

Современное инженерное программное обеспечение мирового уровня для моделирования процессов промышленной подготовки и переработки углеводородного сырья

Англ. заголовок статьи



А.Ф. Садыков

ASadykov4@slb.com

/Schlumberger Software Integrated Solutions (SIS)/

A.F. Sadykov

/"Schlumberger Software Integrated Solutions" (SIS)/

Рассматриваются возможности оптимизации процессов сбора, подготовки и переработки углеводородов с помощью использования IT-технологий, обеспечивающих точность исходных расчетов производственных операций и возможность контролировать показатели производства в режиме реального времени. Представлена уникальная комплексная программная платформа Symmetry*, предназначенная для моделирования технологических процессов, объединяющая все аспекты моделей от скважины до точки сбыта продукции и обеспечивающая беспрецедентный уровень интеграции широкого спектра моделей-симуляторов процессов сбора, подготовки и переработки нефтегазового сырья. Описаны принципы работы и функциональные возможности Symmetry, позволяющие за короткий срок существенно сократить производственные расходы, выявить новые источники прибыли, продлить срок службы оборудования, увеличить производственные мощности. Показаны преимущества ее методов перед другими программами.

Ключевые слова: оптимизация процессов сбора, подготовки и переработки углеводородов; интеграция моделирования флюида, трубопроводных сетей, технологических установок и факельных систем; комплексная программная платформа Symmetry; модели-симуляторы процессов сбора, подготовки и переработки нефтегазового сырья; Process – Core & Dynamics Assistants; моделирование работы установки подготовки нефти (УПН); модели теплообменного оборудования и ректификационных колонн; модели многофазных трубопроводов; расчет факельных линий; моделирование процессов добычи и переработки природного газа; динамическое и стационарное многофазное моделирование сложных трубопроводных сетей; моделирование объектов факельного хозяйства; Pipe – Core & Dynamics Assistants; симулятор многофазной системы сбора Field – Core; моделирование свойств нефти; программный продукт PIONA; моделирование процесса термического парового крекинга с использованием крекинг-печей; цифровые двойники нефтеперерабатывающего и газоперерабатывающего заводов.

The paper considers the possibilities to optimize the processes of hydro-carbon gathering, treatment and processing with the use of IT-processes that ensure the accuracy in initial calculations of industrial operations and provides the possibilities in on-line controlling the production parameters. Here we present the unique Symmetry complex software platform to be used for technological processes simulation where it unites all the aspects of the models from a well to well product sales station and ensures the unprecedented integration level for a wide spectrum of simulation models in oil and gas product gathering, treatment and processing. The paper also describes the operating principles and functional abilities of Symmetry software that enables within a short time to reduce significantly the industrial costs, to discover the new sources of income, to extend the equipment service life and to increase production capacities. It also illustrates the advantages of these software methods if compared with other software.

Key words: process optimization of hydro-carbon gathering, treatment and processing; integration of modelling with fluids, pipeline networks, process facilities and flare systems; Symmetry complex software platform; simulation models for oil and gas product gathering, treatment and processing; Process – Core & Dynamics Assistants; simulation of oil treatment station (OTS) operation; models of heat-exchanging equipment and rectification columns, models of multi-phase pipelines; calculation for flare line; simulation of natural gas gathering and processing processes; dynamic and stationary multi-phase simulation of complex pipeline networks; simulation of flare facilities; Pipe – Core & Dynamics Assistants; Field – Core simulator for multi-phase gathering system; simulation of oil properties; PIONA software product; simulation of thermal cracking process with the use of cracking towers, digital twins of oil refining and gas-processing plants.

* Марка Schlumberger.

Каждый этап нефтегазового производства сопряжен с необходимостью решения специфических технологических задач. В связи с переходом все большего количества месторождений на поздние стадии разработки, характеризующиеся высокой обводненностью и минерализацией продукции скважин, а также широким вовлечением в разработку месторождений все более тяжелых карбоновых нефтей, образующих эмульсии аномально высокой стойкости, на фоне ужесточающихся требований к качеству добываемой продукции проблемы подготовки и переработки углеводородного сырья приобретают все большую остроту и актуальность. Безальтернативным гарантом повышения эффективности эксплуатации месторождений и, как следствие, роста рентабельности добывающего предприятия становится использование IT-технологий, обеспечивающих точность исходных расчетов производственных операций и возможность контролировать показатели производства в режиме реального времени.

Ведущая мировая нефтесервисная компания Schlumberger предлагает недропользователям высокотехнологичные разработки мирового уровня, спрос на которые на нефтегазовом рынке стабильно

высок. Интеллектуальные технологии Schlumberger позволяют успешно решать такие ключевые технологические задачи, как комплексный анализ производственной деятельности, моделирование технологических процессов и их оптимизация, мониторинг финансовых показателей. Для оптимизации процессов сбора, подготовки и переработки углеводородов в арсенале компании имеется комплекс инструментов, позволяющих решать наиболее сложные производственные задачи путем интеграции моделирования флюида, трубопроводных сетей, технологических установок и факельных систем. Все перечисленные возможности сосредоточены в уникальной комплексной программной платформе Symmetry (рис. 1), предназначенной для моделирования технологических процессов и объединяющей все аспекты модели от скважины до точки сбыта продукции. Платформа обеспечивает беспрецедентный уровень взаимодействия между разными дисциплинарными командами для эффективного обмена данными, а также для повышения общей ценности актива.

Symmetry как программный продукт основана на разработках компании Virtual Materials Group Inc. (VMG, г. Калгари, Канада), специализирующейся на создании программного обеспечения, предна-

значенного для моделирования различных нефтегазовых процессов и расчета физических и термодинамических свойств смесей. В 2018 г. VMG вошла в состав Schlumberger. Круг пользователей программных продуктов VMG охватывает огромное количество компаний во всем мире – от нефтегазовых гигантов до небольших инжиниринговых фирм и производителей инженерного программного обеспечения, использующих технологии VMG (термодинамическое ядро VMGThermo) в своих продуктах.

ДЛЯ ЧЕГО НУЖНА ПЛАТФОРМА SYMMETRY?

Состав продукции нефтедобывающих скважин, как известно, зависит от изначальных характеристик месторождения, способа и стадии добычи углеводородного сырья. Для начального этапа добычи характерна продукция скважин, состоящая в основном из нефти и газа. Основные проблемы этого этапа – сепарация газа от нефти и гашение пульсации потоков при совместном транспортировании нефтегазовой смеси. При дальнейшем происхождении обводнения продукции и возникают проблемы, связанные с предотвращением образований водонефтяных эмульсий. Впоследствии обводнение приводит к повышению вязкости водонефтяных эмульсий, что ведет к осложнениям в системах перекачки из-за увеличения давления. На поздней стадии разработки месторождений, когда обводненность превышает 60 %, снижается количество добываемого газа и возникают проблемы, связанные с утилизацией сточных вод. К осложнениям в работе системы сбора и подготовки углеводородов приводит наличие в нефти сероводорода, двуокси углерода, парафинов, смол. Особого подхода в плане сбора и подготовки сырья требует наличие кислородных, сернистых и азотистых соединений нефти, а также возникновение проблем, связанных с утилизацией попутного нефтяного газа, поэтому поступлению

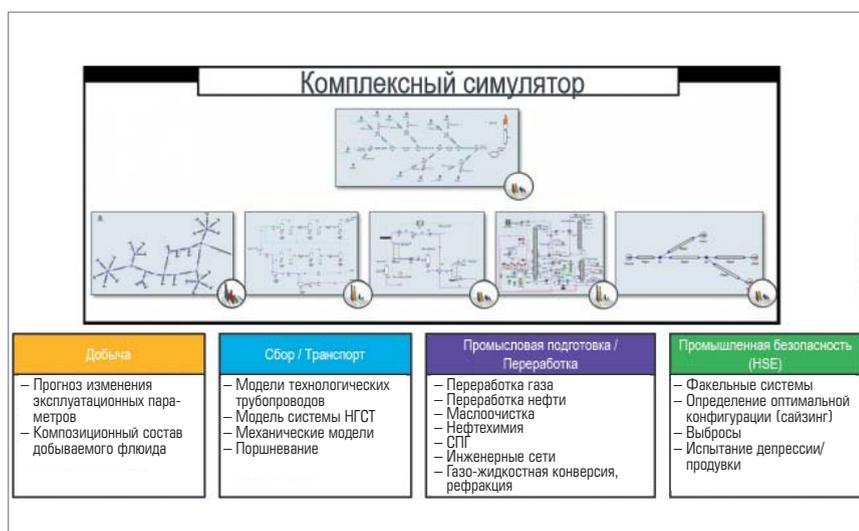


Рис. 1. Области применения комплексного симулятора Symmetry

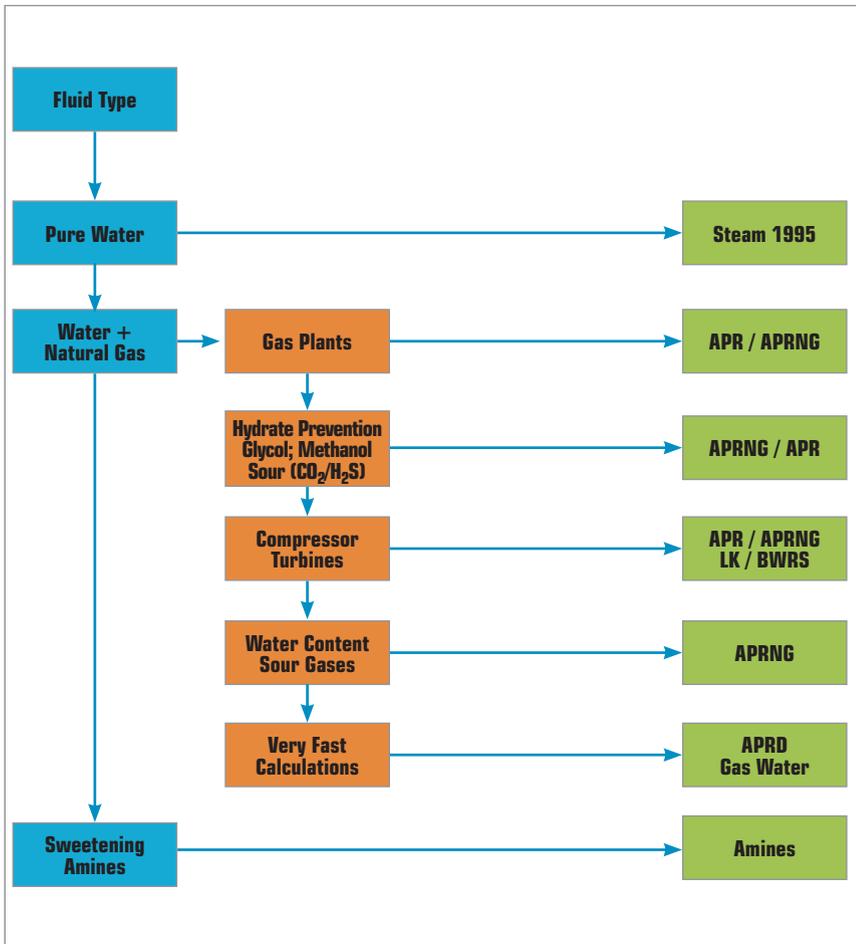


Рис. 2. Выбор модели в пакете VMGThermo

сырья на перерабатывающие объекты предшествует неизбежная стадия его промысловой подготовки. Эти и многие другие процессы помогают оптимизировать предусмотренные в Symmetry программные решения, моделирующие режим работы УПН (установки подготовки нефти), ее конструкцию, оборудование, состав флюида и другое. Инструментарий Symmetry позволяет в автоматическом режиме производить замерные операции (например, температуры, давления), прогнозировать и корректировать производственные процессы.

КАК РАБОТАЕТ SYMMETRY?

В самом названии программного продукта Symmetry (симметрия) изначально заложена основная идея его создания – симметричное, точное, детальное отражение (воспроизведение, имитация) происхо-

дящих производственных процессов на базе современных методов моделирования. Платформа включает в себя несколько основных специализированных рабочих пространств, имитирующих различные технологические схемы: Process – Core & Dynamics Assistants, Pipe – Core & Dynamics Assistants, Flare – Core & Dynamics Assistants, Field – Core, Dynamics – Module, а также дополнительные модули для процессов нефтепереработки и нефтехимии, газопереработки, производства серы, альтернативной энергетики. Каждая технологическая схема в имитационных моделях может быть рассчитана как в стационарном, так и в динамическом режиме. Что представляют собой компоненты платформы?

Process – Core & Dynamics Assistants – это основа платформы Symmetry, использующая в каче-

стве встроенного термодинамического ядра технологию VMGThermo (рис. 2), воплотившую результаты многолетних исследований в области прикладной термодинамики. Process – Core & Dynamics Assistants – универсальная среда моделирования и расчета технологических схем в статике и динамике, включающая в себя полнофункциональный термодинамический и технологический симулятор мирового уровня (20 000 индивидуальных компонентов, 100 000 коэффициентов бинарного взаимодействия, 80 термодинамических уравнений состояния), «нефтяной пакет» (от моделирования и разбивки нефтяного образца на псевдокомпоненты до определения товарных показателей нефтепродуктов), набор моделей теплообменного оборудования и ректификационных колонн различной конфигурации, численные модели многофазных трубопроводов с учетом сложного теплообмена, инструменты расчета факельных линий и сценариев сброса давления, утилиты подбора труб и аппаратов, регрессии экспериментальных данных, оптимизации, анализа вариантов схем, уникальный по удобству сквозной расчет с Excel.

Для моделирования процессов добычи и переработки природного газа Process – Core & Dynamics Assistants содержит собственные модификации уравнений состояния, настроенные по большому количеству экспериментальных данных, модель гидратообразования, модель растворимости ртути и ароматики в газе, модели аминовой очистки с использованием «неравновесных» колонн и очистки физическими растворителями, модель процесса Клауса с учетом дегазации серы, модель потерь давления по методу Миллера, расчет вскипающего потока в клапанах. В библиотеке объектов есть клапаны различной конфигурации, диафрагма, эжектор, отдельно центробежный и поршневой компрессоры. Инструментарий Process – Core & Dynamics Assistants содержит так-

же модели газификации плазмы и производства синтетического газа (синтез Фишера – Тропша) и модели твердооксидных топливных элементов.

Рабочая область Pipe – Core & Dynamics Assistants предназначена для точного динамического и стационарного многофазного моделирования сложных трубопроводных сетей. Pipe позволяет осуществлять оптимальный подбор диаметра труб, следить за процессами эрозии и гидратообразования, контролировать условия образования пробок, показатели температуры и давления, пределы скорости флюида, режимы течения. Инструментарий Pipe предусматривает расчет и корректировку многофазных потоков и пробковых режимов, построение фазовых диаграмм.

Рабочая область Flare – Core & Dynamics Assistants предоставляет пользователям полный набор инструментов для моделирования объектов факельного хозяйства. Flare незаменима для оптимизации функционирования системы сброса со встроенным предохранительным клапаном давления (PSV), сетевым коллектором и конструкцией отсекаателя, располагает удобной настройкой размеров и типов клапанов, возможностью оценки ограничений по глобальным сценариям, что крайне важно в условиях ужесточения экологических требований к процессам переработки и утилизации газа. Эффективное моделирование процессов, связанных с обеспечением промышленной безопасности (HSE – Health and Safety Executive), обеспечивается путем взаимодействия Flare – Core & Dynamics Assistants с остальными компонентами Symmetry.

От добывающих скважин к автоматизированным групповым замерным установкам (АГЗУ) газожидкостная смесь подается по выкидным линиям, дальнейшая транспортировка продукции осуществляется по коллекторам большого диаметра. Для оптимизации работы таких элементов систем сбора и подготовки

скважин, как коллекторы, резервуары, составные части центрального пункта сбора и подготовки нефти, газа и воды (ЦППН), выполняется интегрированное моделирование в Field – Core – симуляторе многофазной системы сбора, наделенном функцией прогнозирования. С помощью Field – Core можно моделировать сложные системы сбора (в том числе такие элементы, как расщепление потока и линия обхвата) с жидкостью или без нее, работу вертикальных/горизонтальных скважин, выполнять 3D-моделирование сеточных резервуаров, емкостей или только поверхностных систем. Формат быстрого и точного схематичного отображения элементов систем сбора и подготовки позволяет пользователю сосредоточить свое время на оценке вариантов развития, а не на создании самой модели объекта или процесса.

За расчет сложных технологических схем и аппаратов в динамическом режиме в перечне интегрированных компонентов платформы Symmetry отвечает рабочая область Dynamics – Module.

ЧТО НОВОГО В SYMMETRY?

Новейшая версия платформы Symmetry с логотипом Schlumberger использует хорошо известный, проверенный временем интерактивный алгоритм расчета технологических схем, применяемый сегодня в большинстве аналогичных программ: информация распространяется по расчетной схеме мгновенно, а вычисления выполняются автоматически. Symmetry отличается продуктивностью и скоростью расчетов, преимущества ее методов перед другими программами становятся очевидными уже после нескольких дней использования: формы интерфейса тщательно продуманы и понятны как эксперту, так и новичку. Усовершенствованная платформа располагает простым и интуитивно понятным русифицированным интерфейсом. Пользователи, владеющие навыками работы в Excel, легко ориентируются в

Symmetry. Опция Excel Unit, встроенная в Symmetry, избавляет пользователя от необходимости ввода дополнительных кодов. Кроме того, Symmetry включает в себя слой COM-Link, обеспечивающий головную связь с интерфейсом, что упрощает работу с большинством приложений, совместимых с COM-Link (Excel, Visual Basic, C++, Python и т.д.)

Модели Symmetry представлены в формате схематичного отображения трубопроводов, технологического оборудования и других объектов, что улучшает визуальное восприятие модели и повышает удобство ее использования. Для основных процессов нефтегазопереработки и подготовки разработаны готовые примеры, которые пользователь Process – Core & Dynamics Assistants может использовать в качестве образца. Эти и многие другие модели находятся в папке установки программы и распределены по тематикам: расчет колонн, процессы нефтепереработки и нефтехимии, процессы газопереработки, расчеты в динамическом режиме, прочее.

Symmetry позволяет выполнять расчет емкостного оборудования (рис. 3), при этом оценка размеров двух- и трехфазных сепараторов выполняется непосредственно в окне модели аппарата. Для расчета теплообменного оборудования доступны модели всех спецификаций (кожухотрубчатых, пластинчатых и многопоточных теплообменников). По каждому спроектированному аппарату выгружаются опросные листы, формат которых редактируется пользователем. Рассчитанные габариты учитываются автоматически при переключении модели в динамический режим.

Платформа Symmetry осуществляет точное моделирование свойств нефти с помощью программного продукта PIONA, позволяющего создавать кинетические модели реакторов вторичной переработки высокой точности. Модуль PIONA дает полную характеристику

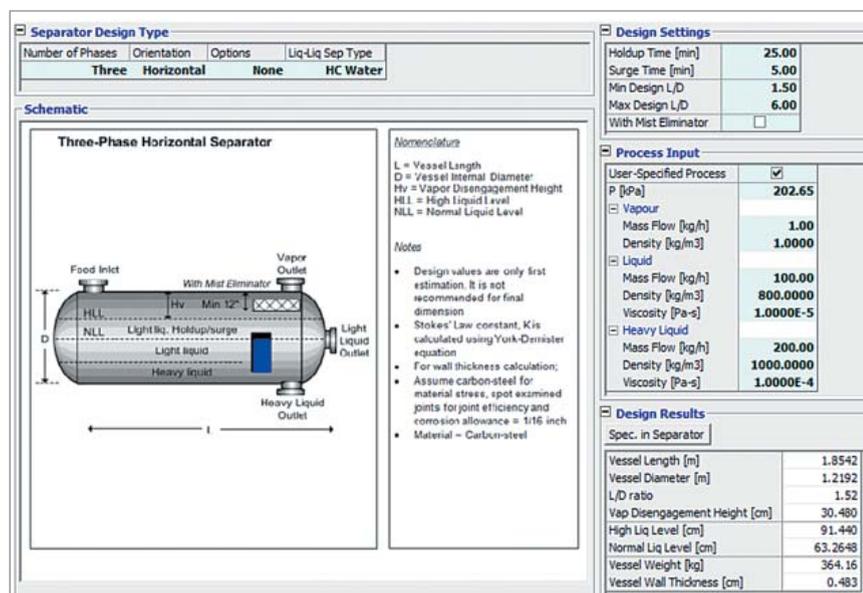


Рис. 3. Расчет емкостного оборудования в Symmetry

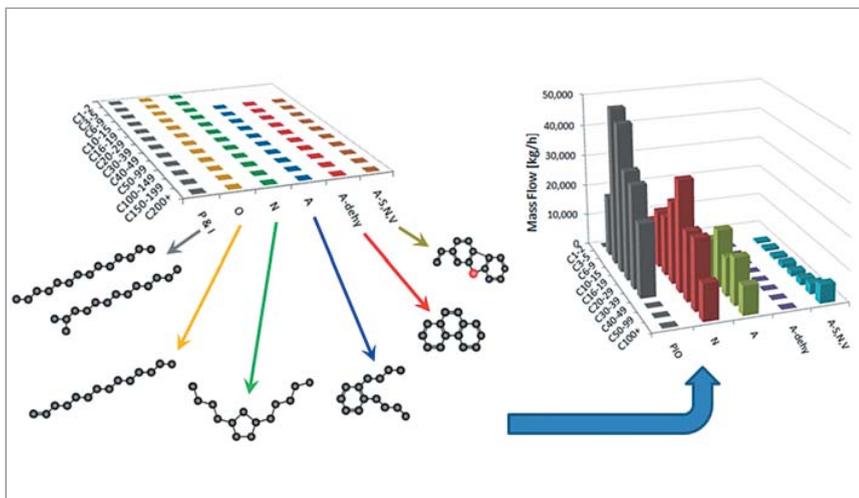


Рис. 4. Интеллектуальное моделирование и оптимизация парового крекинга в Symmetry с использованием программного продукта PIONA

химических и физических свойств углеводородных жидкостей на основе определения молекулярной структуры и числа атомов углерода. В группу объектов PIONA входят парафины, изопарафины, олефины, нафтены и различные формы ароматических углеводородов. Среди преимуществ данной модели – создание нефтяных фракций по минимальному набору входных данных, корректный расчет смешения, различные методы определения свойств в заданных диапазонах разгонки, достоверный расчет товарных свойств нефтепродуктов,

адекватное моделирование тяжелой и высоковязкой нефти, удобная работа с данными хроматографии. Программный продукт PIONA необходим при моделировании такого важного этапа переработки, как пиролиз углеводородного сырья, в частности при моделировании процесса термического парового крекинга с использованием крекинг-печей (рис. 4).

С помощью программного обеспечения компании Schlumberger возможно создание цифровых двойников (виртуальных прототипов) нефтеперерабатывающего и газо-

перерабатывающего заводов, помогающих выявить или спрогнозировать производственные проблемы, усовершенствовать процессы и в целом повысить эффективность бизнеса. При этом все процессы визуализированы, в том числе на мобильных устройствах, финансовая информация связана с операционными данными в реальном времени и смоделированными данными. При создании цифровых двойников используются различные инструменты. Модель нефтеперерабатывающего завода, например, включает инструменты Case Study для исследования чувствительности переменных, инструменты регрессии и оптимизации процессов, инструменты для регулирования каталитической / тепловой кинетики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексная программная платформа для моделирования технологических процессов Symmetry обеспечивает беспрецедентный уровень интеграции широкого спектра моделей-симуляторов процессов сбора, подготовки и переработки нефтегазового сырья. Любая технологическая схема в имитационных моделях может быть рассчитана как в статике, так и в динамике. Русифицированные и адаптированные к отечественным отраслевым потребностям специализированные рабочие пространства – компоненты Symmetry – оптимизируют и упрощают работу пользователей.

Оптимизация производственных процессов с помощью платформы Symmetry способна за короткий срок существенно сократить производственные расходы, выявить новые источники прибыли, продлить срок службы оборудования, увеличить производственные мощности. Интегрированные программные продукты Symmetry убеждают, что использование нужных данных в нужное время открывает новые возможности для реализации невероятных преимуществ интеллектуальных технологий Schlumberger.