

Тема 4.2. Обзор систем моделирования и инженерных расчетов, применяемых в нефтегазовой отрасли

Обзор систем моделирования

В настоящее время инженерам-технологам доступно большое число программных средств моделирования химико-технологических процессов нефтегазовой отрасли. Эти средства в основном разработаны фирмами США и Канады, хотя существуют и российские разработки (GIBBS, КОМФОРТ и др.).

Все-таки лидирующие позиции на рынке программных продуктов моделирования в нефтегазе в настоящее время занимают продукты трех иностранных компаний – Invensys Process Systems (в состав которой входит SimSci – Esscor владелец торговой марки PRO/II), Aspen Technologies (с вошедшей в ее состав компанией Hyprotech владельца торговых марок HYSIM, HYSYS, Aspen) и ChemStations (владеющая торговой маркой CHEMCAD).

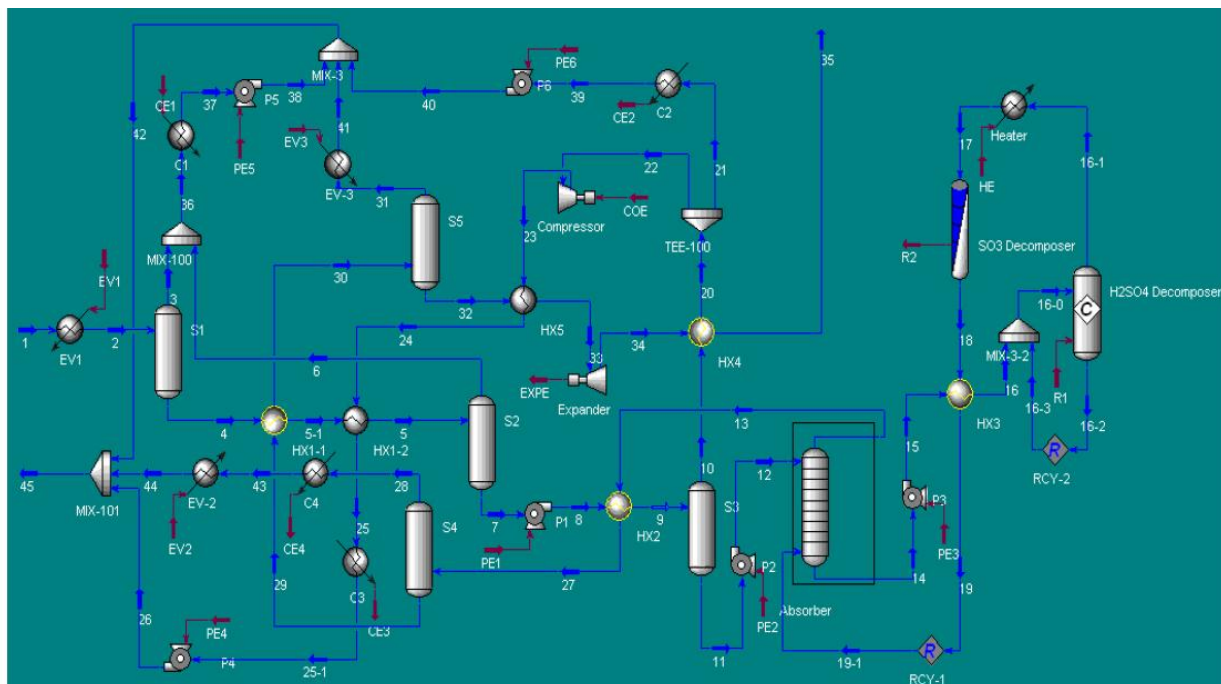
Hysim и Hysys. Продукты канадской компании Hyprotech Ltd. Hysim позволяет выполнять статическое моделирование практически всех основных процессов газопереработки, нефтепереработки и нефтехимии. Особый акцент сделан на работу с уравнением состояния Пенга-Робинсона.

Программа имеет расширенный набор модификаций уравнения состояния Пенга-Робинсона, включающих работу с несимметричными коэффициентами бинарного взаимодействия и различными правилами смещения, модификации для работы с водой, гликолями и аминами. Пакет имеет оригинальный, весьма совершенный алгоритм расчета ректификационных колонн, практически не имеет ограничений в отношении набора задаваемых спецификаций и сложности колонны. Программа имеет табличный ввод данных, по которому затем строится изображение схемы в формате AUTOCAD. Дополнительный пакет Нургор позволяет эффективно обрабатывать экспериментальные данные по свойствам чистых компонентов и затем использовать полученные корреляции в расчетах.

В 1996 году фирма представила новую разработку – Hysys, разработанную специально для 32 разрядных платформ PC/Windows (а ныне – и 64 разрядных) и пользователи Hysim начали переход на Hysys (хотя многие и до сих пор работают в Hysim). В настоящее время вышла версия 7.3 программы. Поскольку в 2002 году компания Hyprotech Ltd была приобретена Aspen Technologies, то в данный момент программный продукт называется Aspen Hysys и входит в состав пакета инженерного модуля AspenONE Engineering пакета AspenONE.

AspenONE. Продукты американской компании Aspen Technologies Inc широко известны в России, в том числе среди студентов химико-технологических специальностей и специалистов нефтегазовой отрасли. Aspen HYSYS является, пожалуй, одним из самых известных продуктов компании.

Aspen HYSYS представляет собой программный пакет, предназначенный для моделирования в стационарном режиме, проектирования химико-технологических производств, контроля производительности оборудования, оптимизации и бизнес-планирования в области добычи и переработки углеводородов и нефтехимии. Наряду с возможностью статического моделирования технологических схем, позволяет в той же среде производить динамическое моделирование отдельных процессов и всей технологической цепочки, а также разрабатывать и отлаживать схемы регулирования процессов (рисунок 1). Имеется возможность выполнять расчеты основных конструктивных характеристик сепарационного оборудования, емкостей, теплообменной аппаратуры, тарельчатых и насадочных ректификационных колонн и оценку стоимости оборудования. Программа имеет развитый графический интерфейс, поддерживает технологию OLE-2 и хорошо интегрирована с офисными приложениями Microsoft (подробное описание см. далее).



Для моделирования процессов в стационарном режиме помимо HYSYS также служит другой известный продукт компании – Aspen Plus. Этот пакет был разработаны для Unix-платформ DEC-alpha и Solaris, являясь, таким образом, высокопроизводительным приложением для рабочих станций. В настоящий момент широко используется на Windows.

Aspen Plus, как уже отмечалось выше, – это система для статического моделирования процессов, основанных на химическом и фазовом превращении. Имеет широкий набор алгоритмов, который постоянно расширяется, благодаря тому, что Aspen Plus является системой с открытыми стандартами. Система имеет развитый графический интерфейс (рисунок 2). Имеется возможность выполнять расчеты основных конструктивных характеристик и оценку стоимости оборудования.

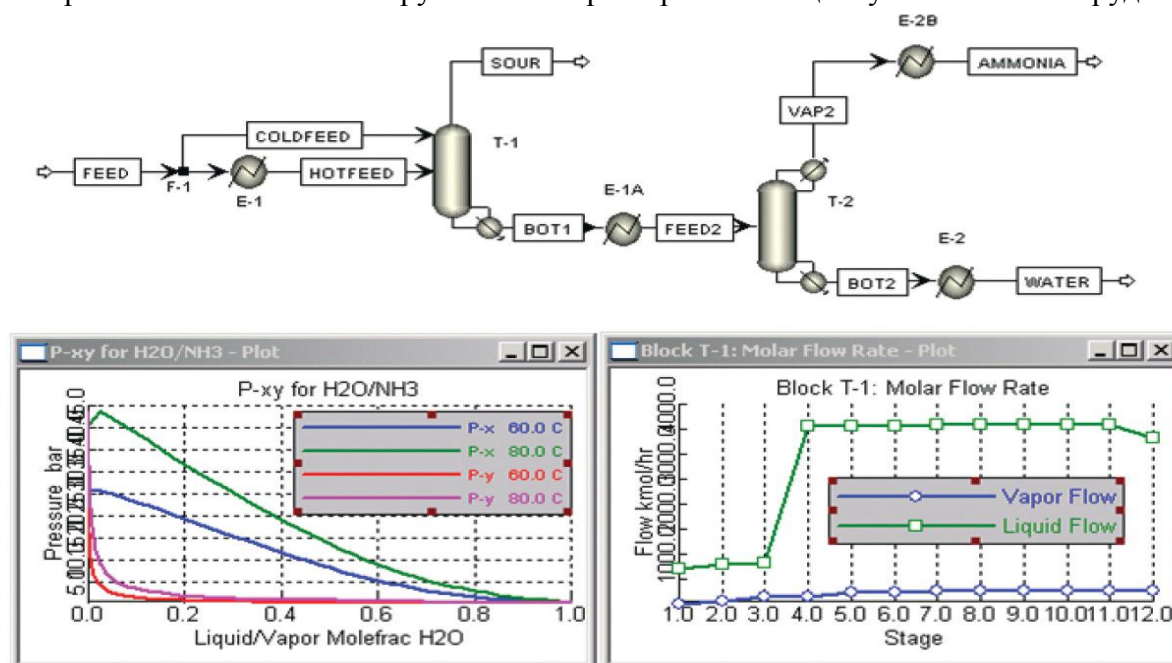


Рисунок 2. Модель процесса в Aspen Plus

В настоящий момент оба этих программных продукта входят в состав пакета AspenONE V7 (текущая версия – 7.3), предназначенного для повышения эффективности производства и управления цепочками поставок, а также проектирования и моделирования технологических процессов. В то же время они продаются и как отдельные ключевые программные продукты компании.

CHEMCAD. Программный пакет CHEMCAD (рисунок 3) разработан фирмой ChemStations, Inc. Пакет включает средства статического моделирования основных процессов, основанных на фазовых и химических превращениях, а также средства для расчета геометрических размеров и конструктивных характеристик основных аппаратов, и оценки стоимости оборудования. Программа разработана для платформы Windows, имеет графический интерфейс. Текущей версией программы является версия 6.4. Подробнее рассматривается далее.

DESIGN II. Пакет компании WinSim Inc., имеющий все инструменты для полноценного моделирования в газонефтепереработке. Включает набор из 880 компонентов, инструменты синтеза наборов по данным анализа ASTM-D86/1160, TBP, содержит 50 методов термодинамических расчетов, 900 компонентов базы данных. Имеет интерфейсы Visual Basic, тесно интегрирован с Microsoft Excel. Текущая версия – 10.2.

Pro II и ProVision. Эти широко известные и применяемые в нефтегазовой отрасли России программные продукты разработаны американской фирмой Simulation Sciences, Inc. Система Pro II была первоначально перенесена на платформу DOS/PC с мэйнфреймов. В этой реализации она не имела удобного пользовательского интерфейса. В 1995 году фирма анонсировала новый графический интерфейс для 32 разрядных платформ PC/Windows с поддержкой OLE-2 и выпустила ProVision. Одновременно разрабатывалась реализация и для Unix-платформ (AIX и Solaris).

Практически, в Pro II / ProVision заложены возможности моделирования почти всех химических и нефтехимических производств. Также имеются широкие возможности для работы с растворами электролитов. Имеется возможность проведения гидравлических расчетов сепарационного оборудования, реакторов, насадочных и тарельчатых ректификационных колонн.

Текущей версией PRO II является 9. В настоящий момент он является частью пакета Process Engineering Suite (PES) – пакета для технического проектирования технологического процесса (см. далее).

Кроме этого, фирма предлагает приложение для моделирования гидравлики нефтегазовых месторождений, систем сбора и транспорта нефти и газа – Pipephase. Pipephase является частью пакета для оптимизации нефтегазодобычи Upstream Optimization Suite (UOS) (см. далее).

Фирма имеет еще ряд продуктов, о которых нельзя не сказать: инструмент оптимизации технологических процессов Connoisseur и пакет он-лайн контроля производительности (ROMeo Online Performance Suite) ROMeo.

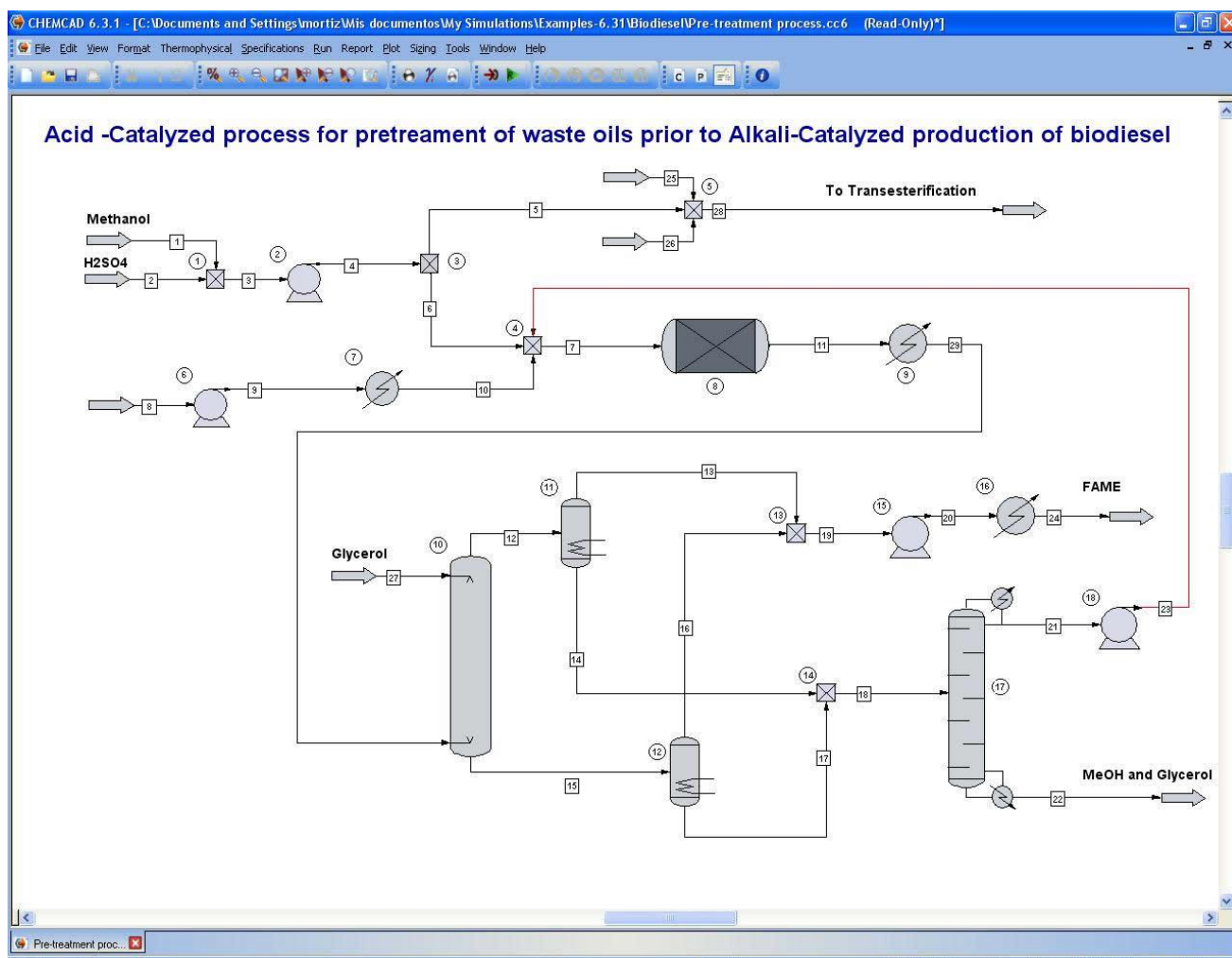


Рисунок 3. CHEMCAD (модуль CC-DYNAMICS)

Connoisseur. Комплексный программный продукт на основе прогнозирующих моделей для усовершенствованного управления технологическими процессами, который позволяет увеличить прибыльность производства за счет улучшения качества, повышения производительности и сокращения энергозатрат. Программа одновременно управляет несколькими технологическими переменными и позволяет им достичь их оптимальных значений через распределенную систему управления технологической установкой. Управление процессом и оптимизация Connoisseur напрямую подключается к объекту управления и использует информацию от датчиков для анализа, идентификации и моделирования причинно следственных связей технологического процесса. Идентификация и верификация причинно следственных связей процесса представляет собой мощный аналитический инструмент, позволяющий инженерам понять поведение установки и определить законы изменения параметров процесса.

Его ключевыми возможностями являются:

- моделирование технологического процесса – определяет причинно-следственные связи, точно отображая ход технологического процесса, что способствует лучшему пониманию текущих проблем и содействует их решению;
- создание контроллера – позволяет системе автоматически создавать робастный и точный многопараметрический контроллер;
- адаптивное управление в масштабе реального времени – позволяет системе управления адаптироваться к доминирующим условиям технологического процесса в режиме он-лайн;
- оптимизация при наличии ограничений – дает возможность осуществлять оптимизацию в ограниченных условиях технологического процесса.

Пакет он-лайн контроля производительности (ROMeo Online Performance Suite) ROMeo, разработанный в сотрудничестве с Shell Development Co., представляет собой унифицированную среду моделирования для он-лайн оптимизации производительности и инструменталь-

ное средство анализа производственных процессов в автономном режиме, призванное помочь пользователям добиться максимальной эффективности работы производственных подразделений предприятия.

Моделирование в реальном масштабе времени и возможности оптимизации с учетом самых различных факторов обеспечивают получение наиболее точной и оперативной информации, что особенно важно для усовершенствования процесса управления в условиях постоянного рыночного давления стоимостью продукции, энергозатратами и эффективностью работы оборудования. Пакет он-лайн контроля производительности ROMeo может использоваться как на уровне предприятия в целом, так и для лицензирования отдельных видов продукции с целью удовлетворения индивидуальных потребностей.

Составными частями пакета являются:

- модуль мониторинга производительности (см. ниже);
- модуль моделирования деятельности нефтеперерабатывающего предприятия (рисунок 4, позволяет пользователям моделировать и оптимизировать работу нефтехимических установок);
- модуль материального баланса (решение с возможностью масштабирования для сопоставления данных о массе и объеме);
- модуль оптимизации систем инженерного обеспечения (инструмент, позволяющий оптимизировать систему энергоснабжения предприятия, а также работу систем пароснабжения, водоснабжения и топливоснабжения);
- модуль оптимизации технологических процессов (рисунок 5, инструмент для максимизации прибыльности производственных процессов в перерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности).

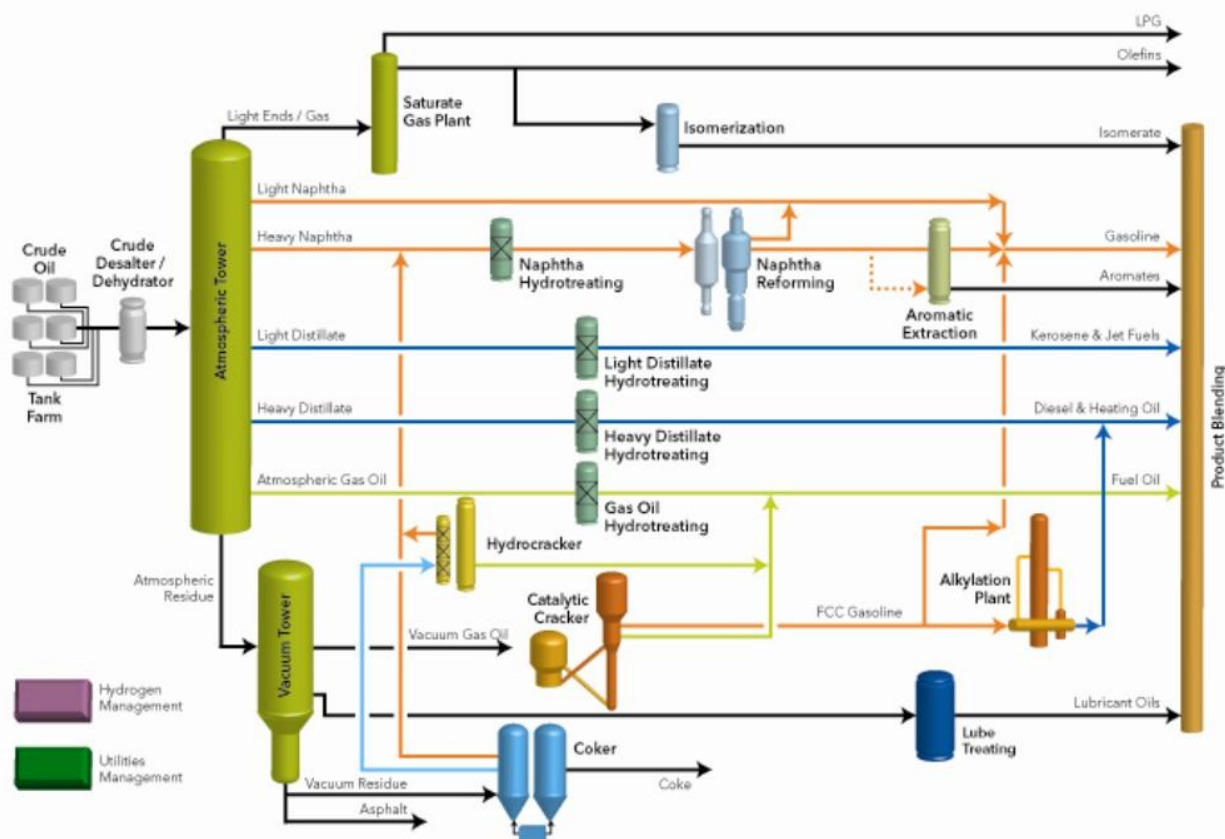


Рисунок 4. Модуль моделирования деятельности нефтеперерабатывающего предприятия

Модуль мониторинга производительности (ARPM) ARPM основан на ROMeo и является частью комплекта прикладных программ On-line Performance Suite от компании SIMSCI (рисунок 6). ARPM – это комплексное решение задач, связанных с мониторингом эксплуатационных показателей технологических установок, работающих в нефтегазовой, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической отраслях промышленности.

ARPM представляет собой промышленное решение, которое интегрирует строгое моделирование, согласование данных, обнаружение грубых ошибок и мониторинг рабочих характеристик в одну удобную для работы пользователя среду.

Программа может использоваться для следующих применений, связанных с мониторингом рабочих параметров:

- мониторинг текущего загрязнения теплообменника по сравнению со значениями для чистого теплообменника и определение выгод, которые можно получить в результате его очистки;
- мониторинг текущих значений производительности и напора компрессора по сравнению с расчетными значениями и оценка стоимости ухудшения рабочих характеристик;
- мониторинг текущих значений производительности тарелок ректификационной колонны по сравнению с расчетными значениями и оценка влияния захлебывания ректификационной колонны на технологический процесс;
- мониторинг текущей активности катализатора и оценка экономических последствий потери активности катализатора.

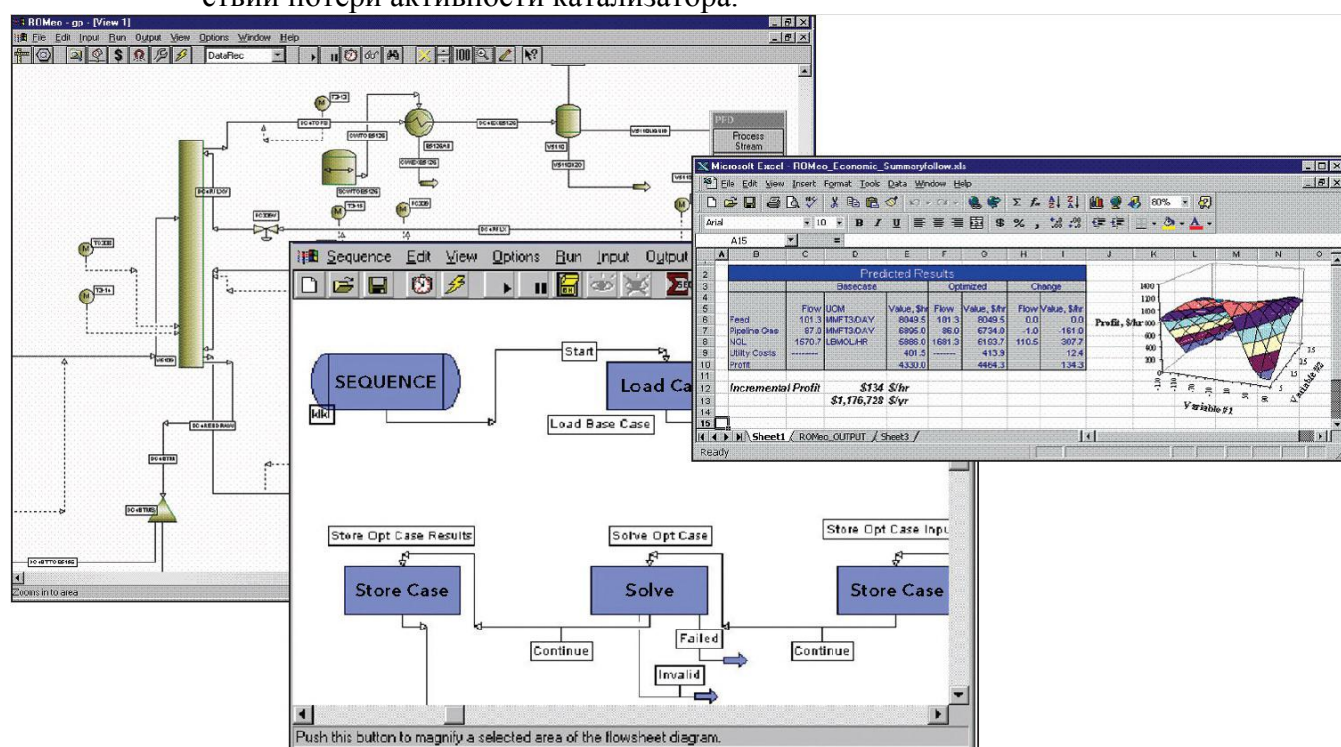


Рисунок 5. Модуль оптимизации технологических процессов

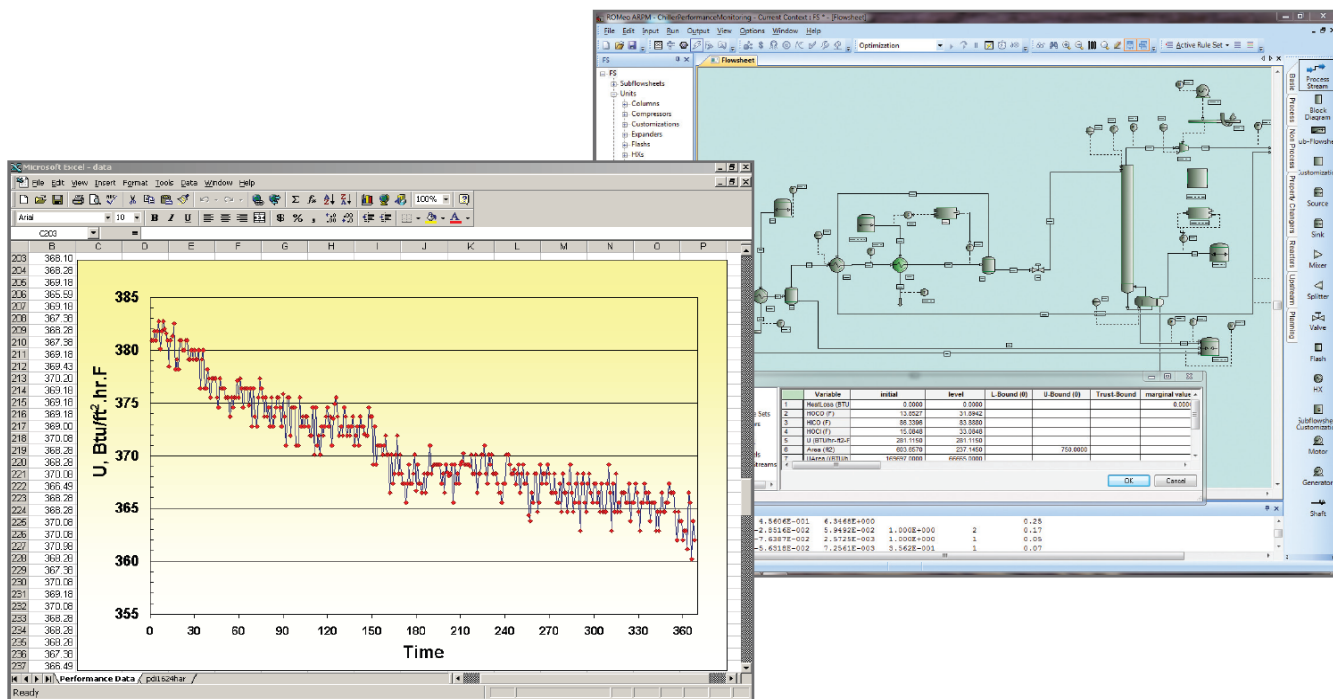


Рисунок 6. Модуль мониторинга производительности (ARPM)

Техническое обслуживание с прогнозированием на основе точной модели. ARPM использует данные технологической установки, поступающие в реальном времени, и точные имитационные модели для получения достоверной информации о работе технологического процесса и оборудования. Это позволяет идентифицировать основные причины ухудшения рабочих характеристик, что позволяет проводить техническое обслуживание наиболее эффективно. ARPM использует методы моделирования, основанные на фундаментальных законах, совместно с опробованной технологией согласования данных для получения непротиворечивых, всесторонних, своевременных и достоверных данных о работе технологической установки.

Автоматизация контроля за работой оборудования и составление отчетов. Система реального времени (Real Time System, RTS) ARPM обеспечивает интегрированную графическую среду составления графиков, которая позволяет автоматизировать мониторинг и составление отчетов. RTS позволяет легко определить сложные последовательности событий (рисунок 7) для автоматизированного мониторинга на ежедневной, еженедельной основе или с любым заранее определенным интервалом времени.

Оценка сценариев возможных вариантов. ARPM может вычислить в автономном режиме сценарии возможных вариантов развития событий, используя модель с непрерывной самонастройкой, которая представляет фактические рабочие условия технологической установки. Также можно использовать модели ARPM для оценки экономических преимуществ технологических изменений.

Оценка сценариев возможных вариантов. Интерфейс внешних данных (External Data Interface, EDI) ARPM позволяет непосредственно извлекать технологическую и экономическую информацию из многочисленных источников, включая PCY, лабораторию и архиваторы данных. EDI имеет встроенные прямые интерфейсы с архиваторами AIM, PHD и PI, а также поддерживает стандартные протоколы передачи данных, такие как ODBC и @aGlance/IT.

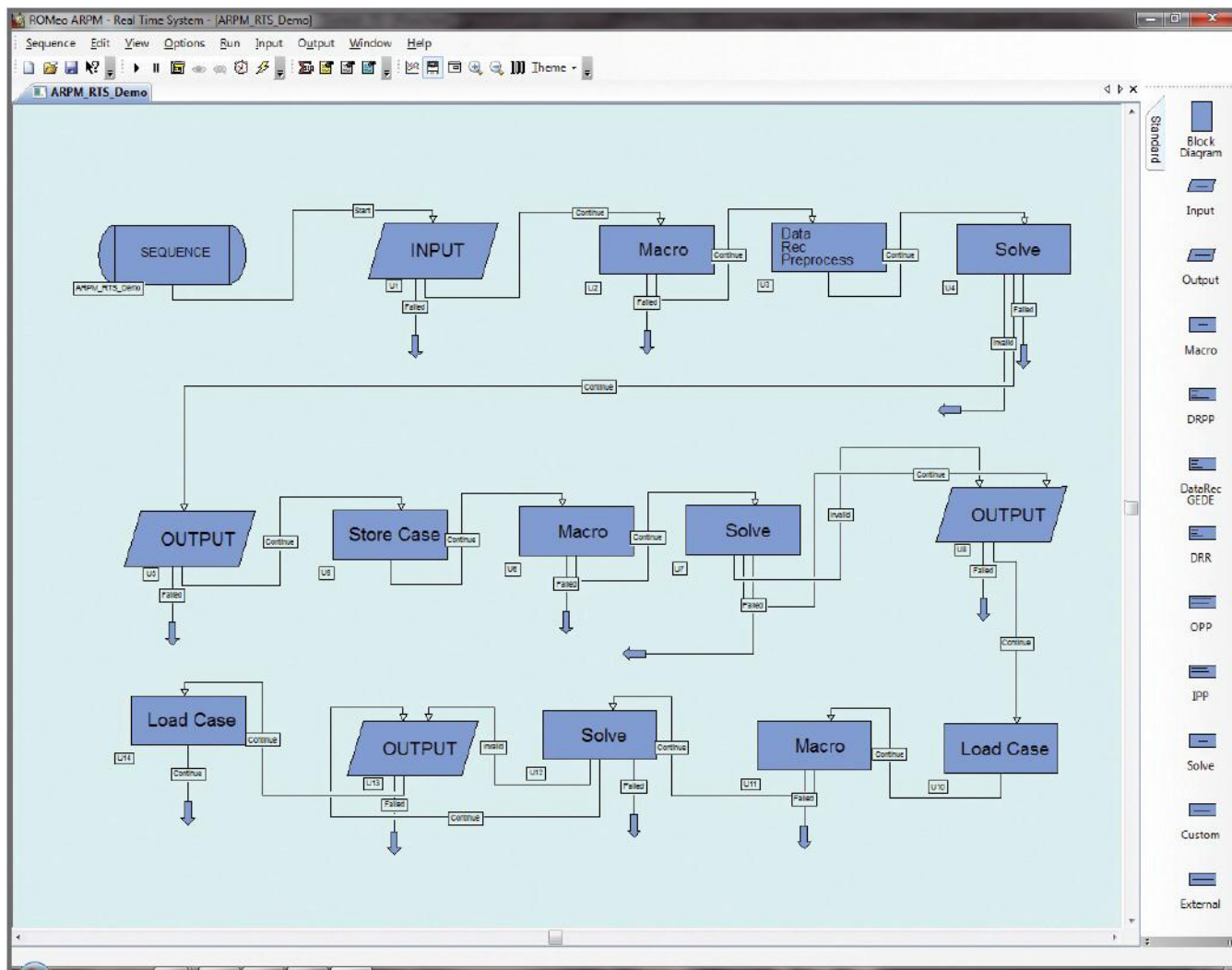


Рисунок 7. Последовательность событий в RTS

Обнаружение ошибок. ARPM имеет встроенные функции обнаружения грубых ошибок и проверки данных, которые позволяют определить незначительные отклонения данных датчиков, что обеспечивает долговременную точность вычисления рабочих характеристик. С помощью быстрой калибровки датчиков, до инициирования аварийной сигнализации, можно избежать аварийных ситуаций и незапланированных остановов технологических установок.

Использование моделей сторонних поставщиков. ARPM сопрягается с моделями реакторов современных НПЗ от компании KBC Profimatics для точного представления реакций, происходящих в технологических установках НПЗ, таких как установки для гидрокрекинга, установки для каталитического крекинга и установки для гидроочистки. ARPM также имеет интегрированную технологию моделирования змеевика SPYRO для точного моделирования работы крекинг-печи на установках производства этилена.

Использование ARPM дает следующие преимущества:

- диагностика основных причин ухудшения работы технологического процесса;
- прогнозирование необходимости проведения технического обслуживания;
- мониторинг рабочих характеристик оборудования и сравнение их с расчетными значениями;
- определение экономических последствий ухудшения рабочих характеристик;
- идентификация неисправных приборов и быстрое устранение технологических проблем;
- использование возможностей интеллектуальных датчиков для вычисления неизмеряемых технологических параметров;
- отслеживание фактических показателей работы и их сравнение с плановыми показателями, и определение значений отклонений.

КОМФОРТ. Эта система моделирования представляет собой инструментальное средство для выполнения поверочных и проектных расчетов материально-тепловых балансов различных химических производств. КОМФОРТ состоит из управляющей программы и модулей расчета аппаратов. Управляющая программа с конкретным набором технологических модулей образует предметно-ориентированную моделирующую программу, позволяющую выполнять расчеты для конкретного класса химико-технологических систем (ХТС). Программа имеет средства для расчета всех основных процессов фракционирования для газопереработки. Программа была разработана ВНИИГАЗ (ныне ООО «Газпром ВНИИГАЗ»).

GIBBS. Это компьютерная программа комплексного моделирования технологических процессов промышленной подготовки, переработки и транспорта природного и попутного газа, газового конденсата и нефти (подробнее рассмотрена далее). Разработан фирмой «Топэнергобизнес» в 1992 году тогда еще для DOS. В настоящее время используется под Windows. Текущей версией является версия 3.9.

Несколько подробнее остановимся на ведущих системах моделирования и их применении в нефтегазовой отрасли.

AspenONE

Пакет программ AspenONE V7 (текущая версия – 7.3) предназначен для повышения эффективности производства и управления цепочками поставок, а также проектирования и моделирования технологических процессов. Отметим в составе пакета и более подробно рассмотрим два продукта для моделирования стационарных процессов: Aspen HYSYS и Aspen Plus.

Aspen HYSYS

Aspen HYSYS представляет собой программный пакет, предназначенный для моделирования в стационарном режиме, проектирования химико-технологических производств, контроля производительности оборудования, оптимизации и бизнес-планирования в области добычи и переработки углеводородов и нефтехимии. Программа с одинаковым успехом работает в проектных и инжиниринговых фирмах, в ПКО заводов, в научно-исследовательских институтах и на заводских установках. На сегодняшний день инженеры и технологи используют HYSYS как средство построения стационарных моделей при проектировании технологических процессов, для мониторинга состояния оборудования и выявления неисправностей, для оптимизации технологических режимов, бизнес – планирования и управления активами.

Ключевыми особенностями HYSYS являются:

- Удобный графический интерфейс (PFD – Process Flowsheet Diagram). В окне программы в удобном для пользователя виде изображается схема технологического процесса. В программу включены возможности копирования, вырезания, вставки объектов, а также соединения объектов с помощью мыши. При построении больших схем несколько объектов можно объединить в отдельную подсхему.
- Точные термодинамические модели. Использование термодинамических моделей HYSYS позволяет рассчитать физические свойства, транспортные свойства, фазовое равновесие с гарантированно высокой точностью. Программа содержит обширную базу данных с возможностью добавления пользовательских компонентов (наличие более 20 различных методов расчета термодинамических и физических свойств; более 2000 библиотечных компонентов, более 16000 пар бинарных коэффициентов).
- Открытая архитектура. HYSYS позволяет создавать пользовательские термодинамические и кинетические модели, а также модели единиц оборудования с помощью встроенного языка программирования (аналога Visual Basic). Возможно подключать и использовать совместно с программой HYSYS собственные программы (созданные в среде Visual Basic, C++, Excel), расширяя ее стандартные возможности и создавая интегрированные системы технологических расчетов.
- Обширная библиотека модульных операций. HYSYS включает в себя статические и динамические модели ректификационных колонн, реакторов, теплообменников,

циклонов и фильтров и, кроме того, в HYSYS можно использовать логические операции. Применение этих моделей дает очень реалистичные результаты и позволяет выявлять такие ситуации, как опустошение или переполнение резервуара, обратное течения потока.

- Детальный проектный и поверочный расчет теплообменников (рисунок 8). При поверочном расчете пользователь может импортировать в HYSYS подробную модель теплообменника из таких специализированных программ, как TASC+ (программа для детального конструкционного расчета кожухотрубчатых теплообменников), ACOL+ (детальный расчет воздушных холодильников), MUSE (расчет пластинчато-ребристых теплообменников). Это позволяет провести в среде HYSYS более точный расчет теплообменного оборудования.
- Экономическая оценка проекта. Модели, построенные в HYSYS, могут быть экспортированы в программу Aspen Icarus Process Evaluator или Aspen Icarus Project Manager с целью экономической оценки проекта. Aspen Icarus предназначен для оценки стоимости основного и дополнительного оборудования отдельных элементов схемы и всей установки в целом.
- Передача данных в конструкторскую программу. Модели могут быть экспортированы из HYSYS в Aspen Zquad для дальнейшего использования в конструкторских программах (например, в AutoCAD). Применение Aspen Zquad позволяет повысить качество и эффективность инженерных расчетов и сократить время на реализацию проекта.

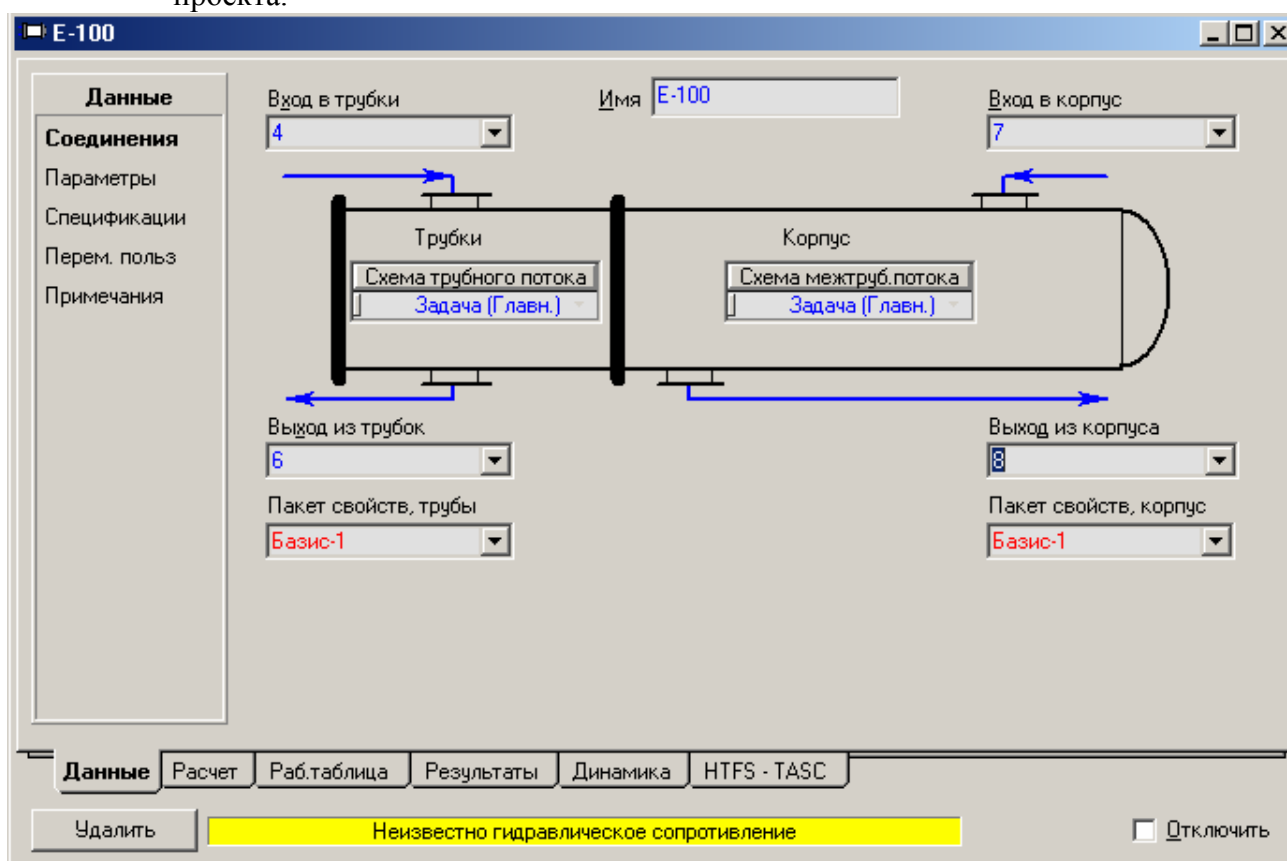


Рисунок 8. Задание данных для расчета теплообменника

HYSYS имеет следующие встроенные модули:

- Модуль HYSYS Data Rec позволяет согласовывать данные модели и реальной установки для контроля рабочих характеристик оборудования и on-line оптимизации.
- HYSYS OLI Interface – интерфейс к программе расчета растворов электролитов, разработанной компанией OLI Systems Inc. Добавление данного модуля позволяет расширить базу данных по термодинамическим свойствам, включив в нее свойства более 3000 органических и неорганических электролитов.
- Модуль HYSYS Optimizer работает на основе метода последовательного квадра-

точного программирования (SQP). SQP метод является одним из самых современных и эффективных методов оптимизации. Он применяется как для оптимизации в стационарном режиме при проектировании (offline оптимизация), так и для оптимизации работы реальной установки (online оптимизация).

Дополнительные модули расширяют стандартные возможности HYSYS. Благодаря открытой архитектуре HYSYS в качестве дополнительных модулей выступают как собственные программы AspenTech, так и программы компаний-партнеров AspenTech. Дополнительные модули позволяют настроить HYSYS с учетом специфики конкретного производства. **HYSYS может быть оснащен следующими дополнительными модулями** (подробнее рассмотрены далее):

- Aspen HYSYS Dynamics – моделирование в динамическом режиме;
- Aspen HYSYS Crude – расчет потоков нефти, колонн АБТ;
- Aspen HYSYS Amines – расчет процессов аминовой очистки;
- Aspen HYSYS Pipeline Hydraulics - OLGAS 2-Phase – расчет магистральных трубопроводов;
- Aspen HYSYS Pipeline Hydraulics - PIPESYS – расчет магистральных трубопроводов;
- Aspen HYSYS Upstream – расчет процессов добычи нефти;
- Aspen HYSYS Petroleum Refining – расчет основных установок, применяемых в нефтепереработке.

С использованием HYSYS можно проводить расчеты:

- ректификационных колонн произвольной конфигурации, включая колонны с распадающимися 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 (горизонтальных, вертикальных) с использованием 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 набора встроенных утилит возможен расчет:

- условий гидратообразования и его ингибирования, образования твердой углекислоты;
- точки росы по воде и углеводородам;
- кривых разгонок (ИТК, ГОСТ, вакуумная разгонка и т.д.);
- товарных свойств нефтепродуктов;
- размеров емкостей;
- нестационарного процесса сброса давления из емкости или системы емкостей в аварийном режиме.

Таким образом, использование программы HYSYS дает значительный экономический эффект: повышается производительность и прибыльность установок. **Экономический эффект от использования программы HYSYS достигается за счет следующего:**

- Оптимизация проектирования – возможность в сжатые сроки оценить рентабельность, безопасность и надежность установки;
- Мониторинг состояния оборудования – уверенность в том, что оборудование работает в оптимальном режиме;
- Уменьшение затрат на реализацию проекта – возможность свести к минимуму количество ошибок и сделать проект менее трудоемким.

Aspen HYSYS Dynamics

Aspen HYSYS Dynamics представляет собой динамическую моделирующую систему для создания нестационарных моделей и моделирования переходных процессов (рисунок 9). Это

средство для динамических расчетов позволяет также эффективно управлять жизненным циклом технологического процесса. Aspen HYSYS Dynamics позволяет создавать полную модель завода для оценки проекта на предмет рентабельности, управляемости, безопасности, а также для улучшения работы завода в течение всего его жизненного цикла.

При использовании динамического моделирования в HYSYS Dynamics достигаются такие цели, как:

- сокращение цикла пуска-наладки и выхода на рабочий режим;
- определение оптимальных стратегий смены сырья;
- настройка регуляторов и определение оптимальных эксплуатационных режимов;
- проверка безопасности работы производства в динамике.

Возможно проведение динамического расчета трубопроводов в модуле HYSYS Upstream Dynamics.

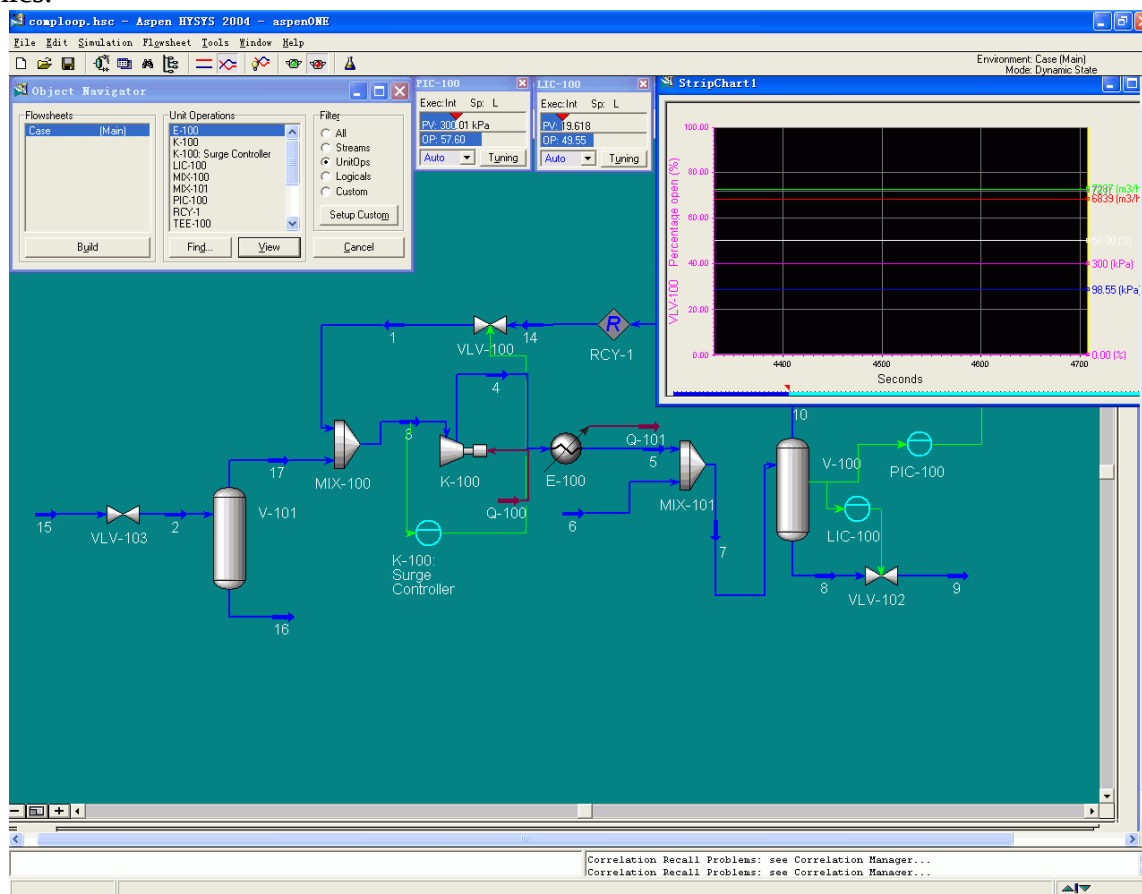


Рисунок 9. Hysys Dynamics

Ключевые особенности HYSYS Dynamics (часть из них пояснены выше при рассмотрении HYSYS):

- Использование строгих термодинамических моделей.
- Единая среда для моделирования в стационарном и динамическом режимах. При использовании преимуществ интегрированных систем стационарного и динамического моделирования становится достижимым оптимальный баланс между проектными показателями в стационарном режиме и управляемостью установки в динамике.
- Удобный графический интерфейс (PFD – Process Flowsheet Diagram).
- Обширная библиотека модульных операций.
- Расчет свойств потока в динамическом режиме обеспечивает быстрое и точное моделирование поведения системы во времени. С HYSYS Dynamics можно получать результаты в реальном времени для больших моделей. Возможности HYSYS Dynamics значительно расширяются благодаря использованию таких продуктов, как:
 - HYSYS Upstream Dynamics: позволяет оценивать поведение трубопроводов с

двух и трехфазными потоками на стадии проектирования процесса, когда решения сильно влияют на стоимость проекта. Это может привести к значительной экономии средств и изоляции трубопроводов, увеличить достоверность системного проектирования через уточнение процедур запуска/останова и улучшить безопасность путем моделирования разрыва трубопровода, а также сброса давления.

- HYSYS OLGA Transient: Позволяет использовать программный продукт OLGAS2000 от ScandPower с HYSYS Dynamics, включая динамическое моделирование многофазных потоков нефти, воды и газа в резервуарах и трубопроводах. Это дает возможность инженерам связывать потоки для моделирования сетей трубопроводов, совмещенных с моделированием технологического процесса.
- Открытая архитектура.
- Расчет пользовательских моделей: для улучшения функциональности модели можно использовать пользовательские модели, созданные с помощью стандартных языков программирования (Microsoft Visual Basic, C++ или FORTRAN). А также использовать программный пакет Aspen Custom Modeler, предназначенный для создания и усовершенствования пользовательских моделей технологических процессов, который можно использовать внутри HYSYS Dynamics.
- Расчет динамики работы как отдельных аппаратов, так и установки в целом: необходимо для высокопроизводительного функционирования систем обучения операторов, расчета опасных или неприбыльных режимов работы в динамике, осуществления подробных исследований по надежности и эффективности отдельных производственных единиц.
- Большой набор возможностей задания автоматической системы регулирования: различные регуляторы и логические операции, а также интеграция с системой усовершенствованного регулирования DMCplus.
- Дополнительные возможности: матрица «причина-следствие» и планировщик событий хорошо подходят для моделирования процедур запуска/останова, а также для автоматизации технологической схемы.

Основные экономические выгоды использования HYSYS Dynamics:

- улучшенное проектирование установки: инженеры могут быстро определить наиболее выгодный, надежный и удобный для регулирования проект;
- улучшенный контроль установки позволяет исключить проблемы при запуске, возможные отклонения характеристик продукта от заданных спецификаций и незапланированные простои;
- повышение рентабельности установки благодаря улучшению эксплуатационных качеств.

Aspen HYSYS Crude

HYSYS Crude Module позволяет задавать в программе образцы нефти и моделировать колонны АВТ. В HYSYS Crude Module вводятся данные разгонок (ИТК, ASTM, вакуумная разгонка и т.д.), затем образец нефти разбивается на псевдокомпоненты для предсказания транспортных и термодинамических свойств потоков.

Исходными данными для расчета образца нефти является кривая разгонки (рисунок 10). Желательно (но не обязательно) наличие также зависимой кривой молекулярного веса, независимой кривой плотности и двух независимых кривых вязкости при разных температурах. Точность расчета повышается, если известен молекулярный вес и плотность всего образца. Желательно наличие экспериментальных данных по содержанию легких фракций.

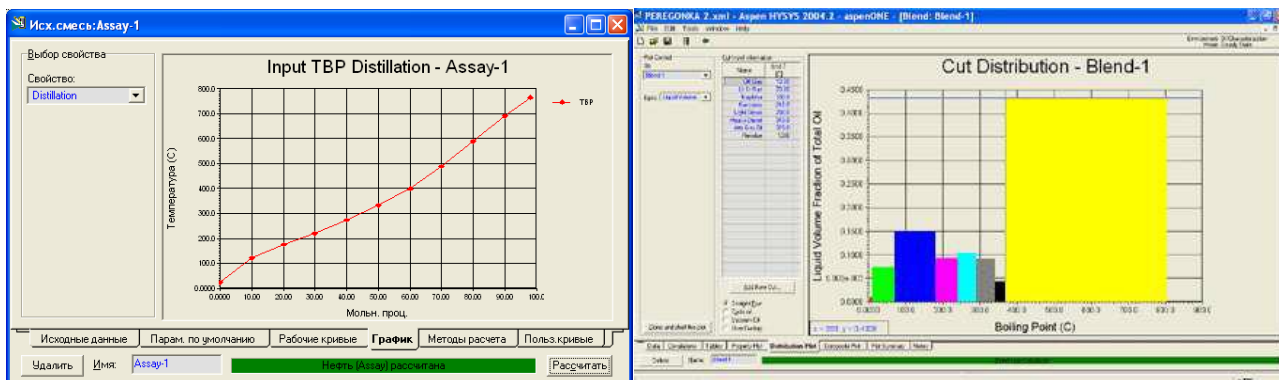


Рисунок 10. Кривая разгонки и разделение на фракции в Aspen HYSYS Crude

Программа рассчитает состав нефти, другие (не заданные пользователем) свойства и построит композитную кривую разгонки с учетом всех введенных данных. Кривая разгонки (без легких фракций) будет разбита на заданное пользователем количество псевдокомпонентов (рисунок 10). Полностью определенные псевдокомпоненты можно устанавливать в поток и использовать в любой схеме.

Aspen HYSYS Amines

Аминовый пакет (рисунок 11) представляет собой специализированную программу расчетов очистки газовых и жидких углеводородных сред от CO_2 и H_2S растворами алканолламинов с помощью точных моделей, описывающих абсорбцию кислых газов в промышленных растворителях и реакции между кислыми газами и аминами. Электролитические модели Li-Mather, используемые в аминовом пакете, дают более надежные результаты по сравнению с эмпирическими моделями, особенно для смесей аминов. Методика расчета аминовой очистки разработана подразделением Oilphase-DBR компании Schlumberger.

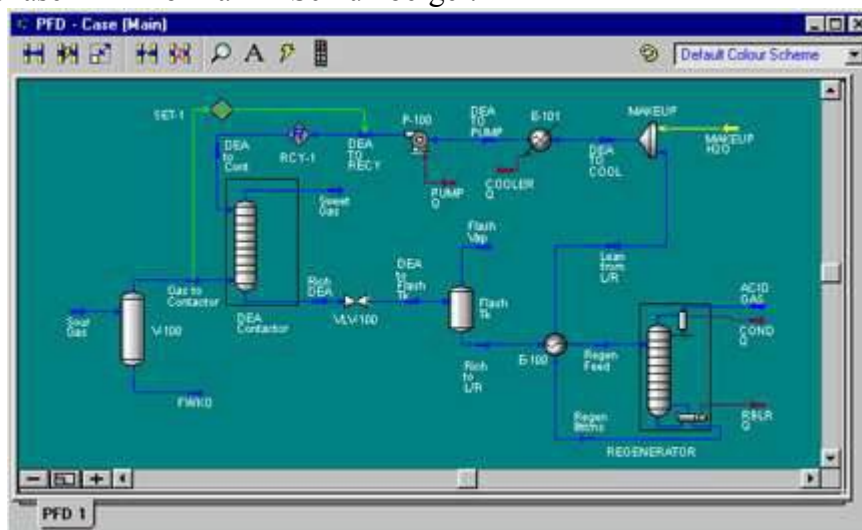


Рисунок 11. Aspen HYSYS Amines

Aspen HYSYS Upstream

Программа HYSYS Upstream предназначена для построения моделей процессов добычи и подготовки нефти и газа и построена на платформе технологического моделирования HYSYS. HYSYS Upstream используется для технологического проектирования установок, улучшения их показателей, мониторинга производительности, оптимизации и бизнес-планирования. На основе HYSYS Upstream стало возможным разрабатывать интегрированные модели месторождений и добывающих активов.

Программа HYSYS Upstream приносит пользу за счет:

- автоматизации и ускорения процесса инжиниринга и интеграции систем – новые возможности программы позволяют использовать HYSYS для решения задач обустройства месторождения и транспортных систем;
- устранения необходимости ручного ввода, переформатирования и переноса данных между программами;
- детального расчета поведения многофазных сред, как с точки зрения физико-

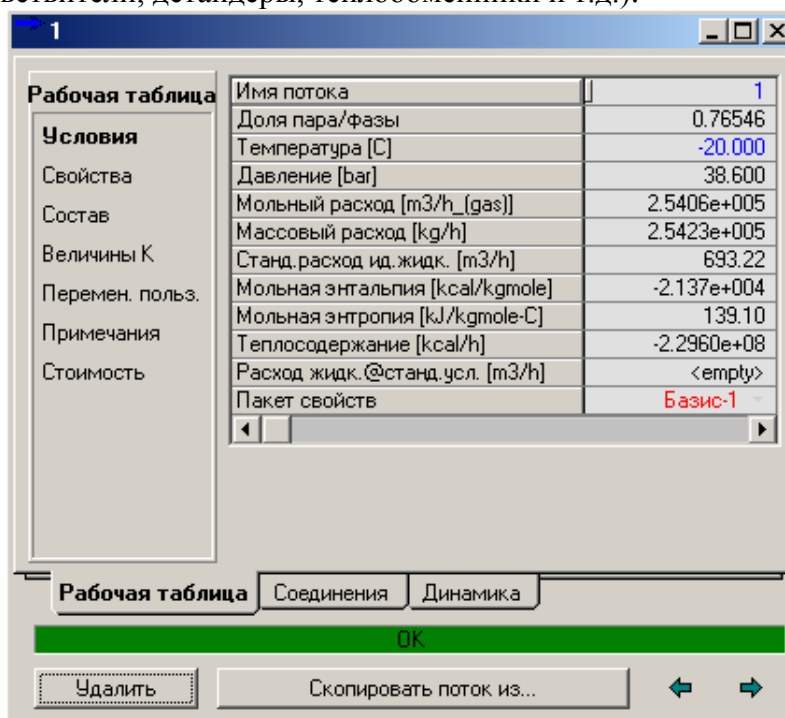
химических процессов, так и с точки зрения гидродинамики газовых и жидких сред;

- получения большей отдачи от инвестиций за счет комплексной (весь добывающий актив) оптимизации и путем создания интегрированной модели актива и использования ее при проектировании, управлении, мониторинге, оптимизации и расшивке узких мест.

Система HYSYS Upstream дает много новых возможностей для инженеров как отдела разработки месторождений, так и отдела обустройства (технологического отдела). HYSYS Upstream имеет в своем арсенале промышленно подтвержденные методы и алгоритмы для расчета нефтяных смесей, что позволяет связать воедино технологические и инженерные работы над проектом.

Данные со скважины могут быть легко введены в модель через простой в использовании дружелюбный интерфейс, что позволяет создать комплексную модель «резервуар-скважина-установка-трубопровод».

Для расчета термодинамики сред смесей углеводородов неидентифицируемого состава используются методы «Черная нефть» – методологии, широко используемой в добывающей отрасли нефтегазового сектора. Обычно на устье скважины точный состав потока неизвестен, но имеются данные по соотношению и плотности фаз. В таких случаях для полного термодинамического расчета свойств нефти достаточно ввести лишь данные по давлению, температуре, удельной плотности жидкости и газа, их соотношению и обводненности потока. При этом в рамках HYSYS Upstream реализованы термодинамические методы расчета свойств флюида по сокращенным лабораторным данным от компании Neotechnology Consultants. Расчеты базируются на широко используемых в промышленности методах и корреляциях (рисунок 12). Также Hysys Upstream позволяет рассчитать в режиме «Черная нефть» различное оборудование (задвижки, сепараторы, смесители, ветвители, детандеры, теплообменники и т.д.).



Рабочая таблица	
Имя потока	1
Доля пара/фазы	0.76546
Температура [C]	-20.000
Давление [bar]	38.600
Мольный расход [m3/h_(gas)]	2.5406e+005
Массовый расход [kg/h]	2.5423e+005
Станд.расход ид.жидк. [m3/h]	693.22
Мольная энтальпия [kcal/kgmole]	-2.137e+004
Мольная энтропия [kJ/kgmole-C]	139.10
Теплосодержание [kcal/h]	-2.2960e+08
Расход жидк.@станд.усл. [m3/h]	<empty>
Пакет свойств	Базис-1

Рабочая таблица | Соединения | Динамика

OK

Удалить | Скопировать поток из... | ← | →

Рисунок 12. Расчет потока в Hysys Upstream

Пакет позволяет переводить состав потоков из режима «Черная нефть» и в традиционный химический состав и обратно, используя данные о составе газовой части и стандартной процедуры характеристики нефти HYSYS.

Помимо режима «Черная нефть» используется режим PVT – задание информации о нефтяной смеси с использованием любых табличных данных через Infochem Multiflash, причем с заданными таким образом смесями можно работать как с обычными потоками.

Полезной функцией HYSYS Upstream является огрубление/детализация составов – на разных участках комплексной модели требуется разная детальность представления информации о потоке, в частности, количество и нарезка тяжелых фракций. Огрубление состава – это конверта-

ция состава, заданного с помощью большого набора чистых и гипотетических компонентов (нефтяных фракций), в состав с уменьшенным набором компонентов для ускорения расчета не критичных участков. Детализация состава – обратный процесс, конвертация сокращенного набора компонентов в полный набор для участков, где требуется большая точность расчета термодинамики.

Встроенные методики расчета гидравлики для многофазных потоков Aspen Hydraulics, а также наличие интерфейсов интеграции с ведущими мировыми системами расчета трубопроводов (например, PIPESIM компании Schlumberger – можно включить в схему HYSYS одну ветвь трубопровода PIPESIM или целую сеть сбора PIPESIM.NET вместе со скважинами), дают инженеру возможность рассчитывать как внутрипромысловые, заводские, так и магистральные трубопроводы и сети трубопроводов (со сложной структурой, включая многосвязные сети и кольцевые трубы) в статическом и динамическом режимах.

HYSYS Upstream реализует эти новые возможности расчета гидравлики с целью объединения в одной модели скважины, установки и трубопровода. Эта ключевая технология новой системы дает возможность создавать комплексные модели всего месторождения, которые используются для разработки проектов обустройства, отладки и оптимизации работающих установок, таким образом улучшая эффективность инженерного труда, управления и принятия бизнес-решений в течение всего жизненного цикла месторождения.

В расчетах трубопроводов используются алгоритм стационарного расчета труб, когда отдельные участки и сети трубопроводов в HYSYS Upstream могут рассчитываться в рамках одной граничной задачи расчета расхода и противодавления, и алгоритм динамического расчета труб (необходима лицензия на модуль Aspen Upstream Dynamics и HYSYS Dynamics) – основан на алгоритме ProFES и осуществляет следующие виды нестационарных расчетов гидравлики: двухфазный динамический, трехфазный динамический, двухфазная модель прохождения шарового скребка, модель предсказания образования пробок из-за разницы высот по профилю, или из-за нестационарного режима течения в трубе.

Также присутствуют различные специальные расчетные возможности:

- RVP – методы ASTM для вычисления давления паров по Рейду;
- HYSYS TACITE – корреляции для вычисления давления для многофазных потоков в трубопроводах;
- кривые теплообмена – расширенные возможности для работы с проектными кривыми теплопередачи в аппаратах;
- матрица «причина-следствие» – расчетное средство для расчета и диагностики процесса останова и запуска установки;
- реальный сепаратор – поддержка моделирования неидеальных сепараторов в динамическом режиме HYSYS.

Aspen HYSYS Petroleum Refining

Традиционно строгое моделирование осуществляется для отдельных технологических установок, что ограничивает их практичность при принятии оптимальных решений всего производства. В отличие от них Aspen HYSYS Petroleum Refining позволяет предприятиям оптимизировать производительность в масштабе всего предприятия, за счет использования комплексного моделирования всех технологических объектов (всего завода).

Aspen HYSYS Petroleum Refining обеспечивает целостный взгляд на перспективы развития НПЗ через последовательное использование и широкое применение моделей внутри предприятия. Программа тщательно обрабатывает взаимозависимости установок (рисунок 13) и тем самым обеспечивает специалистов данными для принятия решений, поддерживая их совместную работу и обмен данными.

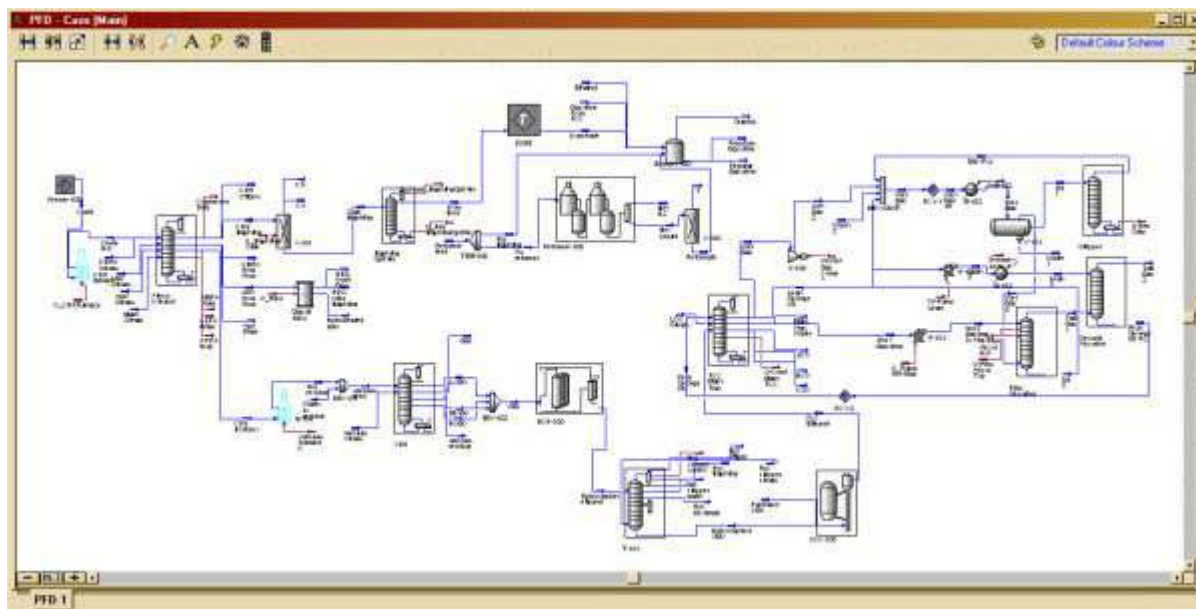


Рисунок 13. Комплексная модель в Aspen HYSYS Petroleum Refining

Ключевыми особенностями Aspen HYSYS Petroleum Refining являются:

- знакомый и дружелюбный интерфейс программы HYSYS;
- интерфейсы к моделям реакторов от сторонних производителей;
- моделирование в стационарном режиме;
- управление базой данных анализа компонентного состава сырой нефти;
- расчет смешивания потоков углеводородов;
- поддержка и развитие базы данных нефтяных свойств;
- методы расчета недостающих нефтяных свойств;
- наличие специфических моделей НПЗ:
 - модели реакторов;
 - каталитический крекинг;
 - каталитический риформинг;
 - гидрокрекинг;
 - гидроочистка;
 - быстрые в расчете модели ректификационных колонн;
 - оптимизация смешивания (рисунок 14);
 - специализированные средства для анализа работы технологических объектов.

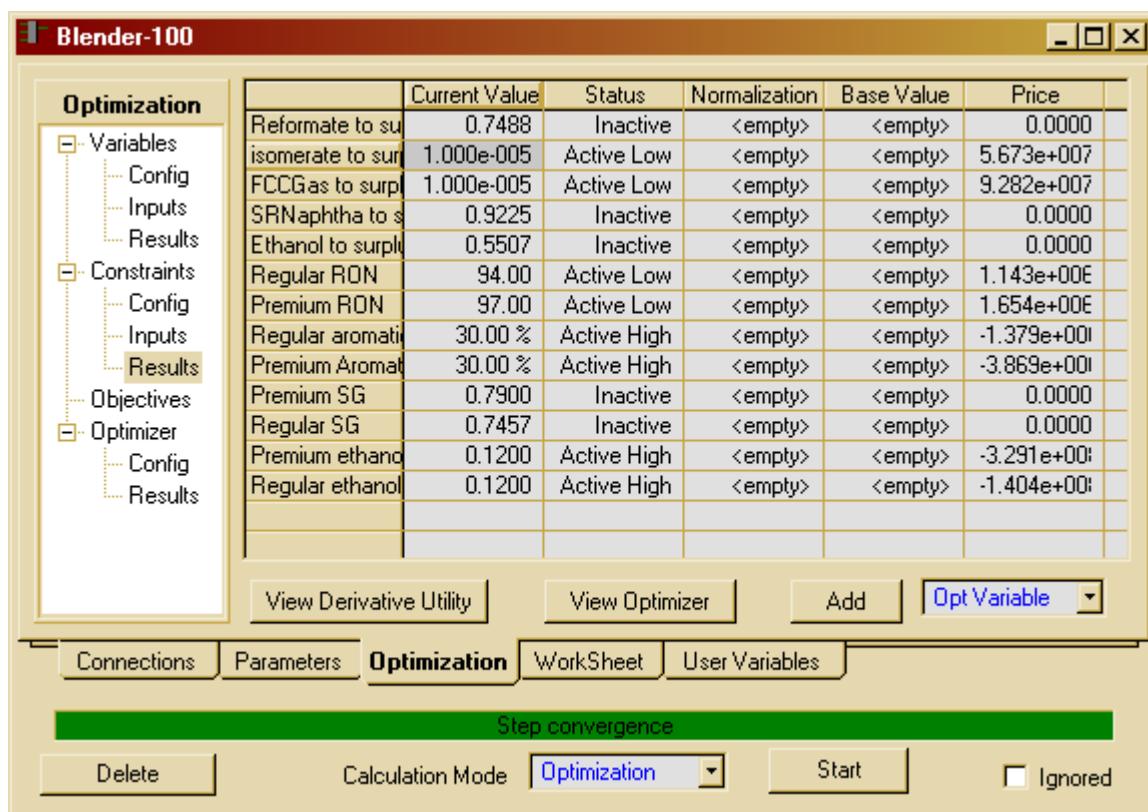


Рисунок 14. Оптимизация смешивания в Aspen HYSYS Petroleum Refining
Можно выделить следующие преимущества Aspen HYSYS Petroleum Refining:

- Анализ взаимовлияния установок в рамках всего предприятия:
 - понимание возможных последствий при изменении режимов работы устано-
вок;
 - нахождение оптимальных параметров процесса;
 - отслеживание влияния изменений на качество конечного продукта.
- Создание точных ЛП-моделей (моделей линейного программирования):
 - быстрая проверка точности ЛП-моделей;
 - регулярное обновление ЛП-векторов;
 - обеспечение точными данными, которые полностью характеризуют потоки
углеводородов;
 - обеспечение точными данными для оптимального ежедневного/еженедельного планирования.
- Быстрый отклик на нештатные ситуации:
 - быстрый отклик на изменения режимов работы;
 - быстрая реакция на аварийные проявления.
- Проектирование новых технических условий и технологических операций:
 - быстрая оценка возможностей существующего оборудования;
 - определение «узких мест» в работе технологических установок;
 - определение и анализ различных конфигураций технологической схемы
НПЗ;
 - максимизация эффективности существующего оборудования.

Aspen Plus

Aspen Plus представляет собой программный пакет, предназначенный для моделирования в стационарном режиме, проектирования технологических процессов, контроля производительности, оптимизации и бизнес-планирования в области химии, тонкого органического синтеза, нефтехимии и металлургии. Моделирование в стационарном режиме является важнейшим средством оптимизации работы установок с целью повышения прибыльности предприятия, поскольку позволяет инженерам-технологам в короткие сроки проверить различные варианты организации технологического процесса.

Программный пакет Aspen Plus помогает решать критические инженерные и производственные проблемы, возникающие в ходе жизненного цикла процесса, такие как проектирование новых процессов, диагностика неисправностей оборудования или оптимизация всего технологического процесса. Средства моделирования, заложенные в Aspen Plus, позволяют инженерам предсказывать поведение установки. К таким средствам относятся: расчет материальных и энергетических балансов, фазового и химического равновесия, а также расчет реакторов с учетом кинетики протекающих в них реакций. Используя строгие термодинамические модели вместе со строгими моделями аппаратов, можно с большой точностью смоделировать поведение реальной установки.

Aspen Plus содержит в себе обширную базу данных по физико-химическим свойствам веществ, модели единиц оборудования (рисунок 15), а также возможности создания отчетов, разработки пользовательских моделей и специализированные модели, например, описывающие процессы с участием электролитов.

Как отмечалось, система Aspen Plus дает возможность термодинамического моделирования работы разнообразных установок (рисунок 16), от нефтеперерабатывающих установок до неидеальных химических систем и процессов с участием электролитов и твердой фазы.

Aspen Plus позволяет рассчитать следующие рабочие элементы и процессы: смеситель, разделитель потока, разделитель частей потока и разделители компонентов; сепараторы и емкости – две, три и четыре фазы; нагреватель, простой теплообменник, теплообменник труба-в-трубе и кожухотрубчатый, а также многопоточный теплообменник; жидкостно-жидкостный однофазовый отстойник; реакторы конверсии, стехиометрические и реакторы равновесия; проточный реактор с мешалкой, реактор идеального вытеснения, реактор периодического действия и реакторы с вентиляцией содержимого для стандартных химически веществ; одно- и многоступенчатые компрессоры и турбины; умножитель потока, дубликатор, селектор и блоки передачи; расчеты сброса давления; модели ректификации (ускоренная дистилляция, многофазное разделение, многоколонная модель, модель атмосферной колонны).

Для систем с твердой фазой решения Aspen Plus включают следующее: скруббер Вентури, электростатический осадитель, цедилка с тканевым фильтром, экран, циклон, гидроциклон, фильтрующая центрифуга и барабанный вращающийся фильтр, противотоковый фильтр, кристаллизатор непрерывного действия и др.

Система имеет развитый графический интерфейс (рисунок 15), развитые методы расчета парожидкостного равновесия, большую базу соединений, специализированные пакеты расчета термодинамики (амины, электролиты). Предусмотрено создание графиков и таблиц физических свойств, оценка физических свойств по структуре. Имеется возможность выполнять расчеты основных конструктивных характеристик и оценку стоимости оборудования.

В состав Aspen Plus могут входить:

- Aspen Dynamics – система динамических технологических расчетов, применяемая для создания тренажеров, систем расширенного управления в области сложных химических производств и тонкой химии;
- Aspen FCC – расчет реакторов каталитического крекинга;
- Aspen CatRef – расчет реакторов каталитического риформинга;
- Aspen Hydrocracker&Hydrotreater – расчет гидрокрекинга и гидроочистки;
- Aspen Plus Optimizer – система оптимизации.

Ниже приведены **ключевые особенности Aspen Plus:**

- Интерфейс. Удобный интерфейс включает в себя графическое отображение схемы технологического процесса, обозреватель данных для ввода-вывода информации по потокам и аппаратам.
- Мастер отображения графиков (рисунок 17).
- Создание подсхем и образцов. Aspen Plus позволяет создавать отдельные подсхемы (блоки иерархии), которые включаются в основную схему. Подсхемы можно сохранять как отдельный образец расчета.
- Моделирование, ориентированное на уравнения. Комбинация последовательного модульного расчета (SM) и моделирования, ориентированного на уравнения (EO),

позволяет пользователю моделировать сложные процессы с несколькими рециклами.

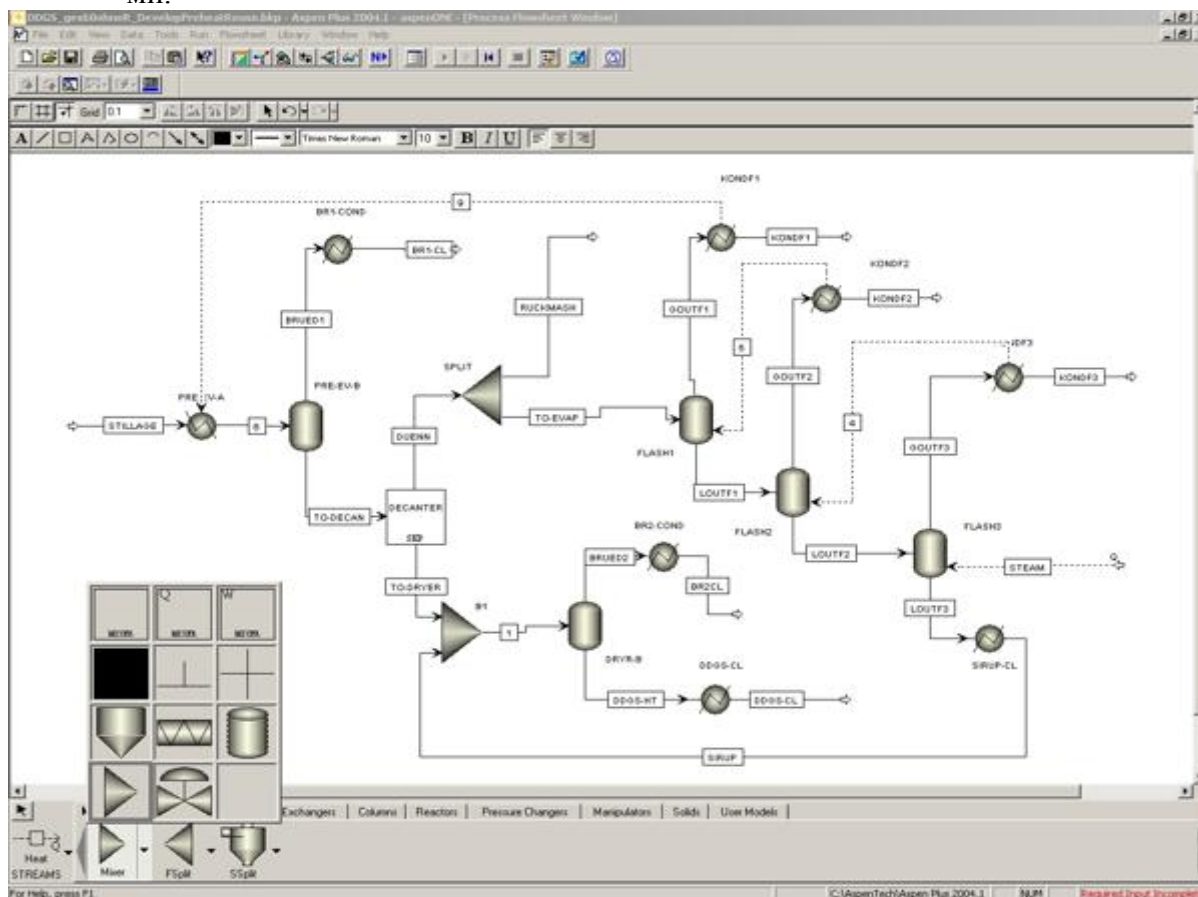


Рисунок 15. Модель процесса в Aspen Plus

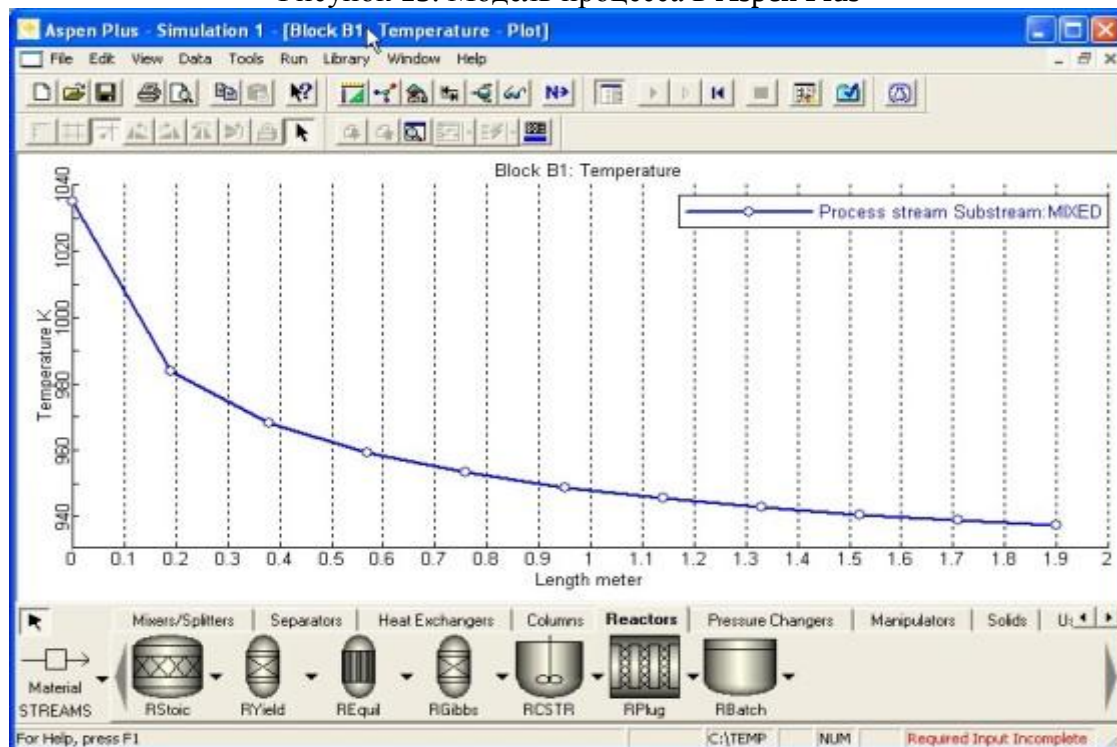


Рисунок 16. График симуляции температуры по результатам термодинамического расчета в Aspen Plus

- Открытая архитектура. Открытая архитектура Aspen Plus позволяет легко обмениваться данными с Visual Basic и такими программами, как Microsoft Excel. Поддерживаются возможности OLE: копирование, вставка или связь объектов.
- Обширная библиотека модульных операций. В Aspen Plus включены модели для

расчета систем пар-жидкость, пар-жидкость-жидкость, а также модели для работы с твердыми веществами и пользовательские модели.

- Расчет термодинамических свойств. Модели и данные физических свойств играют ключевую роль в получении точных результатов моделирования. В Aspen Plus используются точные проверенные методы расчета физических свойств, которые позволяют моделировать широкий ряд процессов, начиная от простых идеальных систем и до сложнейших неидеальных смесей и электролитов. Встроенная база данных содержит параметры более чем 8500 компонентов из области органической и неорганической химии, а также более чем 37000 наборов бинарных коэффициентов для около 4000 двухкомпонентных смесей.
- Анализ сходимости. Aspen Plus автоматически анализирует и предлагает оптимальный вариант разрыва потока для расчета технологической схемы со множеством потоков и рециклов.
- Калькулятор. Включает возможность использования при расчете моделей языка FORTRAN и электронных таблиц Microsoft Excel.
- Расчетный анализ. Применяется для создания таблиц и графиков изменения показателей технологических процессов с целью выбора технических характеристик оборудования и условий ведения процесса. Специфика расчетных задач позволяет производить множественные вычисления с различными входными данными для сравнения и анализа результатов.
- Спецификации единиц оборудования. В Aspen Plus возможен автоматический расчет технологических условий ведения процесса или технических характеристик оборудования, при которых достигаются указанные пользователем значения спецификаций.
- Согласование данных модели с фактическими производственными данными.
- Определение технологических условий процесса, при которых достигается максимум любой заданной пользователем целевой функции, например, функции производительности установки, энергосбережения, чистоты продуктов или прибыли.
- Детальный проектный и поверочный расчет теплообменников. Aspen Plus имеет интерфейс к программам EDR, предназначенным для детального конструкционного расчета теплообменного оборудования:
 - – Aspen Shell & Tube Exchanger – расчет кожухотрубчатых, многотрубных теплообменников и теплообменников «труба в трубе».
 - – Aspen Air Cooled Exchanger – расчет теплообменников с воздушным охлаждением.

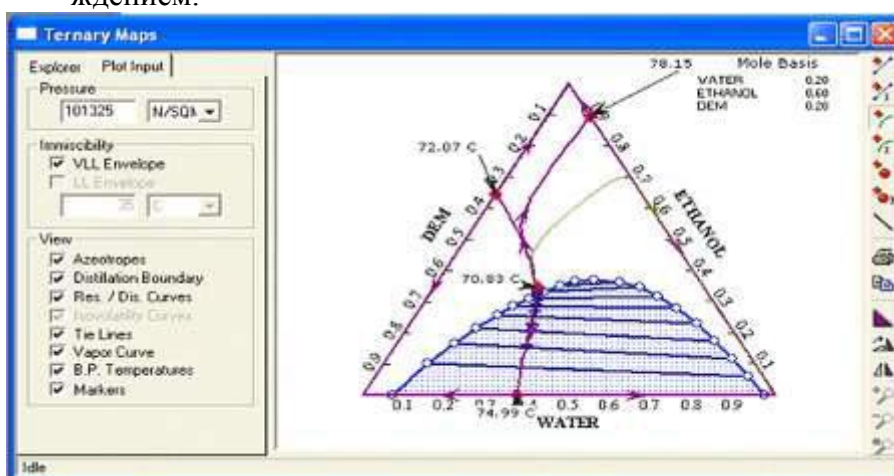


Рисунок 17. График-диаграмма в Aspen Plus

В среде Aspen Plus возможно построение динамических моделей. Это позволяет проследить за поведением систем в динамике, решить вопрос об управляемости сложных технологических систем, разработать оптимальную схему регулирования, а также настроить параметры регуляторов.

Использование Aspen Plus дает значительный экономический эффект, подтвержденный результатами внедрения на предприятиях нефтегазовой промышленности. Программный пакет Aspen Plus позволяет проектировать установки, выявлять неисправности оборудования и повышать рентабельность предприятия.

Вышеупомянутые Aspen HYSYS и Aspen Plus входят в состав так называемого модуля проектирования AspenONE Engineering (также продаваемого как пакет программ Aspen Engineering Suite (AES) – интегрированного набора программных продуктов, разработанного специально для внедрения передового инженерного опыта, а также в целях оптимизации и автоматизации решения инженерных задач на уровне отдельной установки и всего предприятия). Вместе с ними **в состав AES входят следующие программные продукты:**

- Aspen Plus Reformer – система моделирования, предназначенная для мониторинга, планирования и оптимизации установок каталитического риформинга. Она точно прогнозирует выход и свойства, получаемые из различного сырья при различных рабочих условиях. Система достоверно моделирует реакторы (рисунок 18) и контур рециркуляции водорода процесса каталитического риформинга.
- Aspen Plus CatCracker – полностью конфигурируемая модель установки каталитического крекинга, учитывающая кинетику более 40 одновременно протекающих реакций. Данная модель использует при расчетах 21 группу компонентов, а набор реакций включает крекинг парафинов, открытие нафтенового кольца, цепной крекинг алкиловых групп, конденсацию ароматических соединений, коксование при реакциях конденсации и коксование вследствие протекания реакции дегидрирования на «металлических центрах». Используются все основные компоненты установки каталитического крекинга: лифт - реактор, реактор (рисунок 19) и регенератор. Кроме того, можно задать различные конфигурации, отличающиеся количеством реакторов, регенераторов, сырьевых потоков, типов фракционирования и потоков рециркулирования.

Reformer-100

Reactor Section

Feeds

Reactor Control

Catalyst

Recontactor

Product Heater

Solver Options

Solver Console

Advanced

Reactor Temperature Specification

WAIT [C]	505.0
WABT [C]	469.1
Reactor Inlet Reference Temperature [C]	505.0
Rx 1 Temperature Bias [C]	0.0000
Rx 1 Inlet Temperature [C]	505.0
Rx 2 Temperature Bias [C]	0.0000
Rx 2 Inlet Temperature [C]	505.0
Rx 3 Temperature Bias [C]	0.0000
Rx 3 Inlet Temperature [C]	505.0
Rx 4 Temperature Bias [C]	0.0000
Rx 4 Inlet Temperature [C]	505.0
C5+ RON	99.01
C6+ RON	100.4
Sum of Aromatics [wt%]	74.44

Hydrogen Recycle

Recycle Compressor Flow [STD_m3/h]	5.789e+004
H2HC Ratio - Mol/Mol	2.000

Product Separator

Product Separator Temperature [C]	28.00
Product Separator Pressure [kPa]	350.0

Design **Reactor Section** Stabilizer Tower Results

Delete Reformer Environment... **OK** Ignored EO Variables

Рисунок 18. Моделирование реактора в Aspen HYSYS Reformer

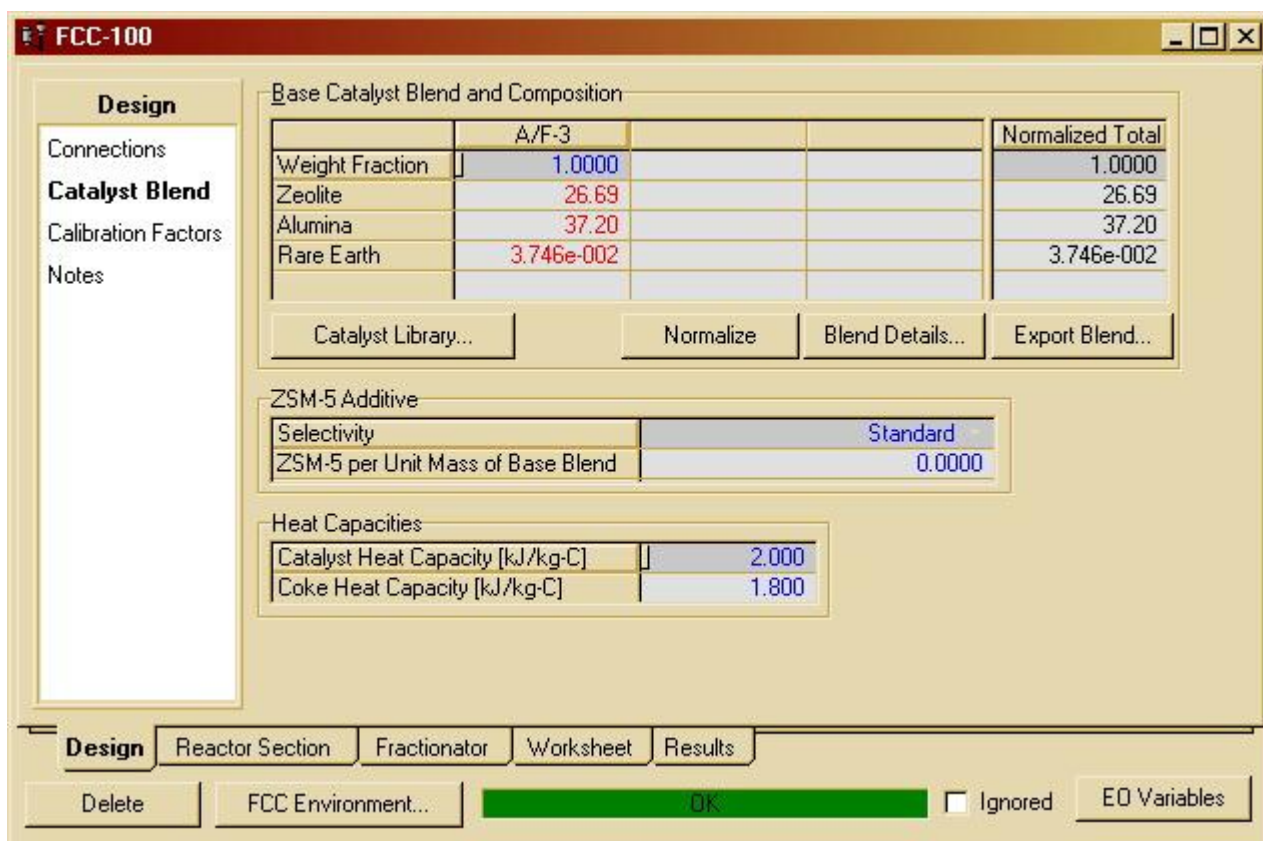


Рисунок 19. Моделирование выбора катализатора в Aspen HYSYS CatCracker

- Aspen HYSYS Hydrocracker – система мониторинга, планирования и оптимизации гидрокрекинга (рисунок 20) и установки гидроочистки. Она точно прогнозирует выход и свойства продукта для широкого спектра сырья и рабочих условий. Состав сырья определяется по легкодоступным свойствам, таким как плотность и ректификация, содержание серы и азота. Моделируются все основные реакции: гидросульфирование, гидрогенизация, удаление металлов, насыщение олефинов и ароматических соединений, образование циклических соединений; размыкание, деалкилирование циклических соединений, крекинг парафинов (всего 116 компонентов сырья и продукции) и изомеризация парафинов.
- Aspen Flare System Analyzer позволяет инженеру проектировать новые факельные системы (рисунок 21), моделировать работу существующих и проверять их, устранять узкие места систем аварийного сброса и вентиляции любой сложности с произвольным количеством источников сброса. Программа может решить задачу определения минимально необходимых размеров факельных линий или отыскать участки действующей системы, на которых при аварийном сбросе возникнут проблемы. Рассматриваются и просчитываются различные сценарии сброса, что позволяет выработать оптимальную тактику и план действий в экстренных ситуациях.
- Aspen Air Cooled Exchanger предназначена для расчета теплообменников различных типов с поперечным обтеканием пучка труб. Программа также производит расчеты коэффициентов теплопередачи и гидравлических сопротивлений для однофазных и двухфазных потоков, которые находятся в условиях нагрева или охлаждения, кипения или конденсации. Возможен расчет переохлажденных кипящих потоков и понижения температуры перегретого пара на влажной стенке. Нагреваемые/охлаждаемые потоки могут состоять из одного или из многих компонентов.
- Aspen Fired Heater – универсальное средство для моделирования процессов теплопередачи, гидравлики и аэродинамики печных агрегатов, использующих газовое или жидкое топливо. Программа проводит поверочный расчет печи. В качестве исходных данных должны быть заданы геометрия печи, конструкция и размеры змеевиков, топливо, характеристики нагреваемых потоков. Если задается расход топли-

ва, то температура выхода продукта из радиантной секции рассчитывается программой. Если же температура подогрева задается, то программа рассчитывает расход топлива. В обоих случаях рассчитываются теплообмен и гидравлические сопротивления для всех змеевиков конвективной и радиантной секции и аэродинамика дымового тракта.

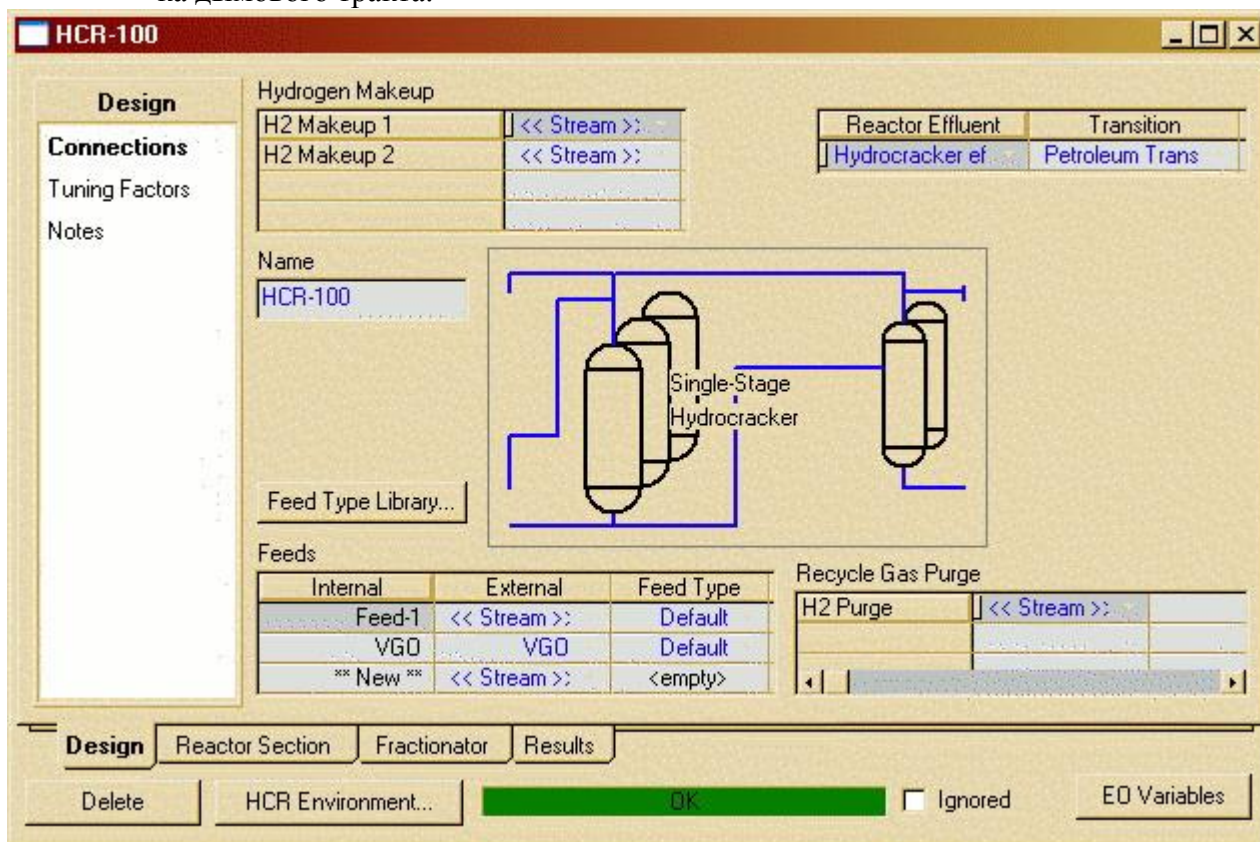


Рисунок 20. Моделирование установки гидрокрекинга в Aspen HYSYS Hydrocracker

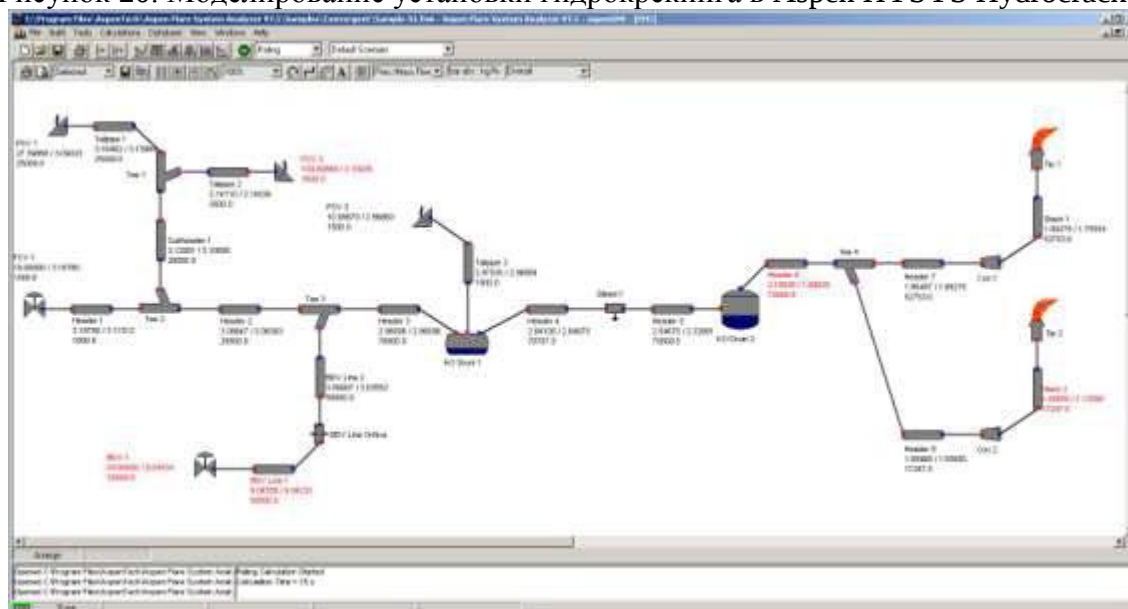


Рисунок 21. Проектирование факельной системы в Aspen Flare System Analyzer

- Aspen Shell & Tube Exchanger предназначена для проведения проектных и поверочных расчетов кожухотрубчатых теплообменников (рисунок 22), работающих с самыми разнообразными теплоносителями и хладагентами (см. также Aspen Air Cooled Exchanger). Дополнительно программа производит расчет вибрации труб.

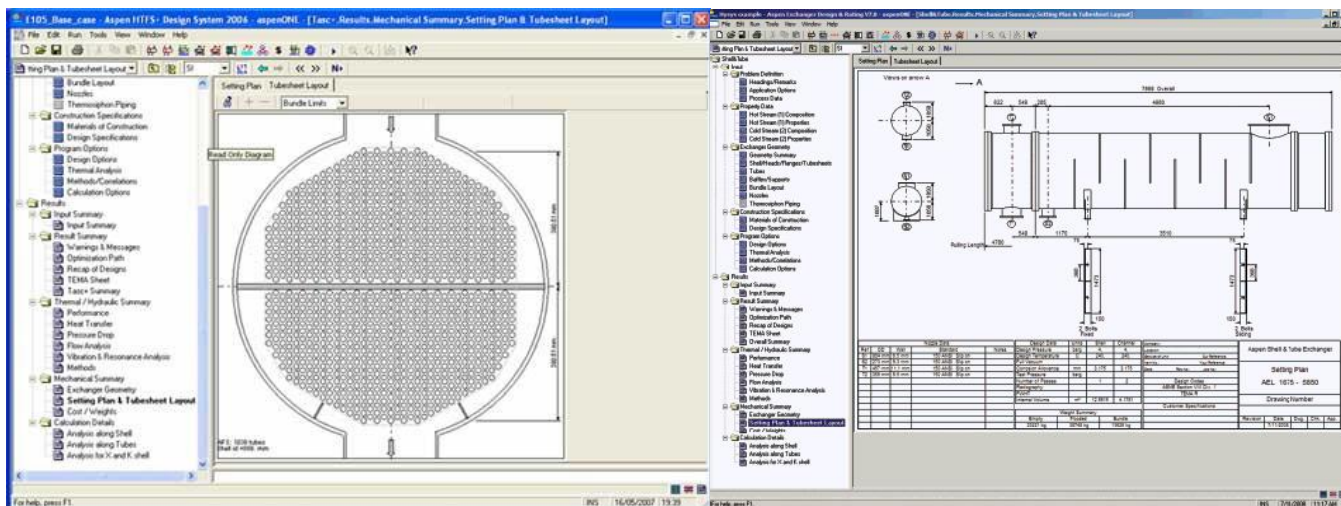


Рисунок 22. Расчет кожухотрубного теплообменника в Aspen Shell & Tube Exchanger

- Aspen Simulation Workbook – средство представления моделей, выполненных в среде Aspen HYSYS и Aspen Plus, в виде электронной таблицы Excel.
- Aspen Online Deployment – для развертывания онлайн имитационных моделей;
- Aspen Process Economic Analyzer – инструмент экономического расчета проектов и инвестиционного анализа.

Существует также модуль Manufacturing & Supply Chain (Управление производством и выполнение технологических операций).

Программные продукты aspenONE в совокупности используются для построения моделей и принятия бизнес – решений по результатам моделирования, а также обеспечивают:

- Согласованность данных. Программные продукты aspenONE для инженерных расчетов и моделирования способствуют сокращению времени на реализацию проекта и делают процесс проектирования более удобным за счет взаимной интеграции и возможности обмена данными и знаниями между специалистами и менеджерами. Надежные средства моделирования дают большую уверенность в правильности принимаемых решений.
- Связь проектирования, управления и бизнес – процессов. За счет открытой архитектуры программных продуктов aspenONE значительно расширяется сфера применения моделей, созданных в целях проведения инженерных расчетов. Эти модели могут быть использованы также для управления заводскими установками, оптимизации в реальном времени, планирования и принятия бизнес – решений.
- Повышение производительности и улучшение качества инженерных расчетов. Обладая полными, мощными и современными средствами моделирования и оптимизации, обширными базами данных, библиотеками модульных операций, возможностями экономического анализа, программные продукты aspenONE для инженерных расчетов и моделирования позволяют значительно сократить время на решение инженерных задач.
- Повышение рентабельности установок и сокращение периода окупаемости проекта. Точные термодинамические модели позволяют спроектировать оптимальные материальные, тепловые и вспомогательные потоки, подобрать подходящее для данного процесса оборудование, что помогает более эффективно использовать капиталовложения и повысить прибыль с минимальными дополнительными инвестициями.
- Бизнес – прогнозирование. Программные продукты aspenONE для инженерных расчетов и моделирования позволяют точно оценивать различные варианты вложения инвестиций уже на ранних этапах разработки проекта. Все модели в программных продуктах aspenONE созданы на основе знаний технологических процессов и объединяют в себе все предыдущие инженерные инновации и достижения информационных технологий, и дают надежные результаты, проверенные на реальных промышленных установках.

Отметим несколько особенностей модуля проектирования AspenONE Engineering по сле-

дующим направлениям нефтегазовой отрасли:

Нефтедобыча

- В составе комплекса Aspen HYSYS Upstream предложен новый патентованный модуль концептуального проектирования, который способен оперативно создавать модели технологических объектов нефтедобычи, уменьшая возможные риски при оценке различных проектных вариантов технологического оборудования на этапе проектирования технологического процесса.
- Обладающие высокой точностью модели пластинчатых и спиралевидных теплообменников, имеющиеся в составе комплекса Aspen HYSYS, позволяют нефтедобывающим компаниям оптимизировать свои установки по производству сжиженного природного газа, анализировать актуальные проблемы их эксплуатации и предлагать на этой основе различные варианты технических решений.

Нефтепереработка

- Новая библиотека, насчитывающая 180 образцов сырой нефти, позволяет специалистам по нефтепереработке получать точные и всесторонние характеристики многочисленных видов сырой нефти посредством преобразования данных HYSYS Oil Manager в данные HYSYS Petroleum Refining простым нажатием кнопки.
- Точные модели печей компании Aspen, входящие в состав комплекса HYSYS, дают возможность специалистам по нефтепереработке анализировать существующие эксплуатационные ограничения, прогнозировать возможные выгоды от модернизации оборудования и повышать энергоэффективность за счет быстрого оптимального выбора сырой нефти, обеспечивающей максимизацию доходов.

Подбор реагентов

- Модуль Aspen Plus обеспечивает экономию нескольких рабочих недель за счет быстрого сбора данных о свойствах смесей и параметрах фазового равновесия, необходимых для проверки адекватности и точной настройки моделей технологических процессов. В настоящее время Aspen Plus обеспечивает прямой доступ к данным более чем по 24 тысячам отдельных смешиваемых компонентов и 30 тысячам парных смесей.

Быстрая окупаемость затрат

- Модули Aspen HYSYS и Aspen Plus ускоряют и упрощают обеспечение соответствия производства требованиям, регламентирующим выбросы CO₂ и других парниковых газов. Клиенты, использующие эти средства, могут регистрировать эти выбросы и оценивать их влияние на окружающую среду и экономику производства в CO₂-эквиваленте. Система Aspen HYSYS содержит примеры новых методов переработки кислых газов, нацеленные на исключение CO₂ и сероводорода путем использования определенных способов дистилляции и соответствующих аминов.
- С помощью аналитического модуля Aspen Energy Analyzer компании имеют возможность буквально за несколько минут рассчитывать показатели энергоэффективности своих технологических процессов, используя средства Aspen HYSYS и Aspen Plus. Модуль Aspen Energy Analyzer использует методы пинч-анализа для определения и сравнения различных способов достижения целевых показателей энергоэффективности.
- В Aspen Integrated Economics вместе с Aspen HYSYS и Aspen Plus, клиенты могут теперь встраивать свои правила расчета затрат и подбора размеров с использованием соответствующих шаблонов. Это позволяет им легко и просто осуществлять экономическую оценку проектов в масштабе всей организации и стандартизировать собственные процессы на основе использования лучших достижений мировой практики.
- Расширенные средства пользовательского интерфейса, реализованные в рамках модуля Aspen Flare System Analyzer, делают его более удобным в эксплуатации и более эффективным в разработке экономических проектов при сохранении достигнутого уровня обеспечения безопасности и требуемых экологических характеристик.

Пакет динамического моделирования SimSci-Esscor

Пакет включает:

- комплексную программу динамического моделирования технологического процесса DYN SIM (рисунок 23);
- FSIM Plus, применяемый в сочетании с DYN SIM для создания физической модели процесса (обучение операторов, предоставление среды для модификации/модернизации) и отладки PCY на основе управляющего процессора I/A Series Foxboro;
- TRISIM Plus (рисунок 24), который является средством виртуального моделирования контроллеров Triconex Trident и Tricon и в сочетании с DYN SIM применяется для создания физической модели процесса, обучения операторов и проверки безопасности и отладки турбокомпрессорного оборудования.

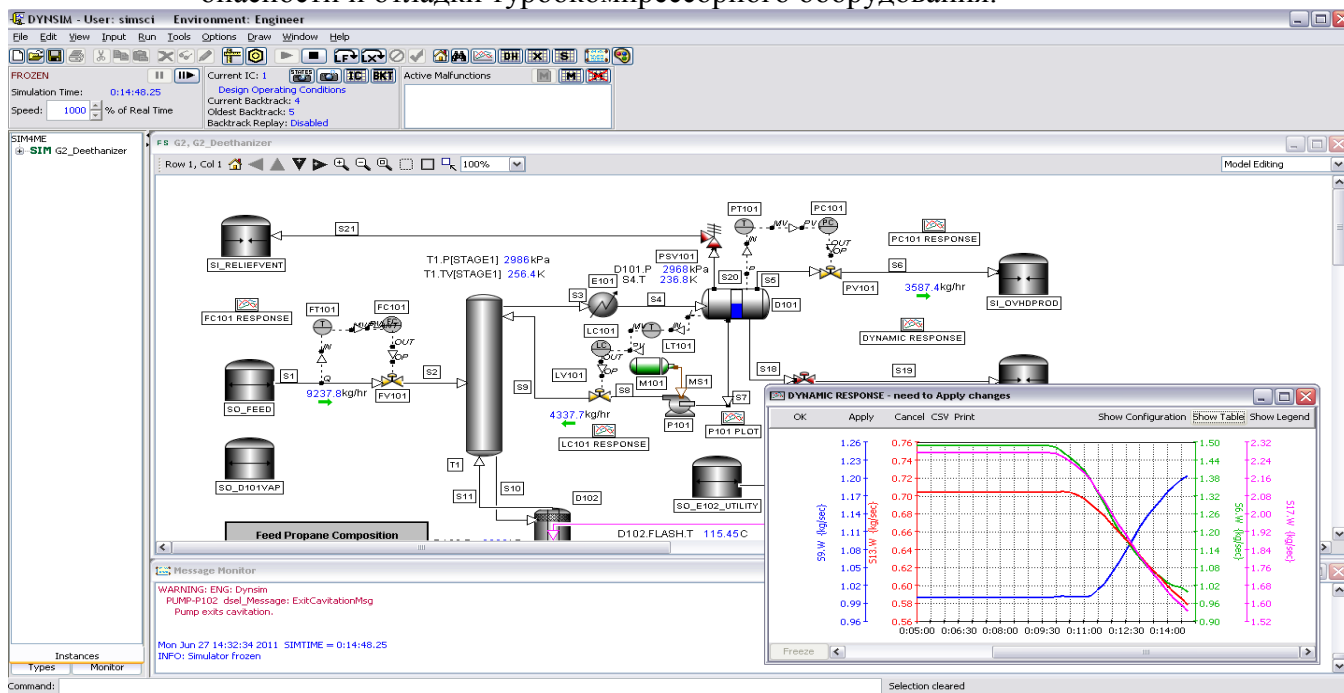


Рисунок 23. Программа динамического моделирования технологического процесса DYN SIM

Подробнее опишем функционал DYN SIM как модельной основы остальных приложений пакета.

DYN SIM способствуют оптимизации инженеринговых работ, включая проектирование, операционный анализ, динамическое моделирование, обучение операторов, повышение эффективности технологического процесса и поддержку процесса принятия административных решений на основе использования действующих в рамках предприятия технологий.

DYN SIM позволяет осуществлять высокоточное моделирование технологических процессов следующих промышленных установок:

- нефтехимические установки;
- нефтехимические процессы и этиленовые установки;
- установки для сжижения газа и регазификации;
- установки для сепарации нефти и газа, газогенераторные установки.

Сферы практического применения пакета динамического моделирования DYN SIM включают:

- снижение нагрузок ректификационной колонны;
- ввод в эксплуатацию компрессоров и анализ помпажных колебаний;
- анализ разгерметизации;
- системы подачи пара на нефтеперерабатывающих предприятиях;
- анализ факельной системы;

- динамическое моделирование для обеспечения средств поддержки принятия решений.

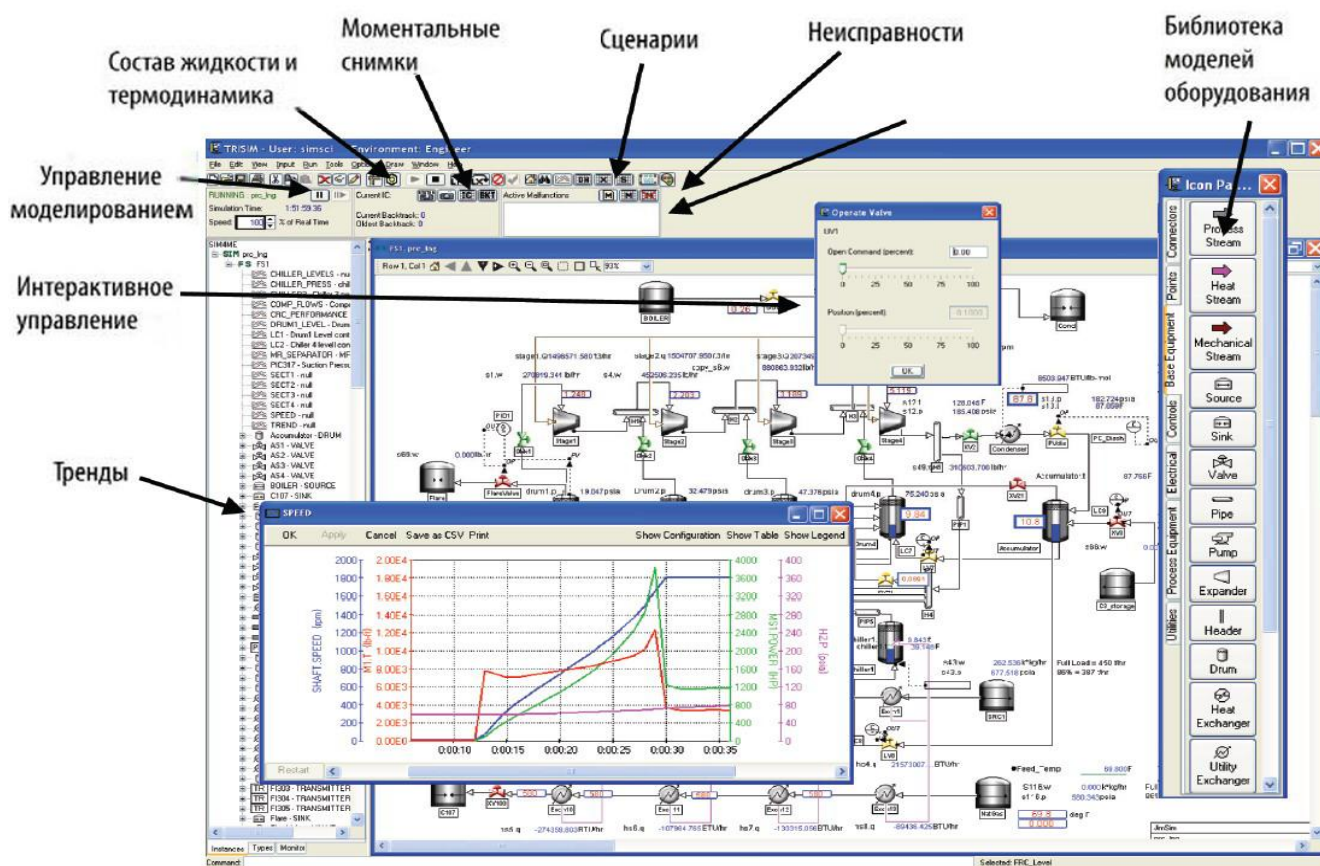


Рисунок 24. TRISIM Plus

Ключевые возможности DYNsim следующие:

- высокоточное моделирование технологического процесса;
- точное и детальное применение законов термодинамики для обеспечения соответствия расчетным условиям и условиям эксплуатации;
- легкость подключения к интерфейсам систем управления сторонних производителей;
- построение интегрированных моделей / пользовательский интерфейс инструкторской станции;
- широкие возможности практического применения: от инженерного анализа до обучения операторов.

Dynsim полностью использует современные стандарты программного обеспечения открытых систем для обеспечения интерфейсов с другими важными прикладными программами технологических установок, такими как тренажеры установившихся состояний и эмуляторы систем управления. Dynsim также легко соединяется с эмуляторами систем управления, такими как FSIM, чтобы обеспечить полноценную базу моделирования для систем обучения операторов. Уровень CORBA (англ. *Common Object Request Broker Architecture* – общая архитектура брокера объектных запросов, технологический стандарт написания распределенных приложений) ПО Dynsim упрощает обмен данными с любым CORBA-совместимым приложением.

Dynsim является продвинутой в своей возможности бесшовного масштабирования: от инжиниринга приложений, таких как разработка стратегий управления, до проверки PCY и обучения операторов – все выполняется в одной и той же графической среде. Модульная архитектура ПО Dynsim и открытые стандарты позволяют Dynsim соответствовать требованиям, предъявляемым к моделированию.

Основанные на фундаментальных законах модели Dynsim, включающие в себя точные термодинамические расчеты и уравнения потоков жидкости, обеспечивают высокий уровень надежности и точности для динамического моделирования технологических процессов производ-

ственных мощностей. Dynsim точно работает даже в случае наиболее сложных технологических компоновок и систем, используя надежный алгоритм принятия решений с возможностью высокоскоростной инициализации.

Преимуществами использования DYNسیم являются:

- снижение затрат на технологическое оборудование в условиях постоянного изменения требований современного производства;
- повышение безопасности работы предприятия благодаря анализу работоспособности факельной системы и системы сброса;
- обоснование стратегии управления технологическими процессами для снижения рисков в случае возникновения аварийных ситуаций;
- анализ процесса пуска, остановки и эксплуатации для уменьшения риска задержки запуска;
- планирование операций для предотвращения простоев производства и повышения эффективности;
- пакетная обработка при пробном прогоне системы;
- высокоточное моделирование технологического процесса для обеспечения подготовки операторов.

Существует также приложение DYNسیم Checkout. При структурной схожести с пакетом высокоточного моделирования DYNسیم, решение DYNسیم Checkout не требует подробных технических данных. Проведение высокоточного моделирования нередко оказывается невозможным из-за сжатых сроков пусковых работ. Упрощенное, приблизительное моделирование подходит при базовом тестировании, но оно позволяет провести эффективную одновременную проверку только одноконтурных устройств.

В отличие от жестких требований высокоточного моделирования, DYNسیم Checkout предлагает простой в использовании инструментарий для проверки и подтверждения надежности сложно взаимодействующих между собой контуров управления, а также комплексного управления на этапе приемочных испытаний. Кроме того, DYNسیم Checkout может использоваться для обучения оператора запуску и управлению оборудованием, применению блокировочных устройств, управлению процессом и определению рабочего состояния процесса, а также умению понимать показания различных сенсоров и устройств.

Ключевые возможности DYNسیم Checkout:

- робастные модели, не требующие жесткого применения законов термодинамики;
- удобный способ ввода данных, требующий лишь информации, которую можно найти в схемах трубной обвязки и КИП или в схемах технологического процесса;
- надежная работа моделей, допускающих использование недостаточно точной или неполной информации;
- преобразователь с функцией калибровки для регулирования параметров модели в соответствии с необходимыми техническими единицами;
- возможность автоматического создания моделей на базе технологии Intergraph Smart P&ID (рисунок 25).

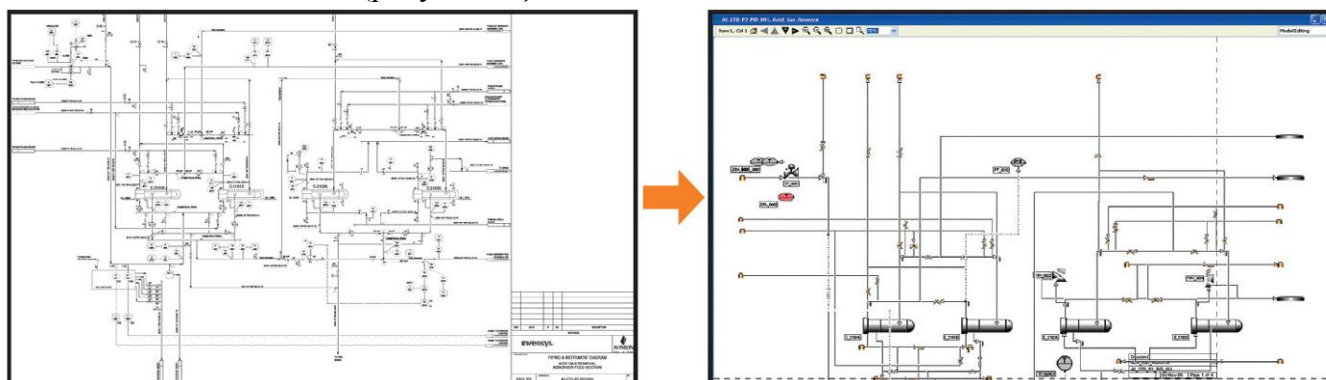


Рисунок 25. Автоматическое создание моделей на базе технологии Intergraph Smart P&ID

Преимуществами использования DYNسیم Checkout являются:

- проверка и подтверждение надежности системы управления до ее внедрения на предприятии;
- многократное снижение затрат благодаря обеспечению безаварийного пуска;
- моделирование средней точности, позволяющее уложиться в жесткий график работ по проекту, после чего оно может использоваться для эффективного производственного обучения без лишних затрат.

ChemCAD

Пакет моделирующих программ ChemCAD представляет собой инструмент для компьютерного моделирования химико-технологических процессов при разработке, модернизации и оптимизации химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Позволяет решать задачи расчетно-технологического проектирования для моделирования и расчета технологических схем с рециклическими потоками органических и неорганических веществ и непрерывных смесей (в случае нефтяных фракций), а также энергетических потоков и разработки технологического регламента для произвольного химико-технологического процесса.

ChemCAD включает в себя:

- Базы данных по свойствам индивидуальных веществ (свыше 1900 компонентов) и различные методы их прогнозирования.
- Программные модули для вычисления отсутствующих в базе данных свойств индивидуальных веществ и их смесей (а также параметров уравнений для их расчета) по минимальному объему экспериментальных данных и структурным формулам их молекул.
- Базы данных по расчетным модулям типовых процессов химической технологии, протекающих в реакторах, абсорбционных, ректификационных и экстракционных колоннах (с тарелками и насадками различных типов, а также для случая совмещенных процессов хемосорбции и хеморектификации), дистилляционных аппаратах, теплообменниках различных типов (кожухотрубных и пластинчатых, аппаратах воздушного охлаждения и теплообменниках типа «труба в трубе»), компрессорах, насосах, фильтрах, центрифугах, дробилках, кристаллизаторах, циклонах, сушилках и др.
- Расчетные модули для определения конструкционных параметров типового оборудования химических производств – колонных аппаратов, теплообменников, резервуаров, трубопроводов, диафрагм, аппаратов высокого давления и др.
- Программные модули для проведения расчетных исследований и оптимизации технологических схем химических производств, в том числе и периодической ректификации.
- Программные модули для расчета параметров динамических режимов химических реакторов и колонных аппаратов абсорбции и ректификации совместно с регуляторами и исполнительными устройствами.
- Программные модули для расчета стоимости единиц оборудования химических производств.

ChemCAD позволяет создавать, анализировать и оптимизировать различные варианты технологического оформления производственных процессов, оценивать их эффективность и выбирать наилучший из них. Комплекс исследований с использованием ChemCAD дает возможность добиться удовлетворительного совпадения результатов расчетов с данными промышленных экспериментов, что позволяет решать задачи автоматического управления процессами и повышения эффективности действующих производств, определения оптимальных режимных и конструкционных параметров процессов в отдельных аппаратах с позиции всего производства в целом.

ChemCAD предназначен для:

- подготовки оптимальных исходных данных по единицам оборудования и трубопроводным системам для рабочего инженерно-технического проектирования при

создании новых, а также реконструкции и диверсификации действующих химических и нефтехимических производств;

- исследования и оптимизации работы систем автоматического регулирования химико-технологических процессов, в том числе и в составе систем автоматизированного управления технологическими процессами (АСУТП);
- разработки динамических моделей действующих технологических процессов, так называемых «виртуальных производств» при создании тренажеров для операторов и инженеров химических производств.

ChemCAD состоит из непосредственно базовой универсальной программы-ядра (CC-STEADY STATE), предназначенной для статического моделирования основных процессов, основанных на фазовых и химических превращениях (имеются средства расчета геометрических размеров и конструктивных характеристик основных аппаратов и оценки стоимости оборудования) и дополнительных модулей: CC-THERM, CC-BATCH, CC-DYNAMICS, CC-SAFETY.NET, CC-FLASH.

CC-STEADY STATE (рисунок 26) служит для моделирования, оптимизации, синтеза и расчетно-технологического проектирования действующих, реконструируемых и новых технологических схем производств органических и неорганических веществ, продуктов газо- и нефтепереработки с определением конструкционных параметров оборудования и капитальных затрат, а также для расчета материальных и тепловых балансов единиц оборудования и всего производства в целом с возможностью включения собственных расчетных модулей в программу вычислений.

CC-THERM (рисунок 27) служит для поверочно-оценочного и проектного расчета, моделирования кожухотрубчатых, пластинчатых теплообменников, теплообменников типа «труба в трубе», а также аппаратов воздушного охлаждения с выбором типоразмеров в соответствии со стандартами TEMA, DIN, ASME и др.

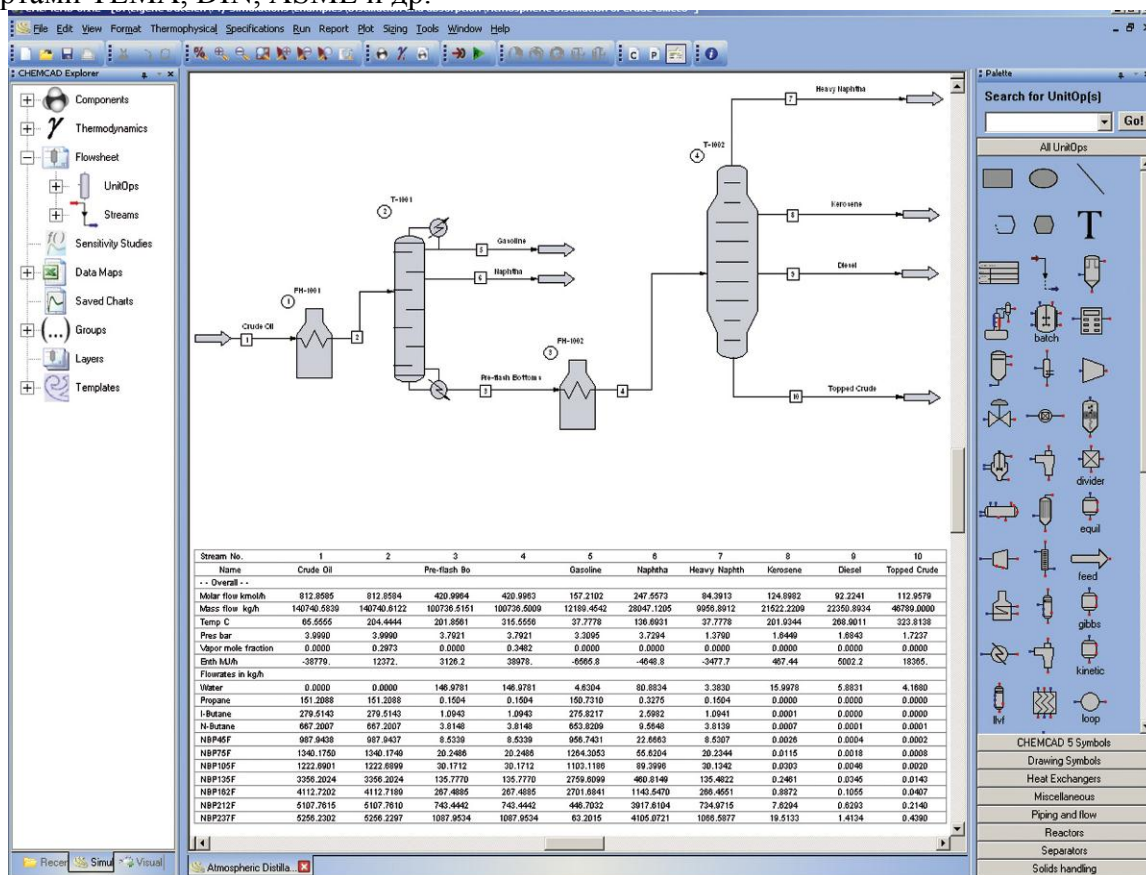


Рисунок 26. CC-STEADY STATE

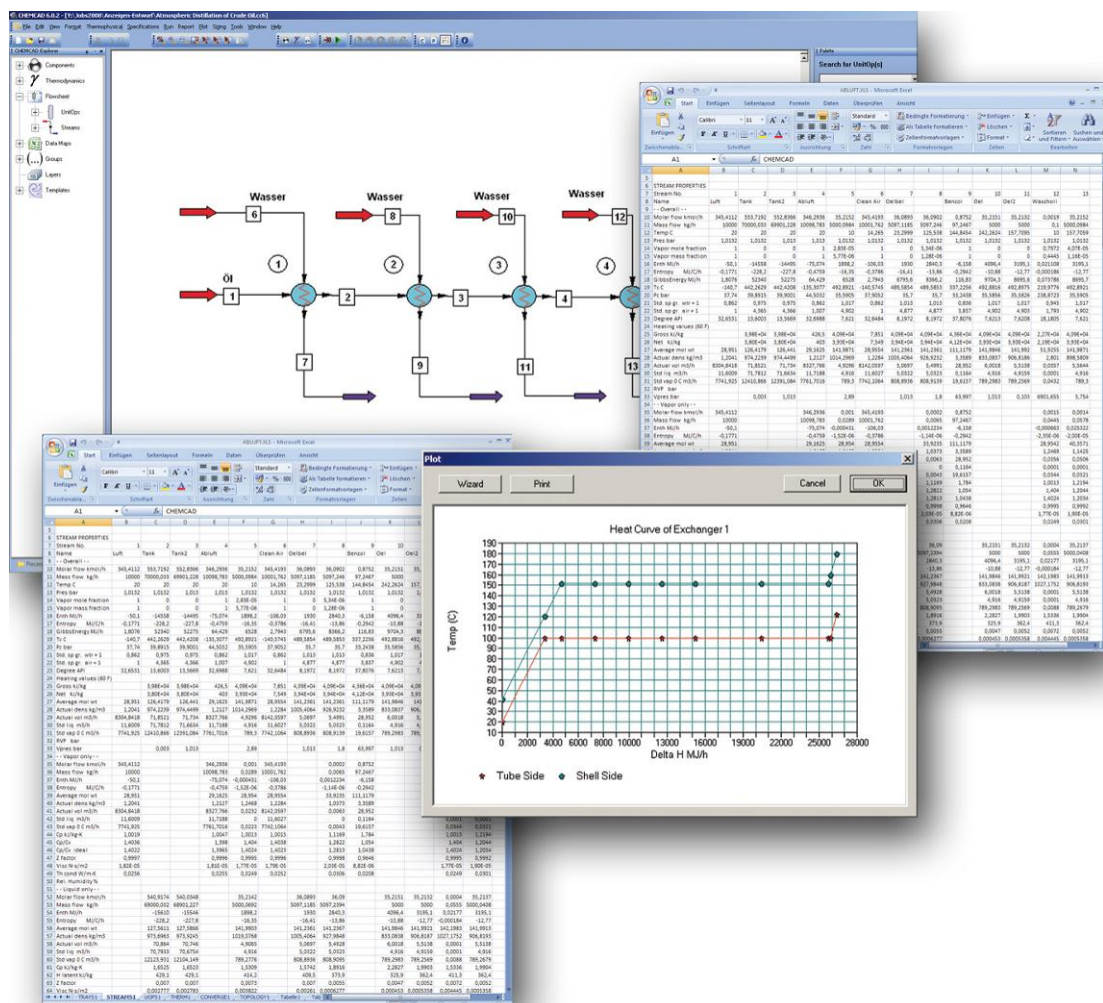


Рисунок 27. CC-THERM

СС-BATCH (рисунок 28) предназначен для поверочно-оценочного расчета и моделирования различных режимов и последовательных стадий процесса периодической ректификации в колонном аппарате.

СС-DYNAMICS (рисунок 29) служит для поверочно-оценочного расчета и моделирования динамических режимов абсорбционных и ректификационных колонн с учетом реальных условий массопереноса, а также периодических, полупериодических и непрерывных реакторов с мешалками, с различными вариантами теплообмена с рубашкой и другими конструкциями для организации теплообмена в реакторе. Предусмотрена возможность определения физико-химических констант для расчета микрокинетики процесса на основании экспериментальных данных и возможность расчета ректификационной колонны и реактора с мешалкой совместно с различными контурами управления (П, ПИ- и ПИД-регуляторы и исполнительные органы), включая каскадное регулирование.

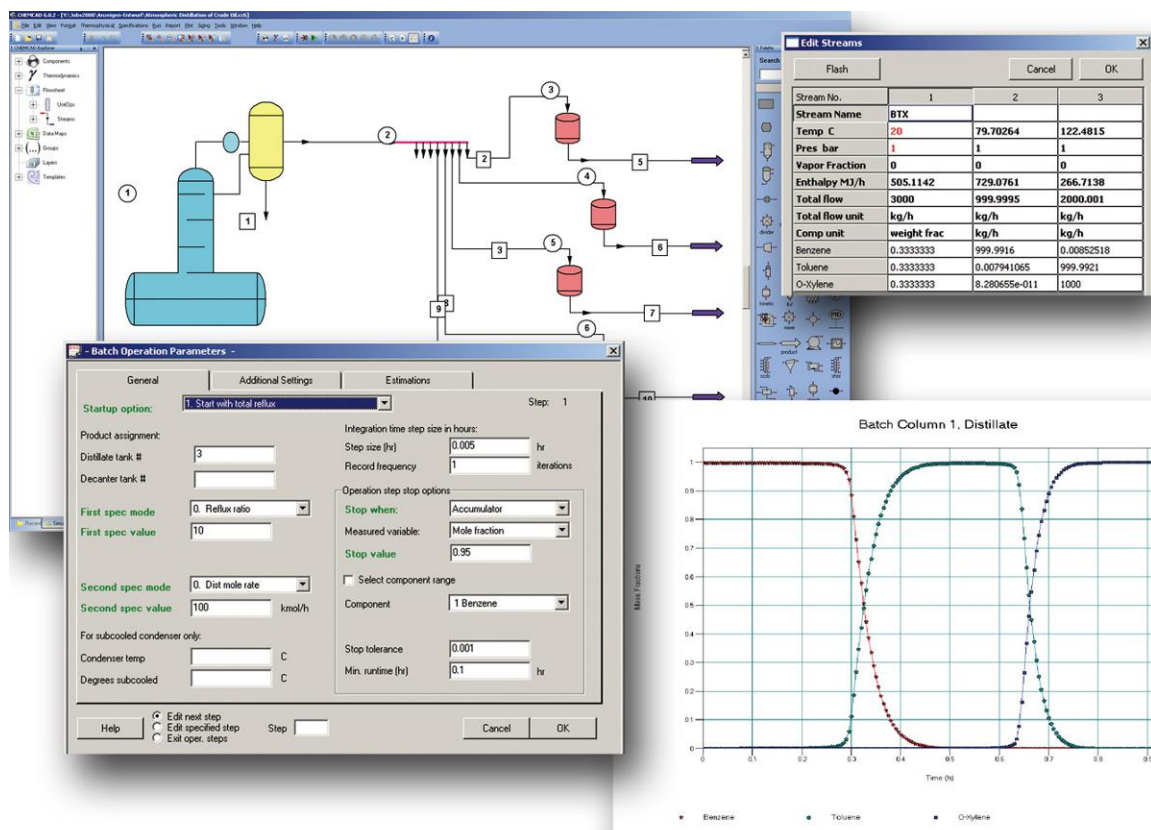


Рисунок 28. СС-ВАТСН

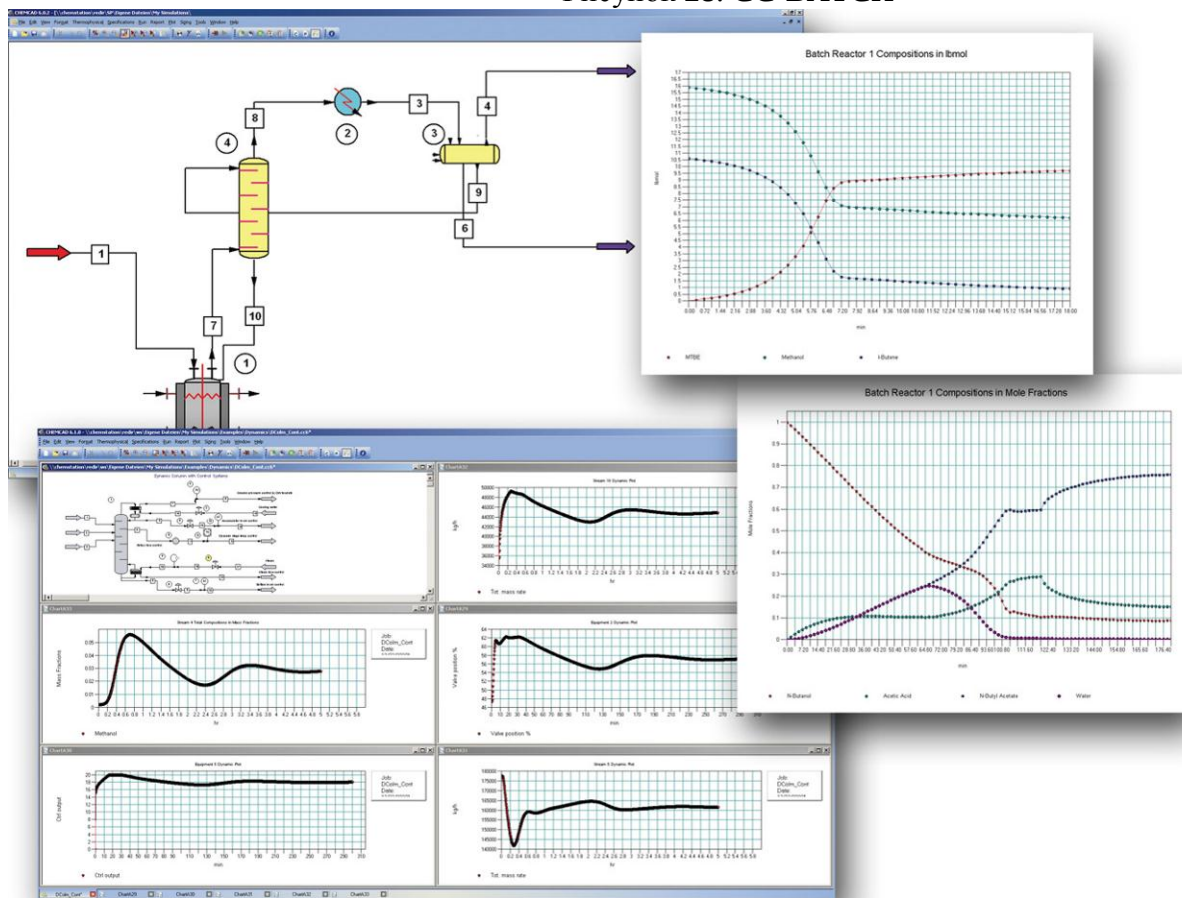


Рисунок 29. CC-DYNAMICS

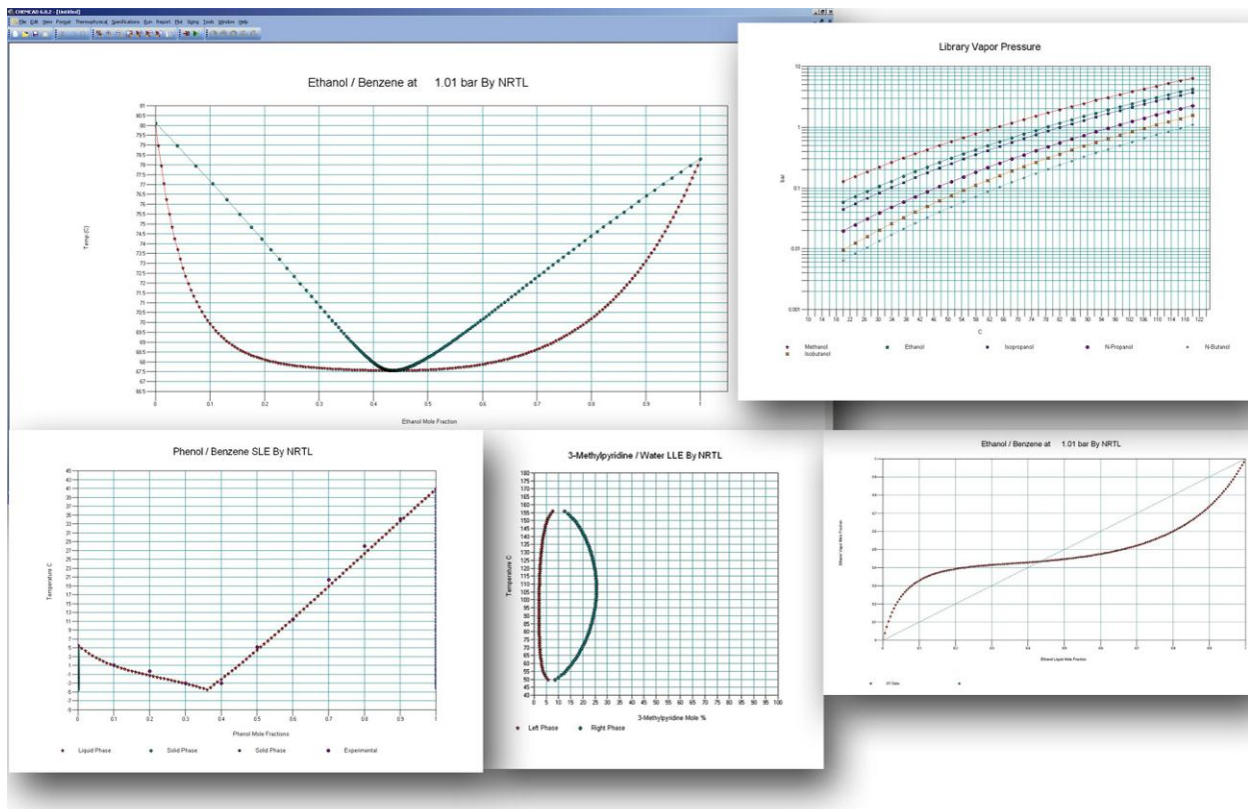


Рисунок 30. CC-FLASH

Функционал CC-FLASH (рисунок 30) полностью включен в CC-STEADY STATE. В качестве отдельного модуля служит для расчета и моделирования фазовых равновесий пар-жидкость (VLE), жидкость-жидкость (LLE), твердое вещество-жидкость (SLE) многокомпонентных смесей (до 200 компонентов) и других и их физических свойств, а также смешения и разделения потоков.

Пакет оптимизации внутрипромысловой инфраструктуры Upstream Optimization Suite (UOS)

UOS – это пакет для оптимизации внутрипромысловой инфраструктуры от компании SIMSCI. Представляет собой набор интегрированного высококачественного инструментария, обеспечивающего процесс принятия решений на участке «пласт-сеть сбора» и включает в себя три приложения: PIPEPHASE, TACITE, NETOPT.

PIPEPHASE

PIPEPHASE – это программа моделирования стационарных режимов течения многофазных потоков в магистральных трубопроводах и системах транспортировки нефти и газа, использующая строгую модель первого порядка. Она представляет собой эффективный инструмент проектирования и разработки месторождений, сочетающий в себе современные аналитические методы и известные технологии разработки месторождений.

Программа позволяет проектировать новые системы и осуществлять мониторинг действующих систем, решать и предотвращать проблемы при транспортировании одно- и многофазных потоков. PIPEPHASE соединяет в себе испытанную технологию моделирования трубопроводных сетей с крупными и авторитетными банками данных физических свойств потоков. Программа строго моделирует трубопроводные системы сложной топологии.

PIPEPHASE используется проектными институтами, технологами на промыслах и инженерами по планированию освоения месторождений. Комбинация строгого описания и анализа потоков жидкостей с механизмом расчета и предсказания термодинамических характеристик позволяет использовать PIPEPHASE при разработке и эксплуатации нефтяных месторождений, а также при перекачке нефти и газа.

PIPEPHASE можно использовать как для анализа зависимости ключевых параметров одной скважины (рисунок 31), так и для долгосрочного планирования разработки всего месторождения (рисунок 32). Из-за наличия мощной базы данных физических свойств и благодаря дружественному Windows-интерфейсу пользователя программу PIPEPHASE используют многие ведущие мировые нефтяные и газодобывающие компании.

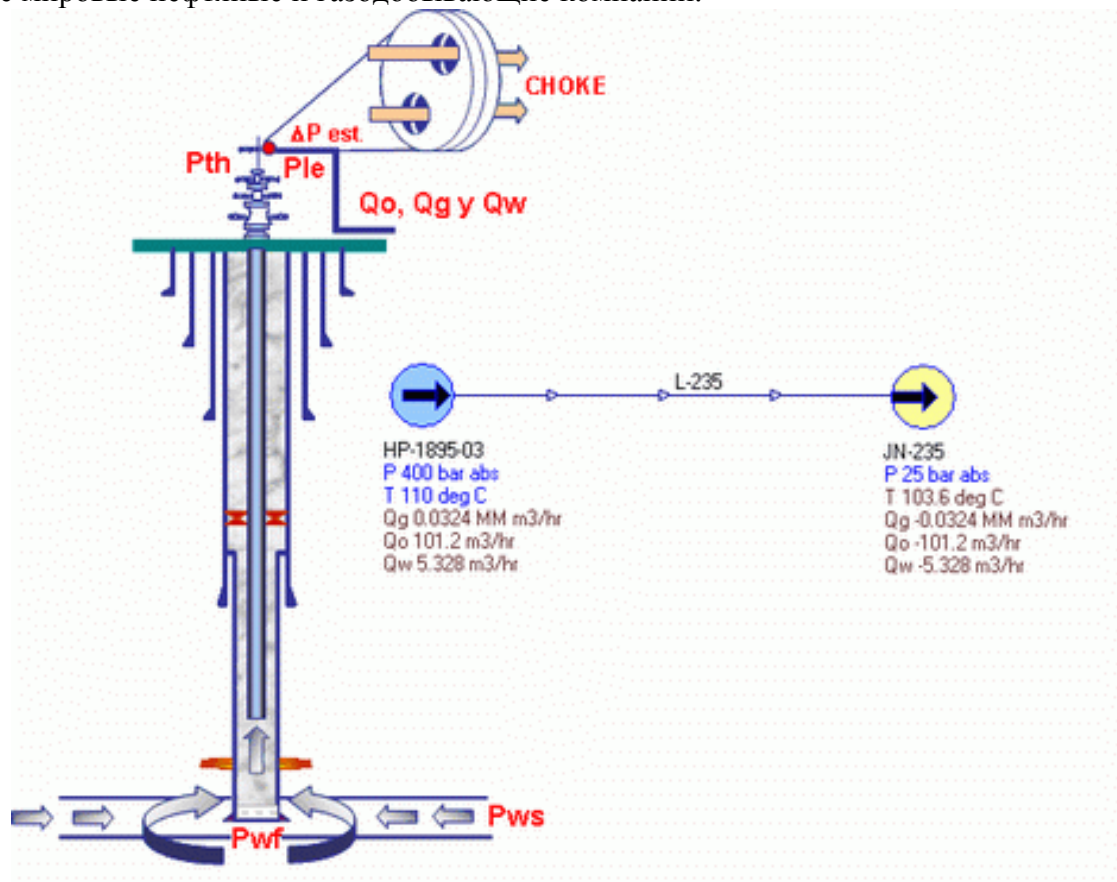


Рисунок 31. Схема типовой нефтяной скважины и ее модель, построенная в системе PipePhase

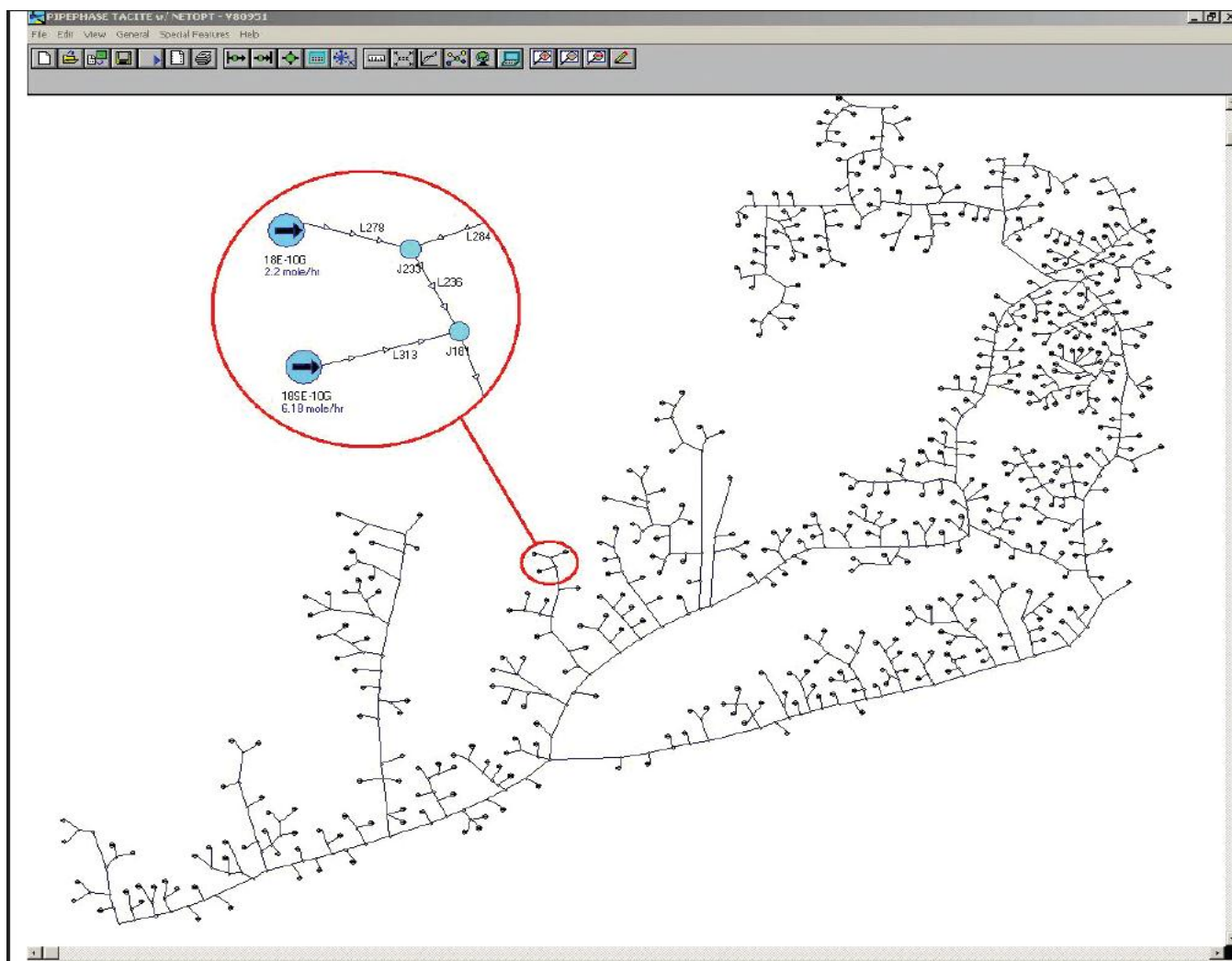


Рисунок 32. Модель крупной сети скважин нефтегазодобывающего предприятия, созданная с помощью программы PipePhase (каждая точка представляет собой отдельный объект)

PIPEPHASE работает со всеми типами жидкостей, присутствующих в нефтедобыче, включая, как однофазную жидкость или «черную нефть», так и сложные многокомпонентные смеси. Программу можно использовать и для моделирования однокомпонентного пара или сетей закачки CO_2 .

Областями и задачами применения программы являются:

- сети сбора и транспортировки нефти и газа;
- моделирование магистральных газопроводов;
- узловой (нодальный анализ) скважин;
- расчет трубопроводов;
- разработка программ освоения месторождений и анализ эффективности работы технических средств;
- системы закачки пара в скважины;
- CO_2 трубопроводы;
- анализ газлифтных систем;
- анализ теплопередачи в сырой нефти (тяжелой нефти);
- прогнозирование образования гидратов.

Анализ движения многофазной жидкости в трубопроводе. PIPEPHASE предоставляет набор эмпирических и механистических методов анализа явлений, возникающих при движении многофазной жидкости по трубам (рисунок 33). Программа также содержит развитую библиотеку жидкостных моделей, строгие методы расчета энергетического баланса, подробное описание процессов теплопередачи, что позволяет говорить о программе как о гибком инструменте моделирования и расчета различных явлений, возникающих в трубопроводах, перекачивающих как многофазные, так и однофазные жидкости.

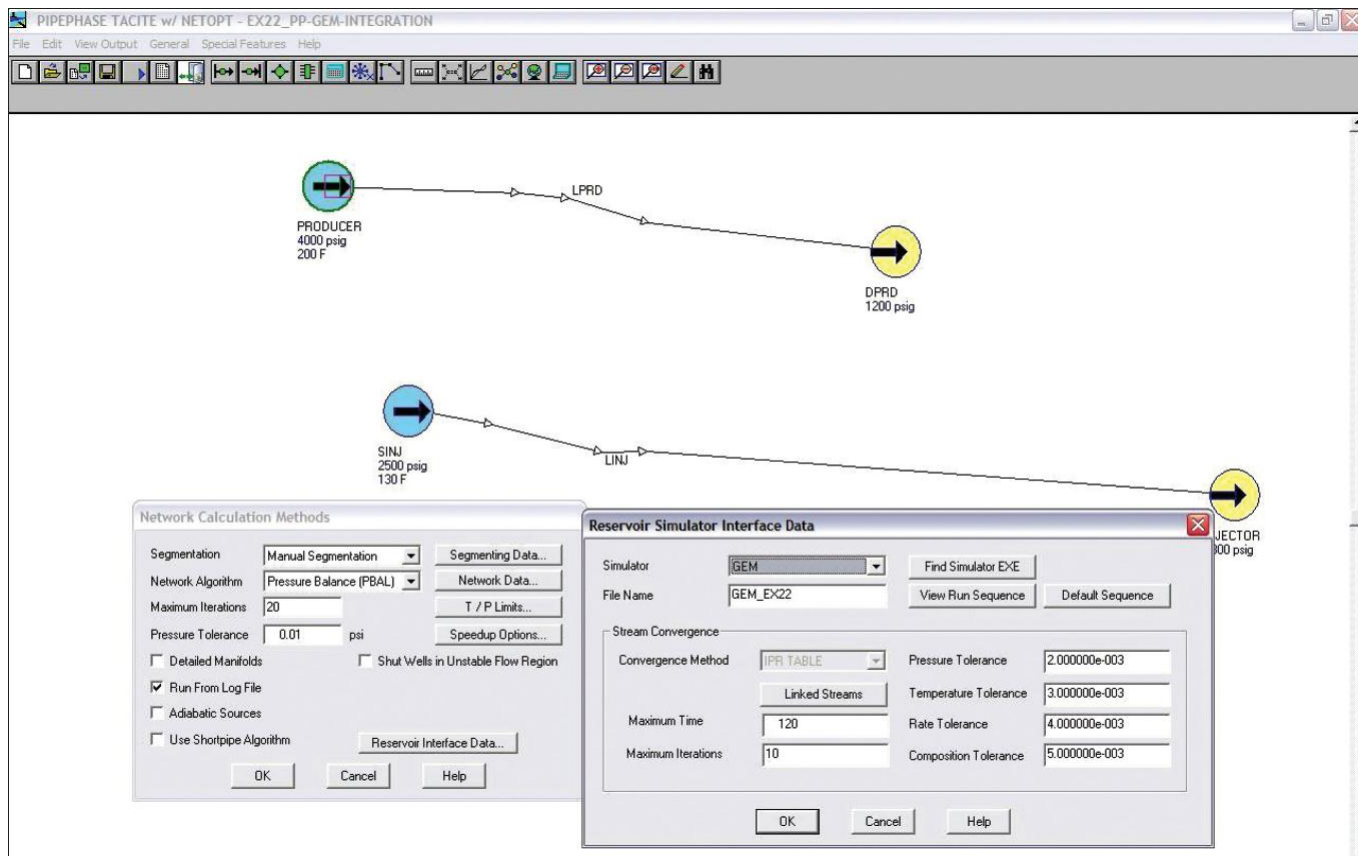


Рисунок 33. Анализ движения многофазной жидкости в трубопроводе

Обвязка продуктовых и нагнетательных скважин. Программа PIPEPHASE представляет собой инструмент для проектирования новых и оптимизации действующих систем нагнетательных и продуктовых скважин. Модели производительности пласта и гидравлики забоев позволяют строго моделировать переход от пласта к скважине. Совместные строгие расчеты теплопередачи и перепада давления проводятся для всех типов текучих сред: газ, жидкость, многофазные потоки (газоконденсат, нефть, пар), причем потоки могут быть заданы как по составу, так и по брутто-свойствам. Газлифтные операции могут быть автоматически оптимизированы для получения максимальной производительности.

Разветвленные сети и коллекторы. PIPEPHASE позволяет создавать полные модели трубопроводных сетей, включающие в себя каждую конкретную единицу оборудования и каждый участок трубопровода. Усовершенствованные алгоритмы дают возможность получать точные и эффективные решения для сетей любой конфигурации, включая разветвленные и многоконтурные сети. Это позволяет пользователю задавать т.н. «смешанные граничные условия», используя значения давления и/или расходов потоков на входе и выходе сети, известные при задании исходных данных. Модель сети в программе PIPEPHASE может содержать до 35000 элементов.

Моделирование всей сети месторождения. Приложение позволяет пользователю моделировать большие сети, состоящие из многих скважин, трубопроводов сбора и связанного с ними оборудования. Подробные модели ствола скважины и развитая IPR (IPR – зависимость производительности скважины от величины забойного давления) библиотека, а также полный набор моделей оборудования на поверхности позволяют пользователю конфигурировать и моделировать системы сбора (или закачки) для всего месторождения, от поверхности забоя до сепараторов.

Транспортные сети. Программа PIPEPHASE легко рассчитывает оптимальные схемы размещения компрессоров и распределяет мощности насосов (с помощью NETOPT). Выполняются детальные расчеты теплопереноса, включая анализ состояния теплоизоляции и ее оптимизацию (с помощью TACITE). Программа строго моделирует все режимы течения, предсказывает условия возникновения пробок, строго моделирует реверсивную конденсацию в системах газ/конденсат и транспортировку CO₂ под высоким давлением.

Расчет пропускной способности трубопроводов. PIPEPHASE позволяет анализировать пропускную способность трубопроводов и продуктивность скважин при помощи автоматического расчета диаметров и возможности исследования неограниченного числа вариантов в рамках одной задачи.

Промысловое планирование. Наличие возможности моделирования процесса с дискретизацией по времени превращает PIPEPHASE в гибкий инструмент промыслового планирования. Истощение продуктового пласта моделируется кривыми падения добычи; в то же время можно задать во времени изменение рабочих характеристик оборудования, чтобы промоделировать результат реализации выбранной реальной стратегии разработки месторождения. Однажды создав полную модель всей сети месторождения, пользователь получает инструмент планирования, позволяющий разрабатывать сценарии развития месторождения с учетом явления истощения пластового резервуара. Такая полная модель дает возможность оценить будущее всего месторождения и определить эффективность инвестиций в его развитие.

Выгоды от применения PIPEPHASE следующие:

- увеличение производительности месторождения;
- повышение дебета скважин и эффективности работы трубопроводов сетей сбора;
- повышение качества проектирования трубопроводов и другого оборудования;
- интегрированный процесс разработки и освоения месторождений;
- сокращение производственных затрат;
- сокращение капитальных затрат;
- повышение производительности труда разработчиков и инженеров.

Программа PIPEPHASE может работать как на ПК с ОС Windows, так и на UNIX рабочих станциях. Программа совместима с популярными приложениями Microsoft, такими как Excel, Access и т.п.

TASCITE

Программа TASCITE была разработана Французским Институтом Нефти (IFP) в сотрудничестве с компанией SIMSCI и является инструментом для моделирования переходных процессов многокомпонентных многофазных потоков при проектировании нефте- и газопроводов, добывающих скважин, а также для управления их работой. С помощью TASCITE можно точно предсказывать распространение жидкостных пробок, которые возникают при переходных состояниях движения многофазного потока в трубопроводах в связи с изменением расхода, разгерметизацией, при останове и запуске трубопровода или из-за особенностей рельефа местности при движении смеси по трубопроводу. С помощью методики отслеживания состава многокомпонентных смесей программа позволяет предсказывать накопление тяжелых фракций в нижних точках профиля трубопровода.

Возможность прогнозировать характеристики течения при переходных условиях движения смеси делает TASCITE уникальным средством для инженеров по проектированию/эксплуатации систем трубопроводного транспорта, который позволяет разрабатывать экономически эффективные проекты трубопроводов и готовить инструкции по их безопасной эксплуатации.

TASCITE тесно интегрирована с программой моделирования стационарных состояний многофазных систем транспортировки нефти и газа PIPEPHASE – обе программы работают под общим графическим интерфейсом пользователя (рисунок 34). Это дает пользователям возможность выбирать конкретный раздел модели устойчивого состояния трубопроводной сети в качестве исходного состояния для последующего расчета переходных процессов.

Программа успешно применяется при разведке и эксплуатации нефтегазовых месторождений, транспортировке природного газа и нефти, а также при проектировании и строительстве.

Областями и задачами применения программы являются:

- проектирование промышленных трубопроводных сетей;
- решение проблем интенсивного образования пробок в вертикальных секциях трубопроводов;
- решение проблем образования пробок в трубопроводе из-за особенностей рельефа местности;

- остановка и пуск скважин и трубопроводов;
- анализ поведения системы при запуске скребков;
- размещение объектов производства;
- перекачка многофазных сред насосами;
- проектирование теплоизоляции трубопроводов;
- прогнозирование образования гидратов;
- расчет различных сценариев поведения системы.

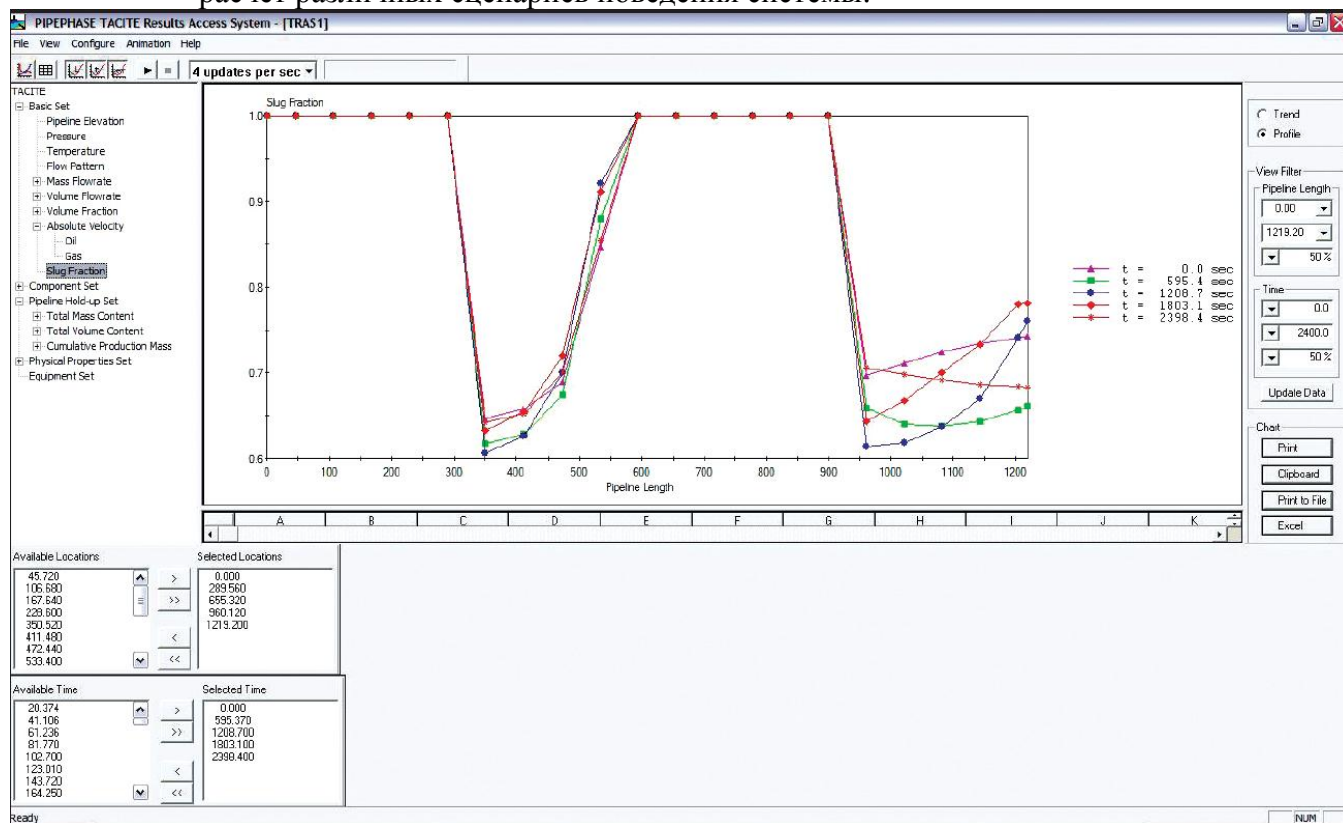


Рисунок 34. TACITE

Гидродинамическая модель. Для каждого компонента многофазной системы пакет TACITE точно решает уравнения материального баланса, а также уравнения сохранения количества движения и энергии. Полнота системы гидродинамических уравнений достигается с помощью модели механического перемещения, зависящей от характеристики потока, которая была тщательно проверена на основе реальных и экспериментальных данных. При таком подходе на всем протяжении трубопровода отслеживаются изменения в составе системы и ее фазовое поведение вследствие изменения начальных условий и уровня жидкости на входе нестабильного потока.

Термодинамические свойства многофазной системы. Для обеспечения точного покомпонентного расчета многофазной системы пакет TACITE интегрирован с пакетом термодинамических расчетов испарения, который вычисляет точку равновесия трехфазной среды «газ-нефть-вода» и соответствующие свойства компонентов системы. Программа TACITE может проводить интерполяцию параметров на основе таблицы свойств компонентов системы, созданной самой программой, либо с помощью программ других производителей. Кроме того, программа поддерживает традиционный эмпирический метод прогнозирования этих свойств.

Обобщение компонентов. Для оптимизации эффективности вычислительного процесса пакет TACITE предоставляет возможность обобщить полный компонентный состав, сводя его к сокращенному набору псевдо-компонентов и сохраняя при этом высокий уровень точности при расчете равновесия фаз и прогнозировании свойств компонентов многофазной системы. Кроме того, компоненты системы можно объединять в заранее определенные группы.

Модель процесса чистки скребками. Модель процесса чистки скребками пакета TACITE учитывает такие эффекты как трение о стенки трубопровода и утечки, а также вес скребка. Кроме размеров и характеристик жидкой фазы, находящейся впереди скребка, модель прогнозирует из-

менение профиля давления при нахождении скребка в трубе, а также параметры при переходе и дальнейшей работе трубопровода на устойчивом режиме.

Интенсивное образование пробок. Интенсивное образование пробок – это периодическое явление, которое обычно происходит в стояках трубопроводов из-за возникновения временной закупорки потока. Жидкость в трубе накапливается у низа трубы до тех пор, пока доступ в восходящий участок трубы не будет полностью перекрыт. Затем происходит рост давления, за счет которого в конечном счете продавливается растущая жидкостная пробка через стояк на оборудование подготовки нефти. Пакет TASCITE точно моделирует различные этапы этого циклического процесса, включая эффект противотока (обратное стекание жидкости в стояке) во время образования пробки.

Обширная библиотека. При работе с программой PIPEPHASE нет необходимости вводить физические свойства потоков или термодинамические данные. В PIPEPHASE встроена обширная библиотека физических свойств и корреляций. Программа также предлагает самые современные методы расчета перепада давлений и доли жидкой фазы для большинства реальных производственных ситуаций. Набор моделей оборудования в PIPEPHASE весьма обширен: насосы, кольца тьюбингов, печи-подогреватели, вертикальные и горизонтальные трубы, дроссели, клапаны, задвижки, компрессоры и пр.

Выгоды от применения программы следующие:

- проектирование более совершенных трубопроводных систем;
- сокращение капитальных затрат на трубопроводные объекты;
- гарантированное улучшенное описание поведения системы;
- повышение производительности скважин.

NETOPT

NETOPT – это инструмент оптимизации, основанный на использовании алгоритмов последовательного квадратичного программирования (SQP) и предназначенный для работы совместно с программой PIPEPHASE – программой детального моделирования трубопроводных сетей транспортировки многофазных потоков жидкостей. NETOPT также имеет интерфейс связи с программами моделирования резервуаров, что позволяет проводить полное моделирование всего процесса добычи. Кроме того, для решения задач планирования NETOPT может быть интегрирована с программой ECLIPSE фирмы Schlumberger. Соответствующие интерфейсы могут быть также предоставлены для связи с другими коммерческими и корпоративными системами моделирования пластов.

NETOPT обладает достаточными ресурсами и гибкостью, что позволяет вырабатывать стратегии оптимизации широкого спектра производственных процессов добычи нефти и газа (рисунки 35). Типичным примером оптимизационной задачи для нефтедобычи является максимизация объемов добычи со всего месторождения или минимизация капитальных затрат в течение всего цикла разработки и эксплуатации месторождения.

NETOPT полностью интегрируется в интерфейс программы PIPEPHASE, что позволяет дополнить функции моделирования программы PIPEPHASE полноценным механизмом оптимизации.

Программа с успехом применяется при выполнении операций по добыче нефти, разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, при перекачке природного газа и нефти по трубопроводам.

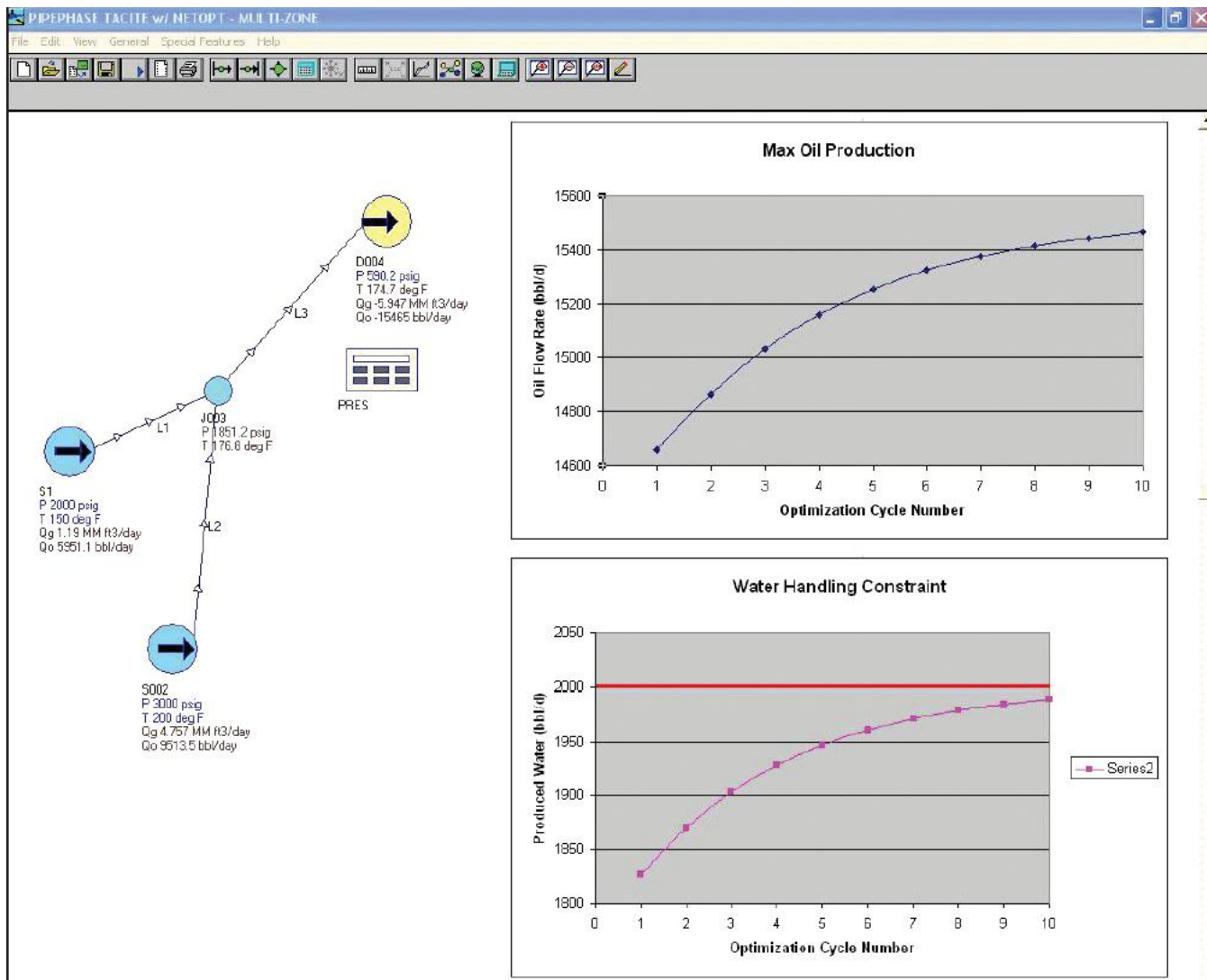


Рисунок 35. Оптимизация добычи нефти в NETOPT

Областями и задачами применения программы являются:

- проектирование наземных объектов сетей сбора на месторождениях;
- интеграция с симуляторами резервуаров для комплексного моделирования всего процесса добычи;
- верификация реальных данных с месторождений;
- размещение газлифтных установок на месторождении;
- оптимизация инжекторных сетей пара и CO₂ для увеличения отдачи пластов;
- проектирование компрессоров/насосов и сетей сбора;
- исследование внутрипромысловых планов развития.

Подстройка модели по реальным данным. NETOPT производит подстройку параметров модели, таких, как коэффициент шероховатости трубы, коэффициент теплопередачи и пропускная способность, по реальным данным для каждого сегмента сети сбора.

Распределение объемов закачки газа по газлифтным скважинам. Эта задача возникает, когда газа недостаточно, чтобы каждая скважина работала при оптимальной производительности при помощи газлифта. Оптимальный расход нагнетаемого газа для отдельной скважины определяется точкой, в которой увеличение производительности вследствие дальнейшего увеличения расхода газа нивелируется потерями от трения ввиду увеличения суммарного расхода в скважине. В сетях сбора оптимальная точка зависит от входного давления в общей линии, которое, в свою очередь, зависит от производительности взаимосвязанных скважин. В таком случае необходимо решить задачу разумного распределения доступного ограниченного количества газа по нагнетательным скважинам, чтобы максимизировать суммарную нефтеотдачу месторождения.

Оптимизация размещения компрессоров. Добавление компрессорных установок в стратегических местах газового месторождения может существенно улучшить производительность

всего месторождения. NETOPT можно использовать для определения оптимальных размеров и мест установки компрессоров, ограничениями при этом могут быть: величины потребления топлива, величина капитальных затрат, требования рынка, деградация месторождения в течение жизненного цикла.

Полномасштабное моделирование резервуаров месторождения. Традиционные инструменты моделирования резервуаров учитывают влияние поверхностной трубопроводной сети путем использования таблиц истечения, описывающих гидродинамическое забойное давление в скважине, как функцию от дебита скважины. Такая аппроксимация не может использоваться, когда существует значительная гидравлическая взаимозависимость между скважинами на поверхности. Полномасштабная модель резервуаров всего месторождения получается путем сочетания моделей резервуара и сети сбора на поверхности, т.е. когда происходит обращение из модели резервуара к модели сети сбора в каждый цикл моделирования.

Планирование добычи. В NETOPT имеются специальные возможности, включая поддержку характеристик истощения месторождения с течением времени и возможность интеграции с системами моделирования пласта, которые позволяют использовать программу в качестве инструмента планирования отдачи пласта или месторождения в целом на основе экономической оценки различных вариантов их разработки.

Транспортные задачи. Оптимизационные задачи, связанные с трубопроводными системами, включают принятие таких решений, как выбор рабочих характеристик компрессоров и насосов, планирование транспорта продукта в периоды уменьшения нагрузки с целью минимизации эксплуатационных затрат на перекачку. Для задач проектирования NETOPT может быть использована для выбора или поиска необходимого баланса между альтернативными вариантами, такими как установка дополнительных тепловых мощностей или усиление изоляции для линий перекачки вязких потоков, путем включения как капитальных, так и эксплуатационных затрат в целевую функцию.

Достоинства от применения программы следующие:

- максимизация объемов добычи;
- минимизация капитальных затрат на разработку и эксплуатацию месторождений;
- минимизация ежедневных операционных затрат;
- эффективный инструмент настройки других моделей;
- интегрированное моделирование продуктивных пластов и операций на поверхности.

Пакет инженерно-технического проектирования Process Engineering Suite (PES)

Process Engineering Suite (PES) применяется для инженерно-технического проектирования, проведения операционного анализа (расчетных исследований) и моделирования технологических установок при добыче нефти и газа, переработке нефти, в нефтехимическом и химическом производстве. Этот интегрированный пакет программного обеспечения легко взаимодействует с другими приложениями, которые используются в работе инженеров-технологов, повышая тем самым производительность предприятия за весь период его жизненного цикла.

Пакет содержит полный набор средств проектирования производственных и технологических процессов, а также инструментов оптимизации, которые включают в себя следующие программы: DATACON – программа согласования данных технологических установок и обнаружения грубых ошибок, PRO/II – универсальный пакет для моделирования и оптимизации технологических процессов, HEXTRAN – программа моделирования и оптимизации систем теплообмена и Пинч-анализа, INPLANT – программа моделирования потоков многофазных жидкостей в технологических трубопроводах, VISUAL FLOW – программа для проектирования и моделирования факельных систем и систем аварийного сброса. PRO/II является основой данного комплекса программ.

Используя PES, инженеры меньше времени тратят на моделирование, что позволяет больше времени тратить на обдумывание решений по улучшению процессов. PES применяется в добыче нефти и газа, нефтепереработке, газопереработке, нефтехимии, фармацевтике, проектировании и инжиниринге.

В добыче нефти и газа PES используется для моделирования многоступенчатой сепарации, компрессорных комплексов, других технологических устройств на поверхности, операций на морских платформах. SimSci-Esscor PES является стандартом добывающих компаний Ближнего Востока, шельфа Северного моря и Мексиканского залива.

В газопереработке PES моделирует всю цепочку от устья скважины до криогенных заводов, как то аминовая очистка, каскадное охлаждение, эспандеры, дегидрирование газа, рефрижераторные установки и оптимизация турбоэспандерных установок.

В нефтепереработке технологии, используемые в PES, рассматриваются как промышленный стандарт моделирования НПЗ. Моделируется предварительный нагрев сырой нефти, АТ и АВТ, каталитический крекинг в псевдосжиженном слое, гидрокрекинг, установка производства кокса, гидросульфирование и установки отпарки кислых стоков.

В нефтехимии PES моделирует нефтехимические процессы, начиная от производства этилена и ароматики и заканчивая производством полимеров. Ведущие фирмы лицензиары - разработчики процессов получают ощутимое преимущество от использования технологий SimSci-Esscor для построения моделей своих процессов.

PRO/II

Это программный продукт, позволяющий инженерам-технологам воспользоваться всеми преимуществами электронно-вычислительных средств, предназначенных для выполнения точных расчетов массового и энергетического баланса с целью моделирования широкого диапазона установившихся процессов химического обогащения, переработки нефти (рисунок 36, рисунок 37), природного газа и твердых остатков.

Данный пакет позволяет сэкономить капитальные затраты и повысить производительность установок за счет возможности оценивания конструкции установки на фазе проектирования, модернизации существующих установок и оптимизации выхода готового продукта.

PRO/II выполняет строгие расчеты материальных и тепловых балансов для широкого диапазона технологических процессов: от первичной сепарации нефти и газа до реакционно-ректификационных процессов. Простая в использовании, программа PRO/II позволяет эффективно решать задачи моделирования. Графический интерфейс пользователя PROVISION на основе Windows, является полностью интерактивной, удобной в использовании оболочкой для построения и корректировки как простых, так и самых сложных моделей PRO/II. Процесс построения технологических схем очень прост, используется технология drag-and-drop для определения потоков и описания технологических блоков.

PROVISION поддерживает такие встроенные стандарты Microsoft, как OLE Automation, которые позволяют быстро передавать графические и иные данные в другие приложения Windows. Пользователь может достаточно просто сформировать удобную для себя среду моделирования, выбирая единицы измерения, термодинамику, типы иконок и т.д. Кроме того, пользователь может выбрать интерактивный или периодический контроль хода вычислений и быстро просматривать их результаты в виде отчетов, графиков и таблиц.

PROVISION использует новаторский подход к взаимодействию с пользователем: интерактивный ввод данных в поля с цветовой кодировкой и система оценивания достаточности введенной информации управляют процессами создания модели пользователем и выполнения моделирования. Результат – легко изучаемый и легкий в использовании интерфейс с расширенной визуальной навигацией по функциям программы.

PRO/II имеет ряд опциональных дополнительных модулей, расширяющих ее функциональность.

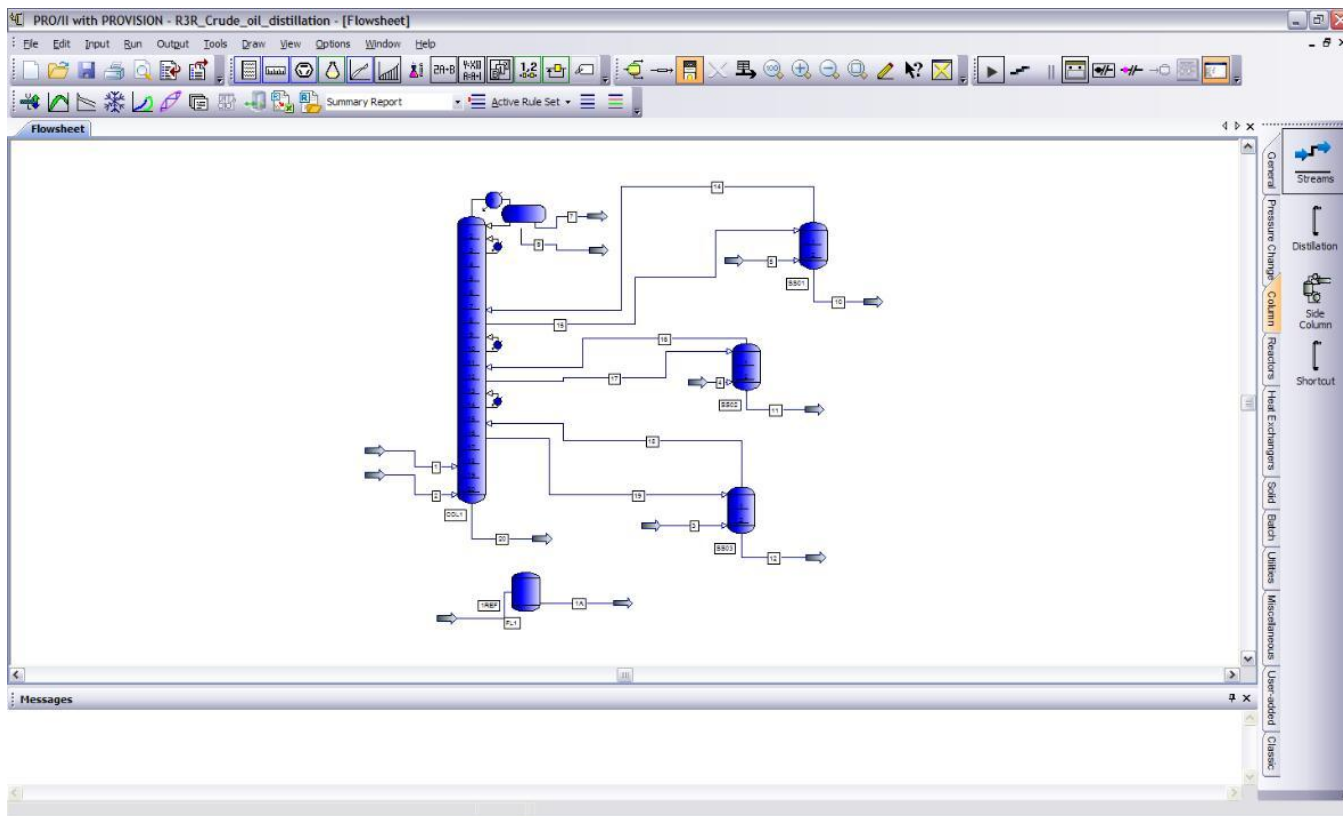


Рисунок 36. Перегонка сырой нефти в ректификационной колонне

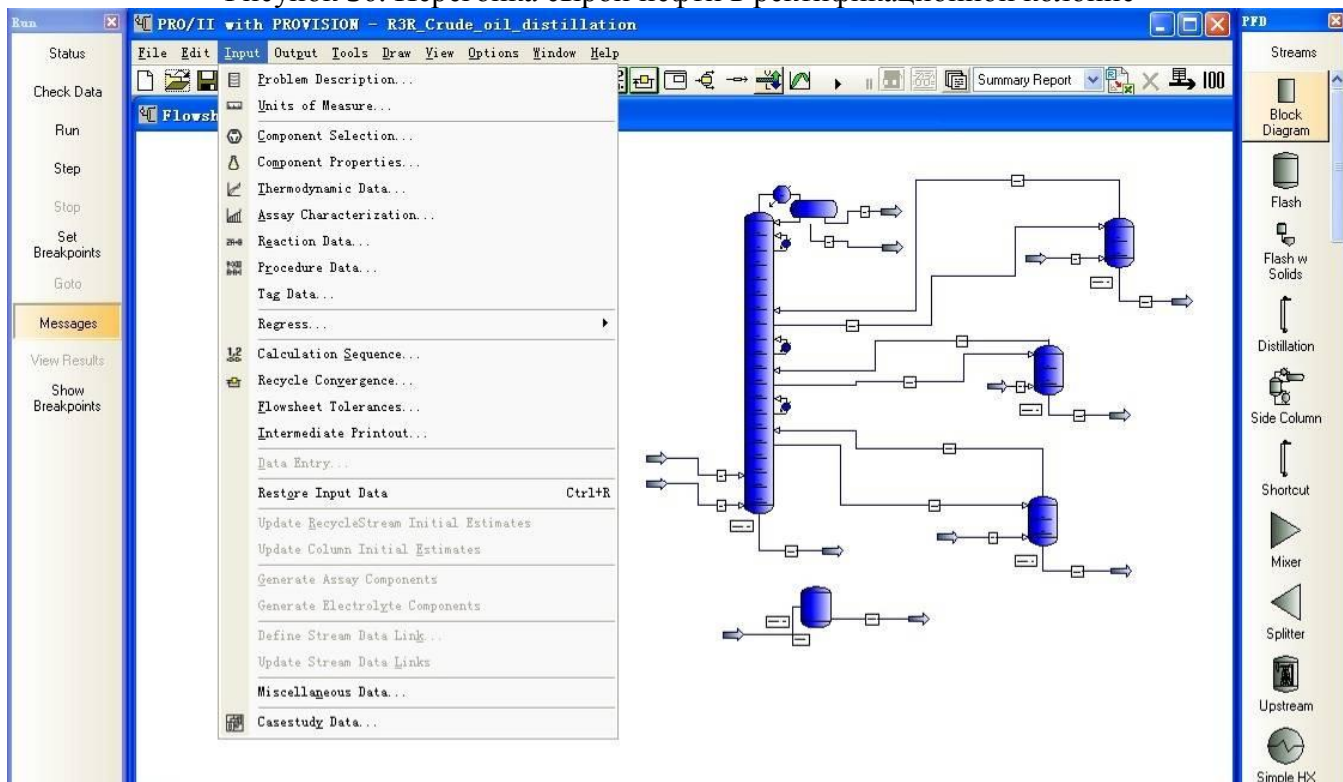


Рисунок 37. Разделение нефти (прямогонного бензина)

Программа имеет следующие интерфейсы:

HTFS – Интерфейс PRO/II-HTFS автоматизирует поиск данных для потоков в базе данных PRO/II и создает на их основе input-файл для HTFS.

HTRI – Интерфейс PRO/II-HTRI создает возможность полной интеграции программы проектирования и расчета кожухотрубных теплообменников HTRI XIST. Графический интерфейс пользователя (GUI) программы HTRI полностью доступен из среды PRO/II; при этом осуществляется полная связь по потокам из/в PRO/II.

Linnhoff-March – материальные и энергетический балансы из PRO/II могут быть переданы в модуль Column пакета программ SuperTarget для анализа энергетической эффективности процесса разделения. Полученные улучшения затем могут быть оценены в последующих прогонах модели в программе PRO/II.

Дополнительные специальные модули:

Batch (циклические процессы) – расчет реактора с мешалкой периодического действия и расчет процесса периодической ректификации можно запустить отдельно или как часть технологической схемы PRO/II.

Electrolytes (электролиты) – этот модуль осуществляет интеграцию с термодинамическими алгоритмами расчета электролитов фирмы OLI Systems, Inc. Пакет Electrolytes Utility Package, являющийся частью этого модуля, еще более расширяет возможности модуля, позволяя пользователю генерировать собственные термодинамические модели электролитов, создавать собственные банки данных и работать с ними.

Polymers (полимеры) – позволяет моделировать промышленные процессы с участием полимеров – от очистки мономеров и реакций полимеризации до разделения и обработки. Этот специфический модуль PRO/II дает возможность описать любой компонент полимера как набор фракций с некоторым средним молекулярным весом, что позволяет провести точное моделирование смешения и разделения полимеров.

Profimatics – модели реакторов фирмы KBC (REFSIM, HTRSIM, FCCSIM) включены в программу PRO/II как технологические аппараты. Следует отметить, что компоненты и данные термофизических свойств, включая сходимость рециклов, автоматически обновляются при расчете.

AMSIM – для строгого моделирования процессов очистки кислых газов аминами в растворах в PRO/II полностью интегрирован пакет AMSIM фирмы DB Robinson. Непосредственно из среды моделирования PRO/II пользователь попадает в графический интерфейс программы AMSIM.

Областями применения программы являются:

- проектирование новых процессов;
- сравнение альтернативных конфигураций установок;
- модернизация и реконструкция;
- оценка соответствия технологий требованиям экологии;
- расшивка узких мест и решение проблем эксплуатации;
- оптимизация и увеличение выходов продуктов и прибыльности предприятия.

Программа используется в широком диапазоне процессов: от определения характеристик сырья, расчетов блоков предварительного подогрева до сложных реакционных и разделительных процессов. Банк данных программы содержит сведения о более 1800 компонентах, свойства твердых веществ, банк данных электролитов, свойства более 3000 бинарных смесей, специальные пакеты (спирты, гликоли, кислые стоки), меркаптаны и пр. Предусмотрена возможность расчета свойств по структуре компонентов (можно сконструировать вещество из стандартных блоков и предсказать его основные свойства).

Поддерживается создание и внедрение в программу дополнительных или пользовательских баз данных по компонентам. Имеется возможность создания собственных программных модулей (используя встроенный язык программирования аналог FORTRAN).

Примерами процессов, моделируемых PRO/II в контексте изучаемого предмета является:

- в нефтепереработке:
 - атмосферная колонна первичной перегонки нефти;
 - блок подогрева нефти;
 - колонна разделения установки коксования;
 - основная колонна каталитического крекинга;
 - установка газоразделения;
 - стабилизация легких фракций;
 - установка вторичной перегонки бензина;
 - реакторные узлы;

- очистка кислых стоков;
- алкилирование в присутствии H_2SO_4 (серная) и HF (плавиковая кислота);
- вакуумные колонны;
- отгонка изобутана;
- в газопереработке:
 - аминовая очистка;
 - установки каскадного охлаждения;
 - компрессорные станции;
 - деэтанизаторы и деметанизаторы;
 - установка детандирования;
 - обезвоживание (дегидрация) газа;
 - ингибирование гидратообразования;
 - многоступенчатая сепарация;
 - эксплуатация морских платформ;
 - циклы охлаждения;
 - оптимизация установки турбодетандирования;
- в нефтехимии:
 - разделение ароматических углеводородов;
 - ректификационная колонна установки получения этилена;
 - пропиленотгонная колонна;
 - разделение фракции C_3 ;
 - производство циклогексана;
 - этиленовая установка;
 - получение МТБЭ (метил-трет-бутиловый эфир);
 - выделение ароматических веществ нафталинового ряда;
 - производство олефинов;
 - хлорирование пропилена.

Имеется возможность проведения гидравлических расчетов сепарационного оборудования, теплообменного оборудования, реакторов, насадочных и тарельчатых ректификационных колонн, трубопроводов.

Программа позволяет рассчитывать следующие рабочие элементы и состоящие из них технологические схемы: сепаратор, строгая ректификационная колонна (моделирование колонн любой сложности и конфигурации, экстракционная колонна жидкость – жидкость, боковая колонна, делитель потока, смеситель, простой теплообменник, строгий теплообменник, аппарат воздушного охлаждения, многопоточный теплообменник (LNG, сжиженного природного газа), компрессор, турбина, насос, трубопровод, клапан (расчеты сброса давления), предохранительный клапан сосуда работающего под давлением, реактор с заданной степенью конверсии, равновесный реактор, реактор идеального вытеснения, реактор идеального смешения/постоянного объема, реактор Гиббса, реактор полимеризации, циклон, кристаллизатор и др.

В состав программы входят следующие средства оптимизации: контроллер с обратной связью, контроллер с поддержкой многих переменных, оптимизатор технологической схемы (минимизирует или максимизирует выбранные пользователем показатели, варьируя управляемыми переменными), калькулятор потока, средства вывода фазовых кривых и кривых нагревания/охлаждения, таблицы свойств потоков, товарных свойств нефтепродуктов и т.д.

DATACON

Программа производит обработку и согласование данных реального времени о работе установки, используя интерфейс PROVISION (рисунок 38). Согласование данных о температурах, расходах и компонентных составах производится статистическими методами с учетом схожести материальных и энергетических балансов заводских установок. Имеются прямые интерфейсы с PCY ведущих производителей, системами ведения истории процесса или централизованными базами данных.

DATACON также обнаруживает грубые ошибки измерений, точно определяет местонахождение ошибок, наличие или отсутствие избыточных измерений. Система DATACON предла-

гает несколько вариантов интерфейса с данными технологических установок и с данными лабораторных анализов. Среди этих вариантов – прямой интерфейс с такими архиваторами данных, как PI компании OSI, а также доступ к таким распределенным системам управления технологическими процессами, серверам баз данных и архивным серверам, которые поддерживают протоколы ODBC (ODBC (англ. *Open Database Connectivity*) – это программный интерфейс (API) доступа к базам данных) или @aGlance.

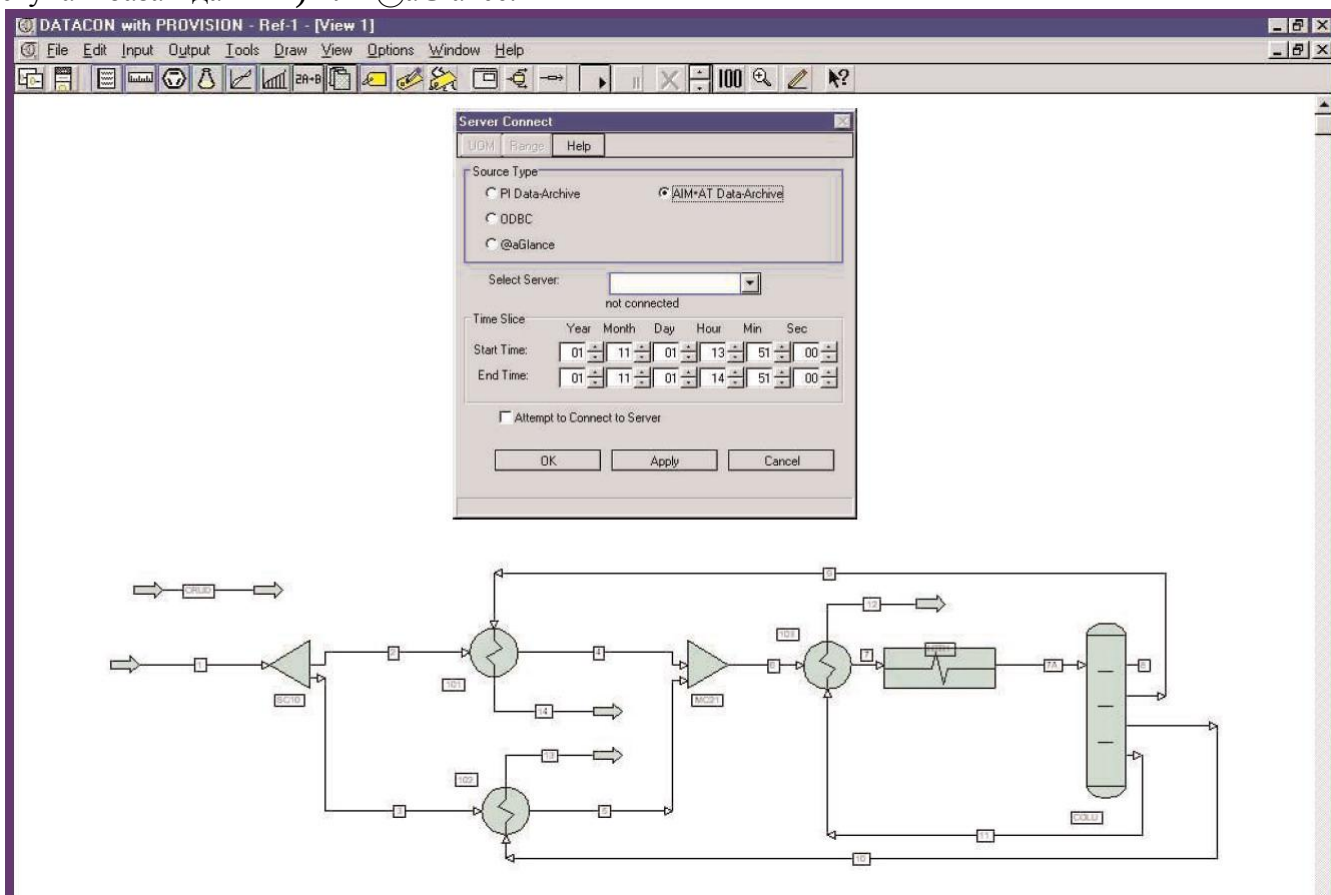


Рисунок 38. DATACON

Мониторинг процесса. DATACON реализует функции анализа заводских данных реального времени, отслеживания работы оборудования и обнаружения ошибок или сбоев измерительной техники. DATACON хорошо подходит для повышения надежности анализа, моделирования и масштабирования пилотных установок.

Анализ работы оборудования. DATACON – средство для контролирования работы оборудования. Активность катализатора, КПД компрессора, загрязнение теплообменника – типичные примеры возможностей DATACON в идентификации реальных показателей работы оборудования и их воздействия на производство в целом.

Эксплуатация КИП. DATACON дает пользователю возможность мониторинга КИП и определения приборов, нуждающихся в перекалибровке или ремонте. Оперативное определение и коррекция ошибок контрольно-измерительной аппаратуры в процессе работы минимизирует вероятность возникновения проблем эксплуатации и получения некачественных продуктов.

Управление и оптимизация процессов. Соединение строгого моделирования установок программой PRO/II и усовершенствованных алгоритмов оптимизации со средствами согласования данных DATACON дает надежную оптимизацию процесса (максимизацию прибыли). DATACON может автоматически собирать оперативные усредненные данные процессов и точно их согласовывать. PRO/II использует согласованные данные процессов и текущие экономические данные для оптимизации работы производства без нарушений границ безопасной работы оборудования. Пользователь определяет экономические цели (обычно максимальную прибыль процессов), и PRO/II с DATACON рассчитывают параметры технологического процесса, обеспечивающие требуемый экономический результат. Этот тип оптимизации может быть выполнен в опера-

тивном режиме (on-line) или автономно от установки (off-line), в режиме замкнутой или разомкнутой системы.

Проектирование систем автоматизации. Инженеры КИПиА могут использовать DATACON для проектирования безопасных, надежных и эффективных по стоимости систем автоматизации новых и модернизируемых предприятий. Анализ избыточности гарантирует хранение наиболее важных результатов заводских измерений и позволяет получать прибыль от установки дополнительных измерительных приборов.

Выходные результаты. Стандартные выходные результаты: согласованные значения замеренных расходов и температур, оценочные значения неизмеренных параметров, обнаруженные грубые ошибки, тепловые нагрузки теплообменников. Результаты могут быть зарегистрированы для последующего анализа и введены в прикладные программы или введены в PRO/II или HEXTRAN для оптимизационных вычислений.

HEXTRAN

HEXTRAN – программа строгого моделирования, дающая надежное и точное представление о процессах, происходящих в системах теплообмена при их эксплуатации и модернизации и позволяющая оценивать сложные конструкции теплообменников (рисунок 39, рисунок 40). HEXTRAN помогает решать проблемы, связанные с теплопереносом при проектировании новых и мониторинге существующих систем. Она позволяет определить необходимость чистки теплообменников во время внеплановых остановов и оптимизировать структуру сетей потоков с целью снижения операционных затрат. HEXTRAN имеет интерфейс с программами HTRI и HTFS.

Эта программа сочетает в себе испытанную технологию моделирования теплопередачи с наиболее крупными в промышленности базами данных физических свойств. Программа HEXTRAN позволяет моделировать наиболее сложные, интегрированные схемы. Она дает возможность проверить и проанализировать работу сетей теплообменников в целом или любого теплообменника в отдельности.

Оптимизация работы систем теплообменников. В режиме «исследование вариантов чистки теплообменников» точно рассчитываются оптимальные интервалы циклов чистки для каждого теплообменника с учетом стоимости очистки, потерь от снижения выпуска продукции и экономии энергии. При возникновении непредвиденной остановки пользователь будет точно знать, чистка каких теплообменников при данных рабочих условиях даст максимальную окупаемость. В режиме «оптимизация распределения потоков» HEXTRAN рассчитывает, какие соотношения потоков соответствуют минимальным энергозатратам в схемах с делением потоков.

Оптимизация проектирования сетей теплообменников. Применяемая в программе система Пинч-анализа позволяет проектировать сети теплообменников с максимальной эффективностью. Режим Targeting показывает, насколько работа сети близка к максимальной теоретически возможной рекуперации тепла, а режим Synthesis позволяет создать оптимальную конфигурацию сети на основе заданных критериев.

Подробные проектные и поверочные расчеты теплообменников. HEXTRAN имеет интерфейс с программами HTRI и HTFS для проведения проектных расчетов теплообменников. Это позволяет вводить исходные данные для этих программ в удобной форме и проводить моделирование в одном пакете.

Обширная библиотека. При работе с программой HEXTRAN нет необходимости вводить физические свойства компонентов потоков или термодинамические данные, так как в нее встроена полная библиотека свойств и корреляций. Также предлагаются самые современные методы расчета теплопередачи и перепада давлений, охватывающие большую часть реальных производственных ситуаций. Программа содержит обширный банк моделей оборудования, такого как кожухотрубные теплообменники, одно- и многопоточные теплообменники типа «труба в трубе», теплообменники с оребренными трубами, воздушные холодильники, пластинчатые теплообменники. Также возможен расчет трубопроводов, фитингов, клапанов, штуцеров, сепараторов, насосов, компрессоров, печей, обессоливателей и отстойников.

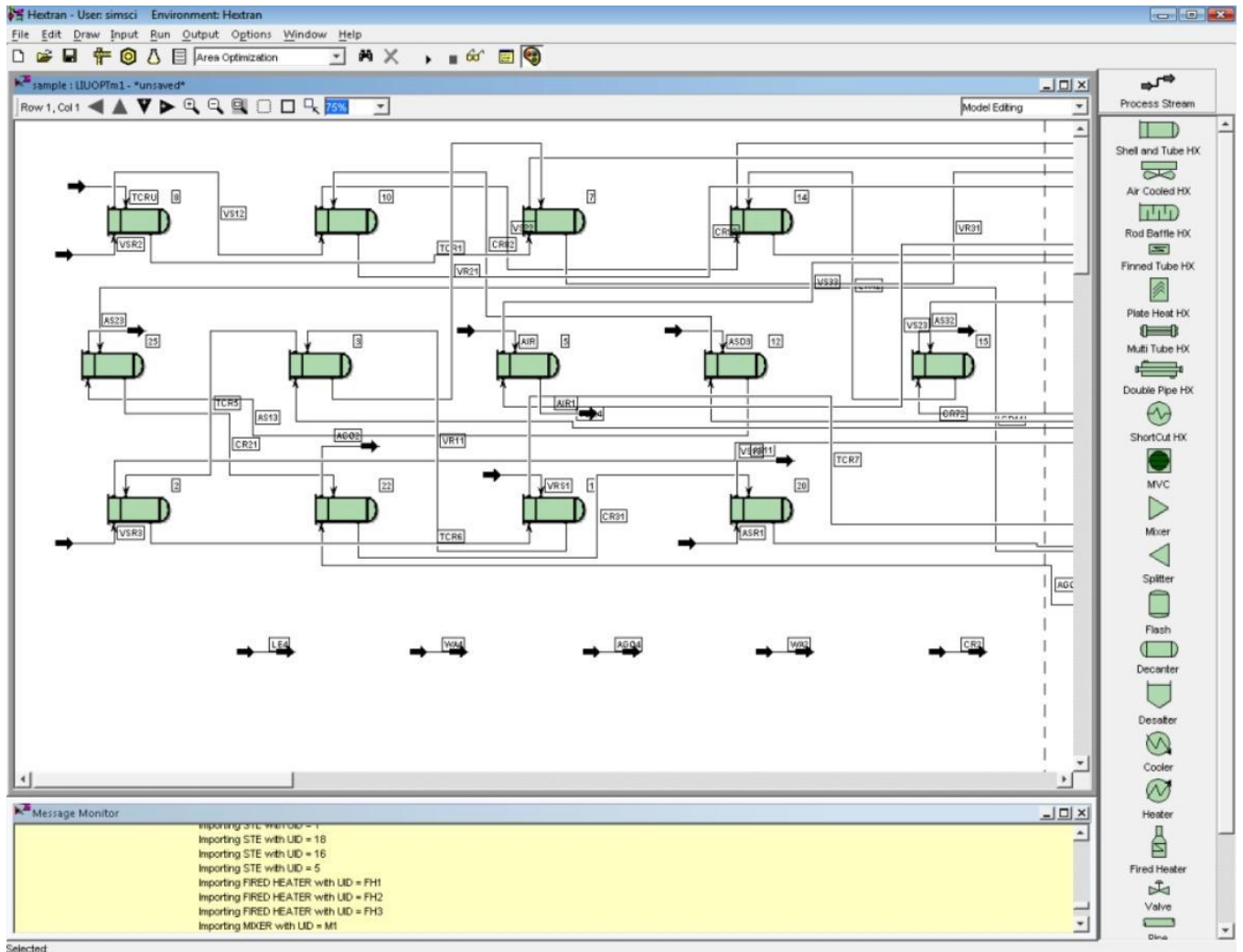
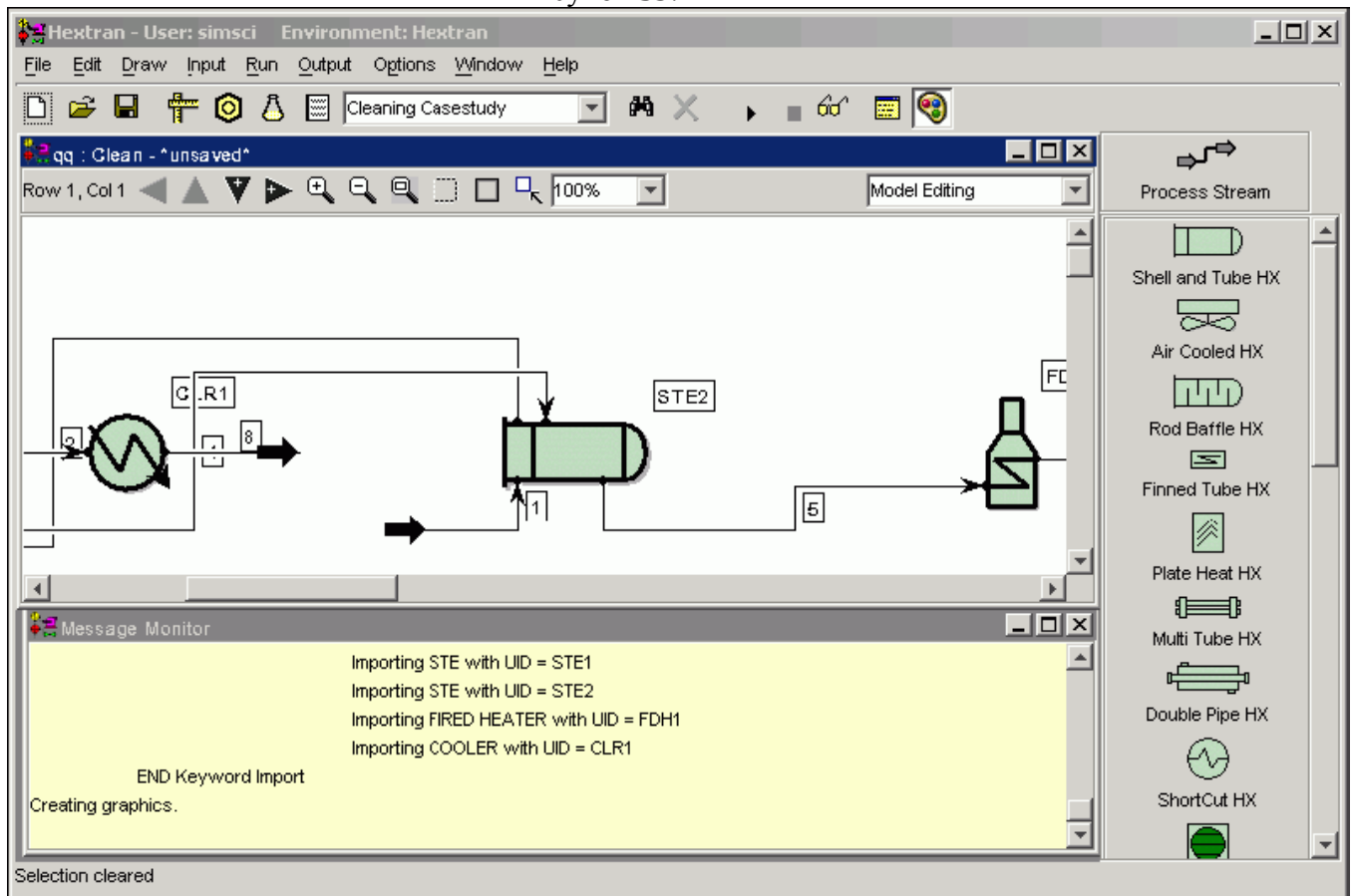


Рисунок 39. HEXTRAN



INPLANT

INPLANT – программа строгого моделирования внутризаводских трубопроводных систем в стационарном режиме, используемая при их проектировании, поверочных расчетах и анализе (рисунок 41).

Инженеры-технологи могут быстро провести поверочный расчет и проанализировать безопасность заводских трубопроводов. INPLANT также может быть использован при проектировании новых или реконструкции разнообразных существующих трубопроводных систем. Область применения – от простых трубопроводных систем до больших, многофазных систем со сложной топологией, включающей закольцованные системы, и различными внешними средами, влияющими на теплопередачу с поверхности. INPLANT также решает проблемы сетей аварийного сброса для однородных или многофазных текучих сред при высоких скоростях или критическом режиме.

Программа INPLANT работает на любом компьютере. Программа имеет удобный для пользователя графический интерфейс, позволяющий быстро и легко как вводить, так и выводить графическую и текстовую информацию в удобной форме.

Технологические трубопроводы. INPLANT позволяет быстро определить причины плохой работы трубопроводных систем и помогает найти решение проблемы. INPLANT рассчитывает перепад давления и энергетический баланс при одновременном строгом расчете теплопередачи для любой, самой сложной, многоконтурной сети. Пропускная способность и оптимальные размеры трубопроводов, распределение потока в контурах, требуемые мощности насосов и компрессоров, теплоперенос, эффект Джоуля-Томсона, режим потока в трубе, скорости жидкой и паровой фазы и разделение фаз на фитингах – все это определяет программа INPLANT.

Вспомогательные трубопроводные системы. INPLANT был специально разработан для строгого расчета многоконтурных сетей со смешанными граничными условиями. Это позволяет осуществлять мониторинг всех трубопроводных систем энергоносителей завода. С помощью INPLANT можно рассчитывать распределение потоков в системах охлаждающей воды, пара, топлива, смазывающих масел и в воздуховодах. INPLANT определяет рабочее давление и скорость потока при заданном давлении на входе, и рассчитывает входные давления для заданных скоростей и рабочих давлений.

Системы аварийного сброса и факельные системы. При изменении проекта или рабочих условий установки INPLANT поможет быстро и точно оценить адекватность существующих факельных систем и систем аварийного сброса. INPLANT производит строгий расчет предельных давлений для одно- и многофазных систем аварийного сброса. Если предельное давление окажется выше максимальных расчетных значений давления в аппарате, то INPLANT автоматически производит перерасчет диаметров линий сброса. Программа INPLANT также идентифицирует предохранительные клапаны, не соответствующие реальным условиям, и может быть использована при подборе их корректной замены.

Обширная библиотека. При работе с программой INPLANT нет необходимости вводить физические свойства компонентов потоков или термодинамические данные. В INPLANT встроена обширная библиотека, включающая в себя более 1450 компонентов. Программа также предлагает самые современные методы расчета перепада давлений для большинства реальных производственных ситуаций, допускающих нестандартное применение. Набор моделей оборудования в INPLANT весьма обширен: насосы, трубы, кольца, теплообменники, холодильники, расходомеры, все типы фитингов, дроссели, клапаны, задвижки, компрессоры и пр.

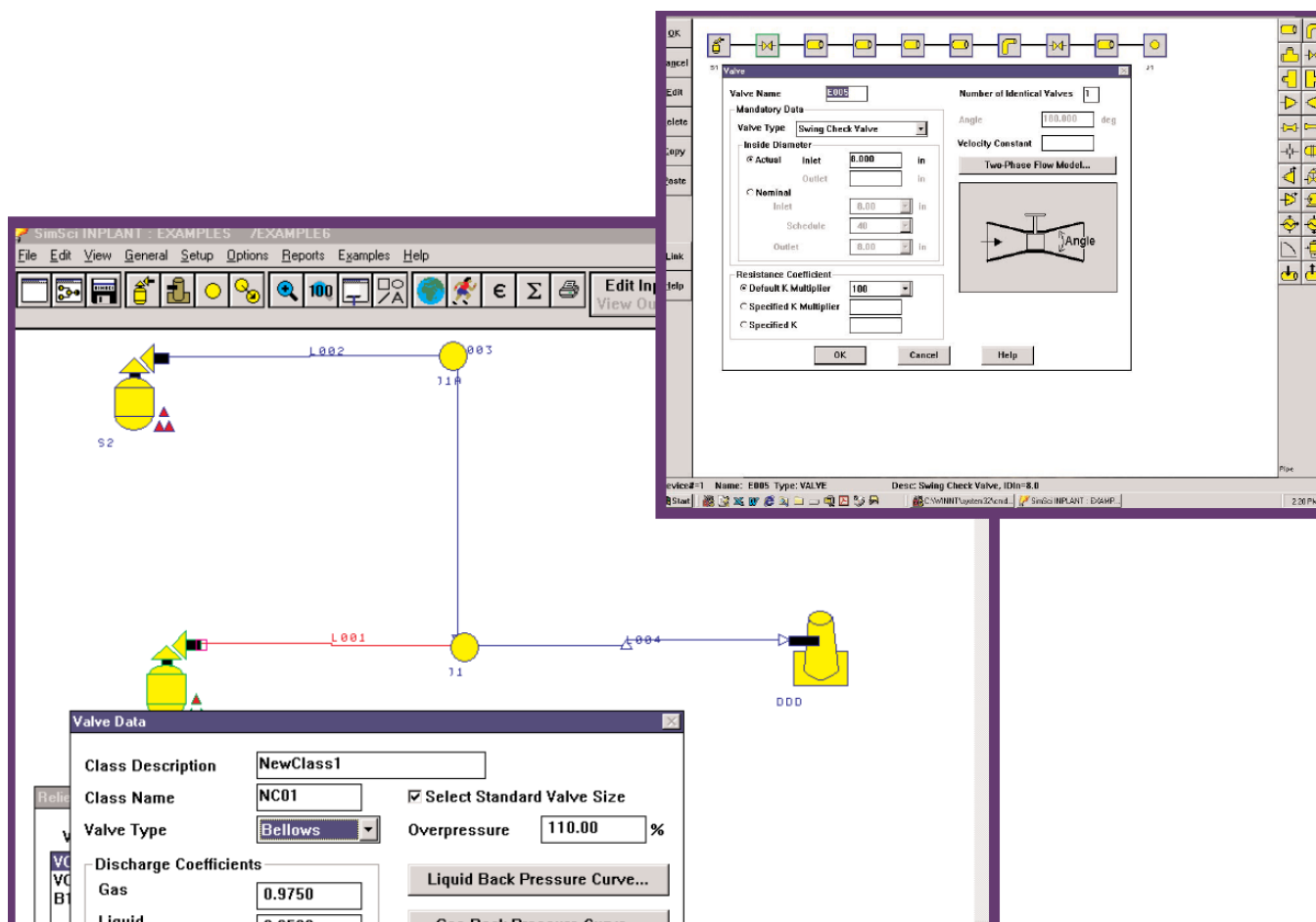


Рисунок 41. INPLANT

VISUAL FLOW

Программа Visual Flow обеспечивает инженеров-технологов средством для проектирования и моделирования факельных систем и систем аварийного сброса (рисунок 42). Visual Flow позволяет оперативно получать надежные результаты для широкого диапазона задач от расчета сложных систем аварийного сброса до проектирования сложных сетей.

Точность. Используя метод расчета перепада давления и термодинамических свойств в отдельных точках трубопровода, Visual Flow позволяет моделировать самые сложные однофазные и многофазные системы аварийного сброса. Структура трубопровода может включать факельные линии, петли и ловушки для газоконденсата. Проверка на возникновение критического режима течения производится для всех точек пересечения потоков и расширений в трубопроводе.

Фазовое равновесие и физические свойства рассчитываются по уравнению состояния Соав-ва-Редлиха-Квонга, основой для расчета является база данных, содержащая информацию по термодинамическим свойствам для более 250 индивидуальных соединений. Уравнение состояния используется в сочетании с методами API и другими стандартными методами точного расчета энтальпии, плотности и вязкости. Для моделирования химических систем можно ввести дополнительные данные по индивидуальным компонентам, а также параметры бинарного взаимодействия.

Для описания процессов нефтепереработки можно использовать задание потоков по псевдокомпонентам и по кривым разгонки. Расчет перепада давления производится по методам Локкарта-Мартинелли и Беггса-Брилла-Муди для многофазных систем. Для повышения точности моделирования потока с высокой скоростью можно использовать модификацию метода Беггса-Брилла, применяемую для близких к критическому режимов течения.

Visual Flow включает методы расчета параметров предохранительных клапанов для однофазных и многофазных потоков. Также можно подобрать параметры клапанов в соответствии с промышленными стандартами.

Легкость в работе. Visual Flow использует стандартный интерфейс Microsoft Windows, что обеспечивает легкость подготовки задачи и ее решения. Интерфейс позволяет открывать и запускать на счет одновременно несколько задач.

Программа позволяет проводить сравнительное исследование вариантов. Данные из разных задач можно передавать, используя буфер Windows. Графическая информация и табличные данные могут быть экспортированы в формате Microsoft Excel или Microsoft Word.

Пользователь может в любой момент вывести на экран свойства потоков. Зависимости изменения давления и температуры по длине трубы могут быть показаны для любого фрагмента схемы. Также Visual Flow содержит программу-менеджер создания отчета, позволяющую выбирать, что следует напечатать, и вывести отчет на экран.

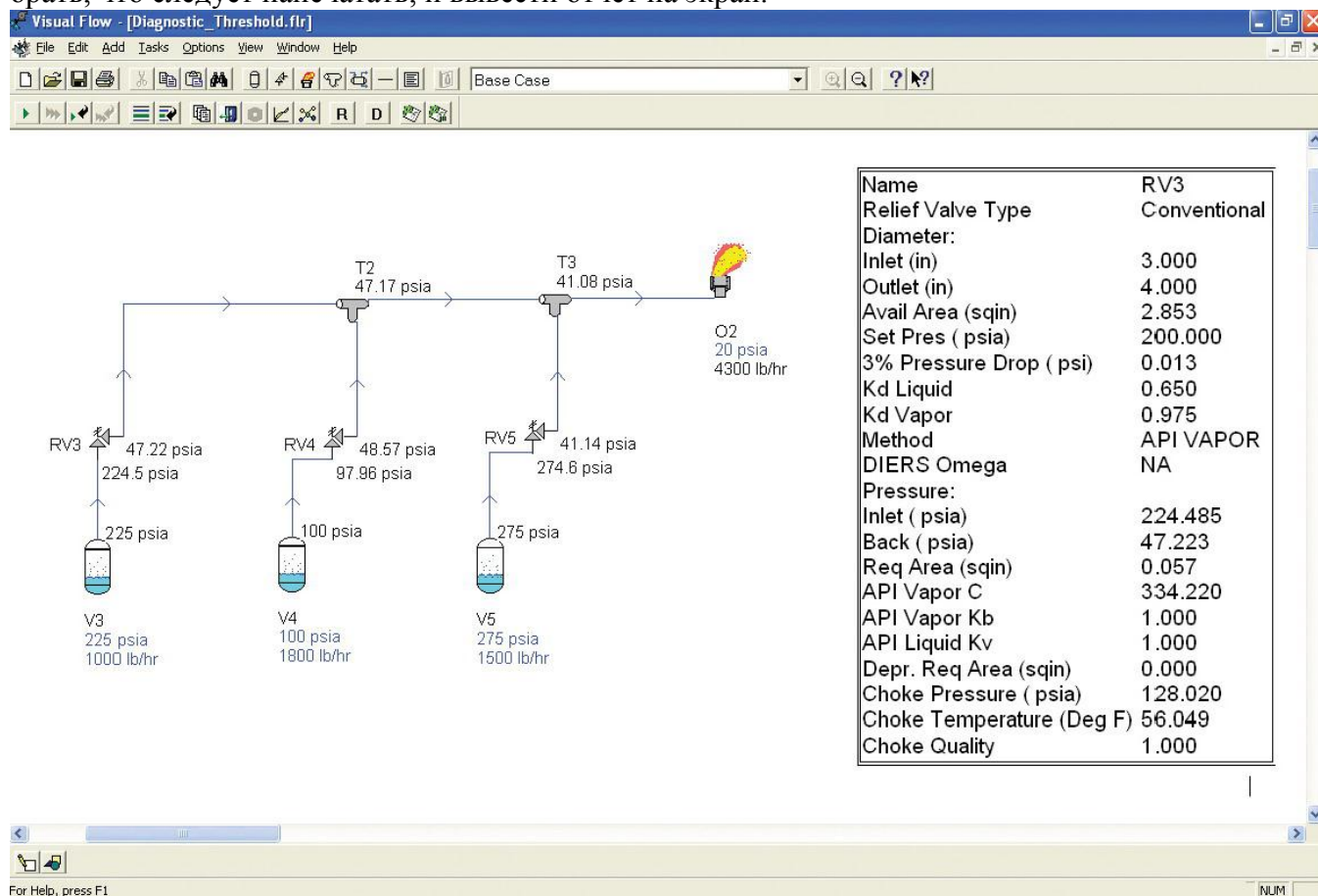


Рисунок 42. Visual Flow

Открытость. Visual Flow имеет модульную структуру, обеспечивающую возможность неограниченного расширения и настройки по требованию пользователя. Используя совместимую архитектуру OLE, легко можно дополнить программу подпрограммами расчета изменения давления в одно- и многофазных системах, расчета термодинамических свойств и подбора предохранительных клапанов. Удобную форму отчета можно создать с помощью программ Crystal Reports и Менеджера отчета.

С помощью программы Менеджер базы данных по индивидуальным компонентам можно определить собственные индивидуальные компоненты и нефтяные псевдокомпоненты.

Среди Российских программ следует отметить две разработки: КОМФОРТ и GIBBS.

GIBBS

Этот моделирующий пакет разработан фирмой «Топэнергобизнес» в 1992 году. В настоящий момент используется версия 3.9. GIBBS (рисунок 43) – инструмент для повышения качества проектирования и эксплуатации нефтяных и газоконденсатных месторождений, определения оптимальных технологических условий промышленной обработки, транспортировки и заводской переработки углеводородного сырья.

Пакет включает средства для математического моделирования процессов промышленной подготовки природных газов, включая обычные установки низкотемпературной сепарации и низкотемпературные детандерные заводы с частичным или полным фракционированием жидких углеводородов, процессы обработки газа с впрыском, сбором и регенерацией ингибиторов гидратообразования, промышленной и заводской подготовки и переработки газоконденсата и нефти, включая дезанизацию, стабилизацию и фракционирование по топливному варианту, газодифракционирование.

Программа имеет средства для синтеза нефтяной смеси по данным лабораторных анализов, расчета товарных свойств фракций моторных топлив, условий образования и ингибирования газовых гидратов, расчета дифференциальной конденсации пластовых смесей, расчета условий образования твердой фазы CO_2 и другие утилиты инженерного применения. Модели нефтегазоконденсатных систем по составу можно создавать как на основе лабораторных данных по фракционному составу и физическим свойствам нефти и газового конденсата, так и более 400 доступных индивидуальных компонентов.

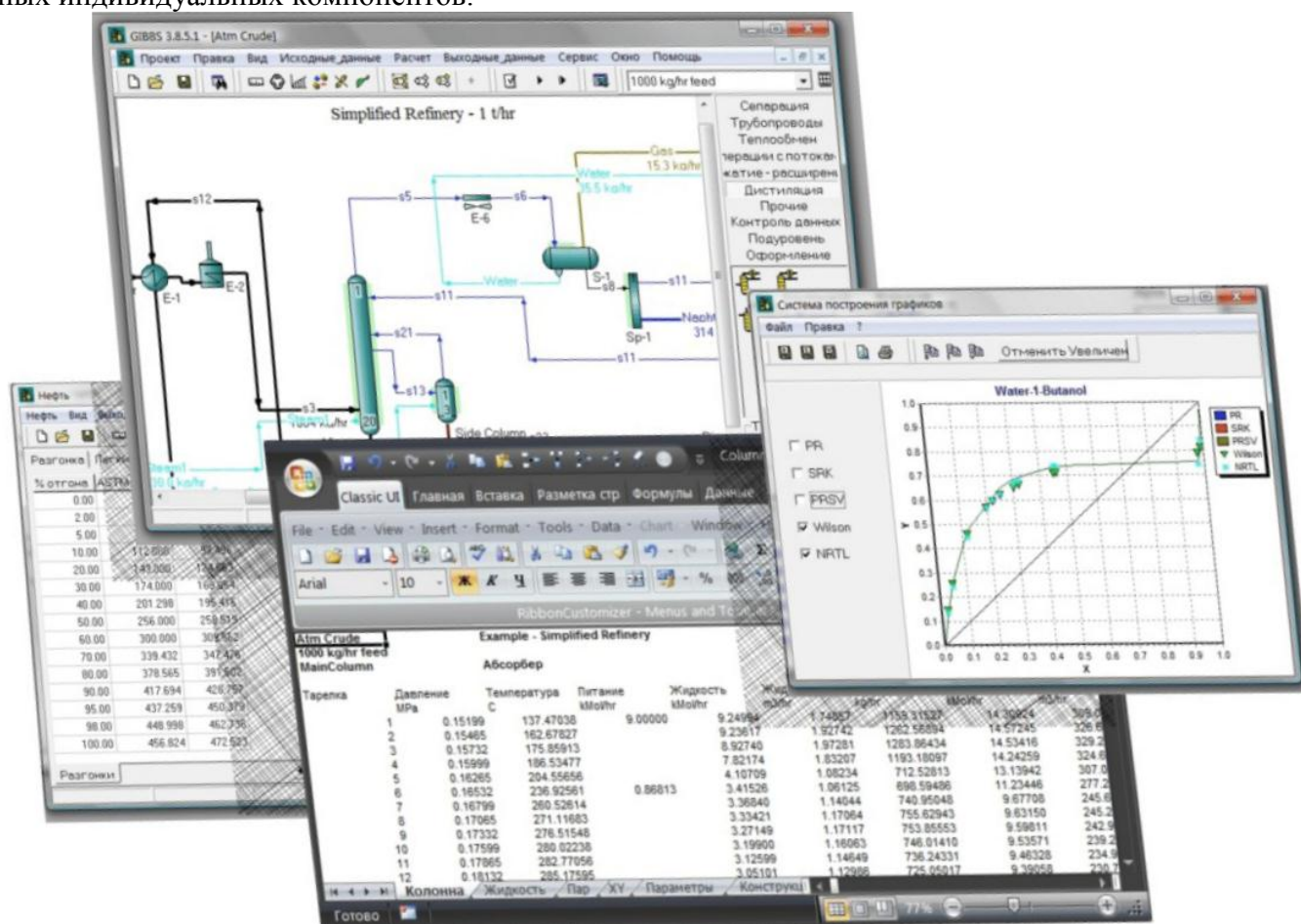


Рисунок 43. GIBBS

Набор моделей позволяет описать свойства сырья и продуктов, определить затраты тепла, энергии, материально-тепловой баланс производства, массовые и объемные выходы и состав продуктов, их соответствие действующим стандартам.

Используемые теоретические методы, в основе которых лежат принципы современной технической термодинамики и использование уравнения состояния для расчета фазовых превращений и теплофизических свойств углеводородных (и не только) смесей, являются универсальными и позволяют моделировать в широком диапазоне условий. В частности, для получения основных теплофизических характеристик углеводородных смесей в GIBBS используются кубические уравнения состояния: Пенга-Робинсона; Редлиха-Квонга в модификации Соава и Грабоски-Дауберта; Пенга-Робинсона в модификации Стрижека-Веры.

В программе доступно моделирование фазового превращения смесей углеводородов в следующих рабочих элементах:

- сепарация газа и жидкости;
- сепарация газа и 2-х несмешивающихся жидкостей;
- однократное испарение и конденсация;
- дросселирование;
- адиабатическое сжатие и расширение в компрессоре и детандере, включая энергообмен в системах детандера-тормозного компрессора;
- эжектор;
- противоточный теплообмен двух потоков;
- тепловой баланс в многопоточном теплообменнике;
- нагрев и охлаждение потока;
- ветвление и смешение потоков;
- мембранное газоразделение;
- дистилляционные колонны с возможностью подачи и отбора боковых материальных и тепловых потоков;
- падение давления в трубопроводах, в том числе – в двухфазных.

GiBBS является одной из немногих программ, позволяющих учитывать унос жидкости в сепараторе и наличие несмешивающихся жидкостей на тарелках ректификационных колонн.

Технологическая модель производства, построенная с помощью GIBBS, позволяет решить проблемы, возникающие на этапе его эксплуатации и ответить на ряд вопросов:

- почему выход продукта отличается от заданного;
- почему свойства продукта отличаются от ожидаемых;
- соответствует ли заданный технологический режим выбранному качеству продуктов и составу сырья;
- что делать, если изменилось качество сырья или его состав;
- правильно ли составлен проект и какие изменения необходимо внести, чтобы обеспечить выполнение требований.

GIBBS предоставляет также ряд дополнительных аналитических возможностей для инженера-технолога: функция подбора параметров, подсистема анализа экспериментальных данных по фазовому равновесию, встроенная система сквозного перевода размерностей и т.д. Помимо этого программа позволяет:

- выполнять расчет дополнительных свойств потока, таких как теплота сгорания или точка росы по воде для природного газа, давление насыщенных паров по Рейду, кривая фракционной разгонки, температура помутнения или кинематическая вязкость для нефтегазоконденсатной жидкости;
- проводить тесты фазового равновесия, включая расчет температур и давлений начала кипения и конденсации;
- выполнять расчет фазового равновесия с твердыми фазами – CO₂ и парафинами;
- анализ условий образования газовых гидратов;
- создавать, отлаживать и использовать программы собственной разработки, написанные на любом языке программирования высокого уровня с использованием внешних компиляторов;
- рассчитывать габариты теплообменников и сепараторов;
- производить обмен данными с другими приложениями через электронные таблицы EXCEL.

GIBBS поможет решить эти и большинство технологических проблем, возникающих на производстве или в проектной организации. Пользуясь ПО GIBBS, инженер-технолог не просто работает с изображением технологической схемой. Он может создавать сложные многоуровневые модели производств, объединяющие несколько промыслов и комплексов переработки сырья. Каждый уровень может соответствовать установке, группе установок, заводу, крупному промышленному или заводскому комплексу, и все уровни объединяются в единую блок-схему. Кроме этого, каждый проект в GIBBS может иметь множество вариантов решений, отличающихся набором компонентов и технологическими параметрами.

ПО разработано для Windows-платформ, имеет удобный и простой интерфейс. Также GIBBS тесно интегрировано с Microsoft Office. Через электронные таблицы Microsoft Excel пользователи получают отчеты, готовые для использования в любых документах, а также могут обмениваться данными с другими приложениями. Вся информация хранится в базе данных. Это обеспечивает быстрый доступ, надежность хранения и переносимость данных.

Программные продукты, используемые для геофизического и петрофизического моделирования на этапе поиска нефти и газа и разведки месторождений

Кратко опишем программные продукты, используемые для геофизического и петрофизического моделирования на этапе поиска нефти и газа и разведки месторождений. Признанным лидером в этой области является компания Schlumberger.

На этапе сбора и обработки геологогеофизических данных важно следование стандартам POSC. POSC (Petrotechnical Open Software Corporation) – международный консорциум по разработке стандартов для прикладного ПО в нефтегазовой отрасли. Следование стандартам POSC обеспечивает сопоставимость, сравнение и интеграцию данных по разведке и добыче (exploration & production) нефти и газа различных компаний. Стандарт POSC поддерживают более 80 компаний - Oracle, Schlumberger, CGG, BP, Shell, Landmark Graphics, Chevron, Hewlett-Packard, IBM и др.

Следует упомянуть о таких программных продуктах, как GeovectorPlus, IntegralPlus (CGG-Petrosystem), применяемых для обработки и интерпретации данных сейсморазведки и построения сейсмофациальных моделей, необходимых для поиска месторождений.

Для создания моделей резервуаров используется GeoFrame – POSC-ориентированная система создания описания геологических характеристик резервуара, представляющая собой набор связанных друг с другом интегрированных приложений, обеспечивающая работу разностороннего набора приложений – от средств картопостроения, интерпретации геологических и геофизических данных до построения модели с рекомендациями по разработке месторождения.

Содержит компонент GeoFrame Petrophysics, предоставляющий средства для получения наиболее точных результатов по определению фильтрационно-емкостных свойств резервуара в современной нефтегазовой отрасли. Интеграция геофизических и геологических данных обеспечивает построение согласованной трехмерной модели для наилучшего планирования бурения, расчета свойств резервуара и гидродинамического моделирования.

Charisma RM – пакет для построения детальных геологических моделей.

CPS-3 – программное средство для построения геологических карт различной сложности и структуры, трехмерного геологического моделирования, подсчета запасов.

Пакет программ ECLIPSE предназначен для трехмерного гидродинамического моделирования резервуаров нефти и газоконденсата. ECLIPSE предоставляет полный и робастный набор решений в индустрии для численного моделирования динамического поведения всех типов коллекторов, флюидов, степеней структурной и геологической сложности и систем разработки.

Программа покрывает полный спектр задач моделирования пласта (рисунок 44), включая конечно-разностные модели для черной нефти, сухого газа, композиционного состава газоконденсата, термодинамические модели тяжелой нефти и модели линий тока. Выбирая различные дополнительные опции из широчайшего набора (например, моделирование метана в угольном пласте, контроль добычи по показателям теплотворности топлива, модель наземной сети сбора), пользователь дополняет возможности симулятора всем необходимым для полного удовлетворения потребностей для решения задач, расширяя и углубляя изученность проблем, связанных с разработкой месторождения.

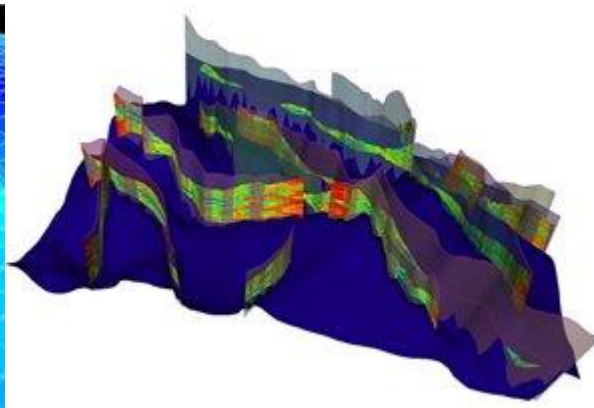
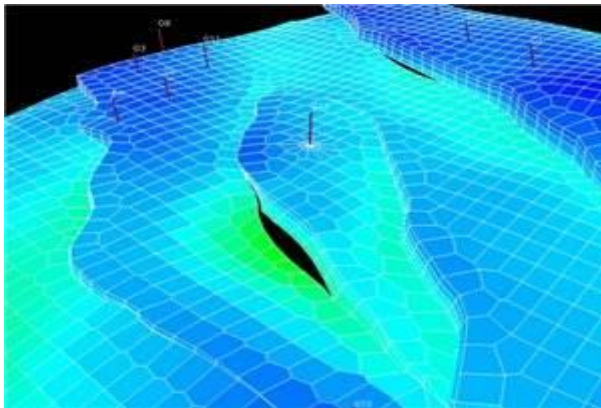


Рисунок 44. Моделирование геологических пластов в ECLIPSE

Из вышесказанного следует, что широкие возможности программных продуктов имитационного моделирования, применяемых в нефтегазовой отрасли, позволяют ответить на вопросы «что, если?» и «как лучше?» тем самым способствуя увеличению экономического и технического потенциала применяющих их компаний.