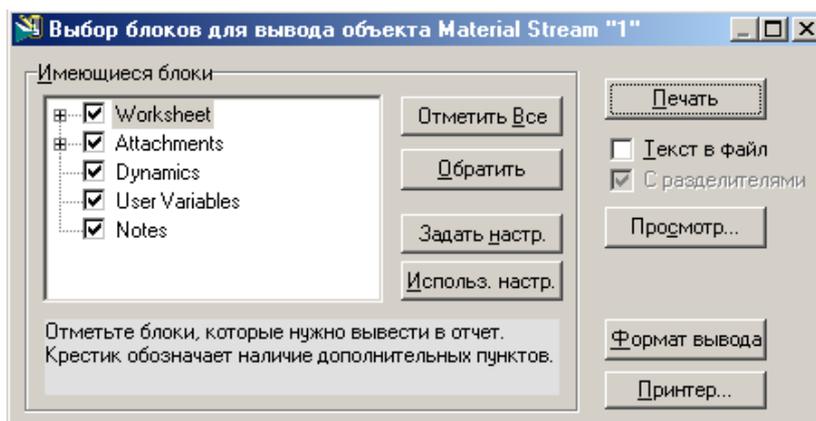


Закройте окно настройки. Теперь Рабочая тетрадь содержит еще одну страницу с нужными нам свойствами.

Name	1	2	3	4
Cp/Cv	1.466	2.102	2.715	1.116
Heat Of Vapourization [kcal/kgm]	1655	1685	976.3	2642
Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-1.841e+004	-1.971e+004	-1.910e+004	-2.253e+004
Name	5	6	7	8
Cp/Cv	1.790	1.946	1.130	1.111
Heat Of Vapourization [kcal/kgm]	1592	1378	2420	3049
Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-1.920e+004	-1.897e+004	-2.218e+004	-2.253e+004
Name	** New **			
Cp/Cv				
Heat Of Vapourization [kcal/kgm]				
Molar Enthalpy [kcal/kgmole]				

2.10 Вывод отчетов

HYSYS позволяет выводить информацию (на принтер или в файл) по отдельным потокам или операциям, или выводить сводки, аналогичные страницам Рабочей тетради. Чтобы вывести информацию о потоке, откройте специализированное окно потока, чтобы вывести информацию об операции, вызовите окно операции и выполните команду Файл, Печать.



В появившемся окне отметьте, какие блоки информации Вы хотите вывести, и нажмите кнопку Печать.

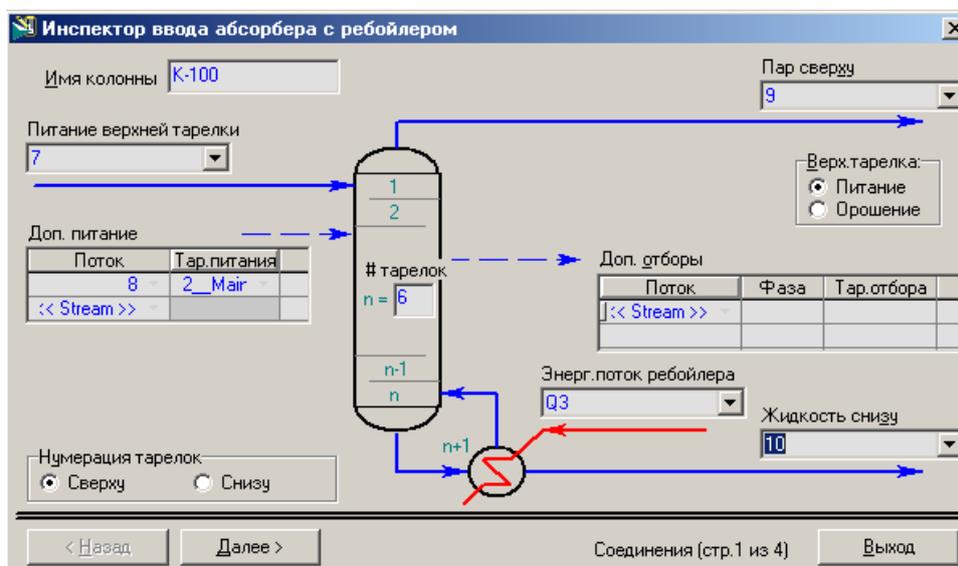
2.11 Расчет ректификационной колонны

Операция Колонна в HYSYS представляет собой подсхему, содержащую операции и потоки, которая обменивается информацией с главной схемой. Из главной схемы колонна представляется единым аппаратом с питаниями и продуктами. В большинстве случаев Вы можете работать с колонной именно таким образом - из главной схемы. Вы можете работать также и внутри подсхемы колонны, например, если хотите создать колонну особой конфигурации.

Перед инсталляцией колонны необходимо решить, какого типа колонну Вы хотите инсталлировать. Тип колонны определяется наличием конденсатора и ребойлера. В HYSYS имеется пять основных типов колонн.

Основные типы колонн	Описание
Абсорбер	Колонна, имеющая только тарельчатую секцию
Экстрактор жидкость-жидкость	Колонна, имеющая только тарельчатую секцию
Абсорбер с ребойлером	Колонна, имеющая тарельчатую секцию и ребойлер
Абсорбер с конденсатором	Колонна, имеющая тарельчатую секцию и конденсатор
Ректификационная колонна	Колонна, имеющая тарельчатую секцию, ребойлер и конденсатор

Добавьте операцию Абсорбер с ребойлером (используйте Кассу объектов или клавишу F12). Откроется окно Инспектора ввода.



Инспектор ввода - Ваш помощник, который ведет Вас через процедуру инсталляции колонны, обеспечивая правильную последовательность ввода информации. Вы должны задать необходимую информацию на текущей странице, только после этого можно будет перейти к следующей странице.

Задайте соединения и давление по колонне.

Страница Соединения	
Имя операции	K-100
Верхнее питание	7
Доп.питание (тарелка)	8 (2)
Число тарелок	6
Пар сверху	9
Кубовый продукт	10
Энергетический поток	Q3
Страница Профиль давления	
Давление наверху	23 бар
Давление в ребойлере	23.35 бар

Пройдя через все страницы Инспектора ввода, Вы зададите основную информацию, которая требуется для расчета колонны. После Инспектора ввода Вы попадете в специализированное окно колонны, которое дает полный доступ к параметрам колонны.

Заметьте, что использование Инспектора ввода не является обязательным. Вы можете включать и выключать использование Инспектора ввода на закладке Расчет в окне Настройки расчета.

В специализированном окне колонны перейдите на страницу Монитор закладки Данные. В групповой рамке Спецификации перечислены спецификации, принятые программой по умолчанию. Вы можете использовать эти спецификации или заменить их другими, более подходящими для Вашей задачи. Число и тип спецификаций зависит от выбранного Вами типа колонны.

Спецификации							
	Задано	Рассчитано	Отн.ошибка	Актив.	Оценка	Текущая	
Отбор пара сверху	<empty>	<empty>	<empty>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Расход куб.продукта	<empty>	<empty>	<empty>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Паровое число	<empty>	<empty>	<empty>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Просмотр Доб.специфик Актив/Неактив Заменить неакт. Число степ.свободы 0

Спецификация может иметь один из следующих статусов – активная, оценка или текущая. Активными являются спецификации, значения которых должны быть достигнуты в результате расчета колонны.

Для абсорбера с ребойлером активной спецификацией по умолчанию является отбор пара сверху колонны. Рассчитаем колонну на другую спецификацию – мольная доля метана в кубовой жидкости составляет 0.01. Нажмите кнопку Добавить спецификацию, выберите тип спецификации – Доля компонента и задайте следующие параметры спецификации:

Доля компонент(а): Доля ком...

Имя спецификации	Доля компонент(а)
Тарелка	Reboiler
Единицы	Мол. доля
Фаза	Жидкость
Задано	1.000e-002

Компоненты: Methane
<< Компонент >>

Относится к: Потоку Тарелке

Параметры Сводка Тип

Удалить

Укажите, что новая спецификация является активной (поставьте флажок в столбце Активн.), а прежняя спецификация - Отбор пара сверху не является активной (уберите флажок). Обратите внимание, что при этом меняется значение в поле Число степеней свободы. Когда Вы делаете спецификацию активной, число степеней свободы уменьшается на одну. Соответственно, когда Вы делаете спецификацию неактивной, число степеней свободы увеличивается на одну. Расчет колонны можно начинать, когда число степеней свободы равно нулю.

Запустите колонну на счет – кнопка Пуск. Когда расчет колонны будет завершен, Вы можете просмотреть результаты на закладках Рабочая таблица и Результаты.

2.12 Использование встроенных электронных таблиц

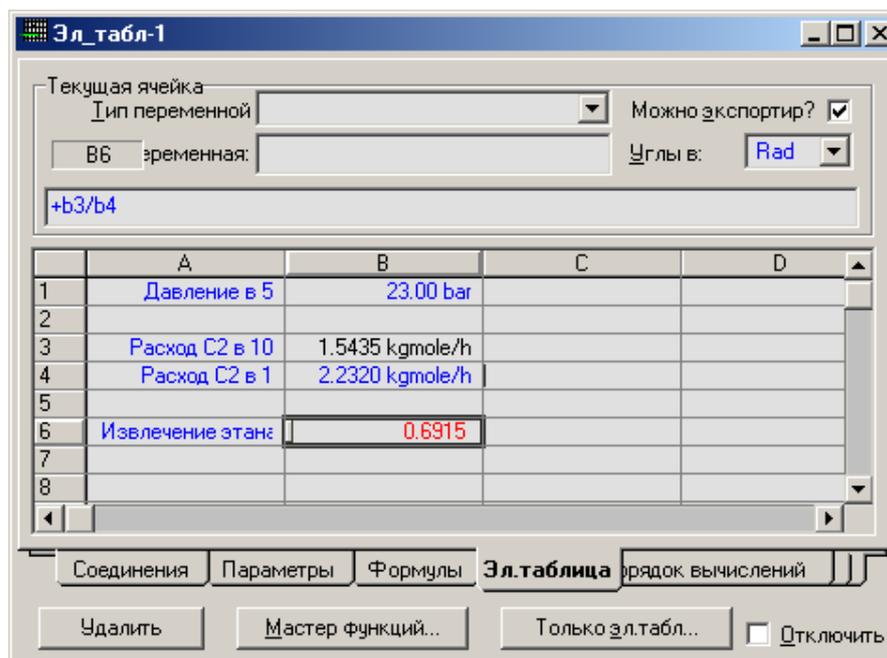
Проведем исследование, как зависит выход этана от выходного давления детандера. Воспользуемся для этого операцией Электронная таблица.

Операция Электронная таблица позволяет использовать вычислительные возможности электронных таблиц для проведения расчетов в технологической схеме. Операция осуществляет доступ практически ко всем переменным схемы. Поля таблицы обновляются всякий раз, когда меняются переменные технологической схемы. Электронная таблица HYSYS использует стандартные приемы работы со строками и столбцами. В любое поле можно импортировать переменную, или задать число или формулу.

Добавьте операцию Электронная таблица. Перейдите на закладку Электронная таблица. Сначала следует настроить электронную таблицу так, чтобы в ней отражалась нужная нам информация. Текстовые поля добавляются путем простого ввода их с клавиатуры, а для добавления переменной из технологической схемы нажмите правую кнопку мыши и выберите команду Импорт переменной.

Задайте следующие параметры:

в ячейке A1	«Давление в 5»
в ячейке A3	«Расход этана в 10»
в ячейке A4	«Расход этана в 1»
в ячейке A6	«Извлечение этана»
в ячейке B1	поместите давление в потоке 5
в ячейке B3	поместите мольный расход этана в потоке 10
в ячейке B4	поместите мольный расход этана в потоке 1
в ячейке B6	поместите формулу «+B3/B4»



Теперь Вы можете менять давление после детандера, просто задавая новое значение в ячейке В1. При этом схема будет пересчитана, значения в электронной таблице обновятся, и в ячейке В6 Вы увидите новое значение извлечения этана.

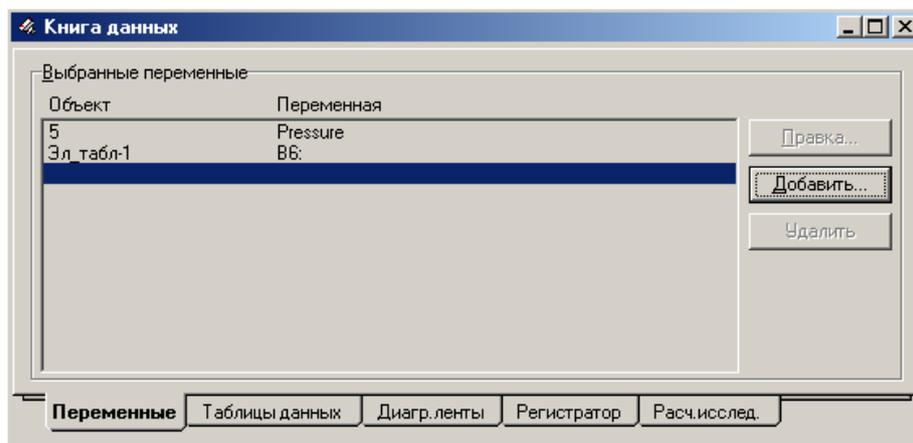
2.13 Проведение расчетного исследования

Давайте проведем несколько расчетов, в которых будем менять давление потока 5 от 15 до 30 бар и следить за извлечением этана (ячейка В6 в электронной таблице). HYSYS позволяет сделать это автоматически, используя процедуру Расчетное исследование из Книги данных.

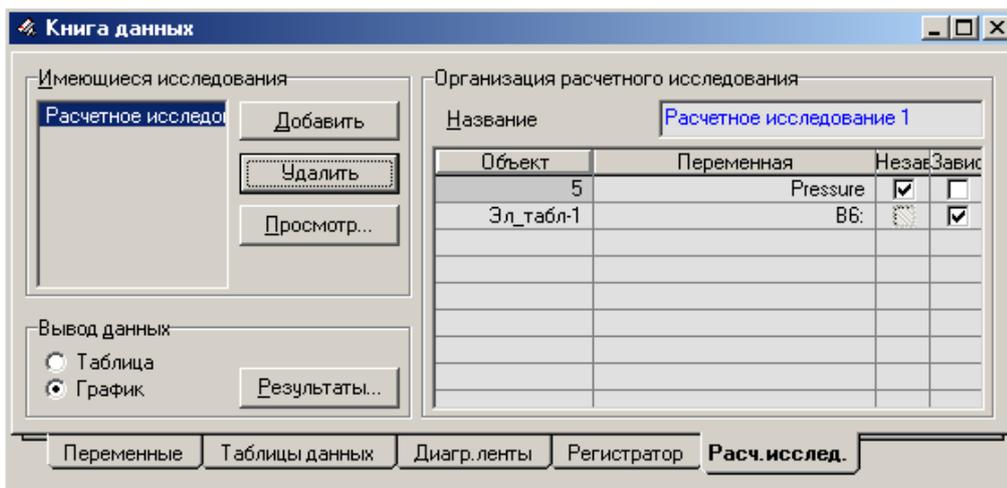
С помощью этого инструмента можно проводить расчетные исследования задачи. Для этого следует определить независимые и зависимые переменные. Для каждой независимой переменной задаются нижняя и верхняя граница и интервал ее изменения. Программа изменяет независимую переменную в соответствии с заданной настройкой, пересчитывает полностью схему и запоминает значения зависимых переменных. Затем снова изменяет независимую переменную и т.д. Получается некоторый набор точек, отражающий зависимость переменных схемы от заданных независимых (варьируемых) переменных. Результаты расчетного исследования можно получить в графическом или табличном виде.

Откройте Книгу данных (Ctrl-D) на закладке Переменные и выберите переменные, указанные в таблице.

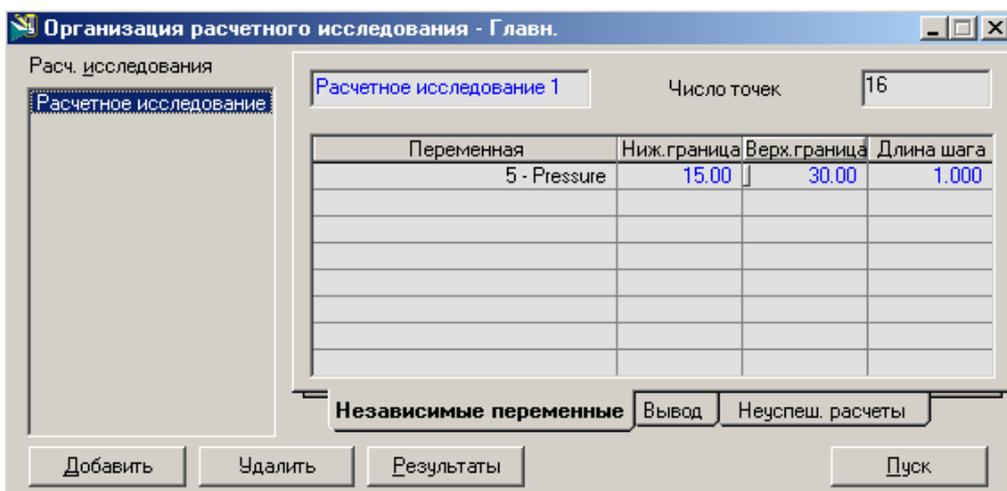
Схема	Объект	Переменная
Главная	Поток 5 Электронная таблица	Давление – Pressure Ячейка В6



Перейдите на закладку Расчетные исследования. С помощью кнопки Добавить организуйте Исследование 1. С помощью флажков укажите, что давление в потоке 5 является независимой переменной, а извлечение этана (ячейка ВВ) - зависимой.



Для того, чтобы провести исследование, необходимо задать интервал изменения независимой переменной. Нажмите кнопку Просмотр, и Вы попадете в окно Организация расчетного исследования, в котором задайте следующие величины:



Чтобы начать расчет, нажмите кнопку Пуск. Результаты выводятся на экран с помощью кнопки Результаты. Обратите внимание, что эти результаты можно выводить как в виде таблицы, так и в виде графика.



3 Содержание промежуточных отчётов и отчёта по курсовому проекту

Отчёт должен быть выполнен в среде Office Word и содержать следующие разделы:

- вводную информацию по моделируемому процессу 1-3 стр.;
- порядок выполнения работы в программе HYSYS;
- таблица с вводимыми переменными (пример таблицы 1,2,3);
- таблица с размерами аппаратов (пример таблица 4)
- общую расчётную схему (пример рисунок 1);
- таблицы, сформированные программой HYSYS, с данными по всем потокам и аппаратам.

(для вывода на печать информации о потоке или аппарате необходимо войти в него на схеме двойным нажатием мыши, после чего выбрать в меню HYSYS вкладку файл, далее печать и подтверждение печати в отдельном окне)

Таблица 1 – Переменные введённые оператором (аппаратура)

№	Наименование аппарата	Назначение аппарата	Наименование переменной	Значение переменной (размерность)		
1	C-100	Сепаратор газовый	Гидравлическое сопротивление	22 (кПа)		
2	ЦК-100	Компрессор	Гидравлическое сопротивление	25 (кПа)		
3	К-100	Колонна ректификационная	Флегмовое число (мольное)	2,4		
4			Число тарелок	87		
5			Кпд тарелок	65 (%)		
6			Температура низа	125 (°C)		
7			Температура верха	100 (°C)		
8			Содержание изобутана в кубе (масс. доля)	0,002		
9			Давление в конденсаторе	2,4 (bar)		
10			Давление в ребойлере	2,8 (bar)		

Таблица 2 – Переменные введённые оператором (потоки материальные)

№	Наименование потока	Наименование переменной	Значение переменной (размерность)
1	Газ со скважины	Состав (масс. доля):	
		- метан	0,5
		- этан	0,4
		- сероводород	0,1
2		Температура	12 (°C)
3		Давление	450 (кПа)
4		Расход	1200 (кг/ч)
5	Газ со скважины компримированный (I ступень)	Давление	2400 (кПа)
6	Газ со скважины компримированный охлаждённый (I ступень)	Температура	25 (°C)

Таблица 3 – Переменные введённые оператором (потоки энергетические)

№	Наименование потока	Наименование переменной	Значение переменной (размерность)
1	Э(Ц-1)	Нагрузка на компрессор	2500 (кДж/ч)

Таблица 4 – Основные размеры аппаратов

№	Наименование аппарата	Назначение аппарата (тип)	Основные размеры
1	Е-100	Емкость сырьевая (горизонтальная)	Диаметр – 0,457 м Длина – 1,600 м Объём – 0,263 м ³
2			
3			

4 Задания для выполнения

Задание № 1

Провести подготовку газа к нефтепереработке (параметры исходного газа указаны в таблице №1) методом последовательного компримирования и сепарирования (общие требования к технологии указаны в таблице 1). Подготовленный газ должен соответствовать требованиям по содержанию заданного компонента (требования по заданному компоненту и его содержанию указаны в таблице 1) при этом его извлечение должно быть максимальным из других потоков. В процессе компримирования температура на выходе из любого компрессора не должна превышать 147 °С. Число последовательных ступеней компрессора, сепараторов и холодильников не ограничивается, но должно быть минимально возможным для достижения требуемых качественных параметров. Отчёт предоставить в соответствии с методическими указаниями.

Таблица 5 – Исходные данные для проектирования установки выделения газа

№ звена	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ									НЕОБХОДИМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ		
	Параметры газа (расход, температура, давление)			Состав, масс. доля						Выход очищенного газа, кг/ч	Контрольный компонент в продукте	Содержание контрольного компонента в продукте, масс. доля
	кг/ч	°С	атм, изб.	СН ₃	С ₂ Н ₆	С ₃ Н ₈	С ₄ Н ₁₀	СО ₂	Вода			
1	2000	-2,0	1,0	0,385	0,460	0,040	0,005	0,080	0,030	955,0	С ₂ Н ₆	0,88
2	1800	-8,0	2,0	0,180	0,270	0,360	0,180	0,005	0,005	820,0	С ₃ Н ₈	0,72
3	1600	0,0	3,0	0,345	0,185	0,035	0,360	0,060	0,015	730,0	СН ₃	0,69
4	1200	2,0	4,0	0,145	0,265	0,455	0,070	0,060	0,005	575,0	С ₃ Н ₈	0,87
5	1000	3,0	5,0	0,445	0,445	0,010	0,020	0,025	0,055	480,0	С ₂ Н ₆	0,85
6	800	5,0	6,0	0,060	0,115	0,230	0,575	0,015	0,005	500,0	С ₄ Н ₁₀	0,84
7	600	6,0	7,0	0,010	0,010	0,875	0,025	0,045	0,035	545,0	С ₃ Н ₈	0,88
8	6000	8,0	8,0	0,585	0,140	0,060	0,025	0,060	0,130	3895,0	СН ₃	0,82
9	5400	12,0	9,0	0,520	0,135	0,080	0,080	0,095	0,090	3320,0	СН ₃	0,77
10	5200	14,0	10,0	0,350	0,065	0,300	0,250	0,015	0,020	2335,0	СН ₃	0,71
11	4800	15,0	12,0	0,145	0,170	0,255	0,395	0,030	0,005	2300,0	С ₄ Н ₁₀	0,75
12	4400	7,0	8,0	0,180	0,200	0,280	0,280	0,040	0,020	2000,0	С ₄ Н ₁₀	0,56
13	4000	6,0	9,0	0,580	0,140	0,080	0,080	0,080	0,040	2400,0	СН ₃	0,88
14	3600	9,0	7,0	0,580	0,080	0,100	0,140	0,080	0,020	2260,0	СН ₃	0,84
15	3200	15,0	4,0	0,400	0,380	0,080	0,020	0,040	0,080	1555,0	СН ₃	0,75
16	3000	18,0	6,0	0,320	0,180	0,160	0,140	0,140	0,060	1365,0	СН ₃	0,64
17	2800	22,0	3,0	0,800	0,100	0,020	0,020	0,040	0,020	2345,0	СН ₃	0,87
18	2600	25,0	2,0	0,680	0,200	0,040	0,040	0,020	0,020	2265,0	СН ₃	0,71
19	2400	24,0	5,0	0,320	0,280	0,120	0,140	0,120	0,020	1095,0	СН ₃	0,64
20	2200	12,0	4,0	0,040	0,100	0,380	0,440	0,020	0,020	1075,0	С ₃ Н ₈	0,71
21	450	17,0	6,0	0,040	0,160	0,240	0,440	0,080	0,040	220,0	С ₄ Н ₁₀	0,82
22	250	28,0	7,0	0,120	0,400	0,200	0,140	0,100	0,040	125,0	С ₂ Н ₆	0,74