



UniSim Design — эффективный подход к моделированию жизненного цикла ТП

Л.К. Мхитарян, М. Бродкорб, М. Росс, И.В. Слостенов (ЗАО «Хоневелл»)

Рассматриваются применения моделирования ТП в жизненном цикле производственного предприятия. Рассмотрены возможности пакета моделирования UniSim® Design Suite для решения отдельных задач на различных стадиях жизненного цикла ТП. Приводятся примеры внедрения технологий моделирования компании Honeywell в реальных проектах.

Ключевые слова: статическое и динамическое моделирование, оптимизация ТП, усовершенствованное управление, управление производственными активами, прогнозирование коррозии.

Введение

За четверть века присутствия на рынке ПО для моделирования ТП в области его применения для проектирования новых и модернизации действующих промышленных предприятий значительно расширились. В первую очередь это объясняется тем, что динамическое моделирование ТП сегодня превратилось в общепринятую и проверенную технологию, используемую для решения следующих смежных задач¹:

- расчет аварийного сброса давления в предохранительных клапанах;
- проектирование систем усовершенствованного управления ТП;
- гидродинамические расчеты (трубопроводы);
- тестирование и настройка систем управления ТП;
- повышение эффективности и надежности ТП за счет обучения операторов.

Решение каждой из этих задач представляет значительную практическую ценность. Преимущества от использования комплексного решения возрастают за счет возможности повторного использования единой созданных моделей ТП на разных производственных участках перерабатывающего предприятия. По мере развития вычислительной техники и ИТ процессы создания динамических моделей непрерывно совершенствовались. Современное ПО для моделирования ТП позволяет строить полномасштабные высокоточные модели сложных процессов за минимальные сроки.

В статье кратко описываются этапы моделирования расширенного жизненного цикла ТП, и приводятся при-

меры его успешного применения заказчиками компании Honeywell. Акцент делается на менее известных российскому читателю приложениях.

Моделирование расширенного жизненного цикла — использование моделей ТП от проектирования до эксплуатации

Моделирование ТП основано на математических моделях, точно воспроизводящих физико-химические процессы, протекающие в технологических аппаратах. Эти модели лежат в основе проектирования, управления (тренажеры для обучения операторов) и оптимизации ТП (системы усовершенствованного управления). В прошлом эти модели преимущественно применялись изолированно, поскольку поступали от различных поставщиков или различных отделов одного поставщика. Революционным достижением в моделировании стало объединение моделей разных производственных стадий в едином системном подходе, охватывающем весь жизненный цикл предприятия (рис. 1).

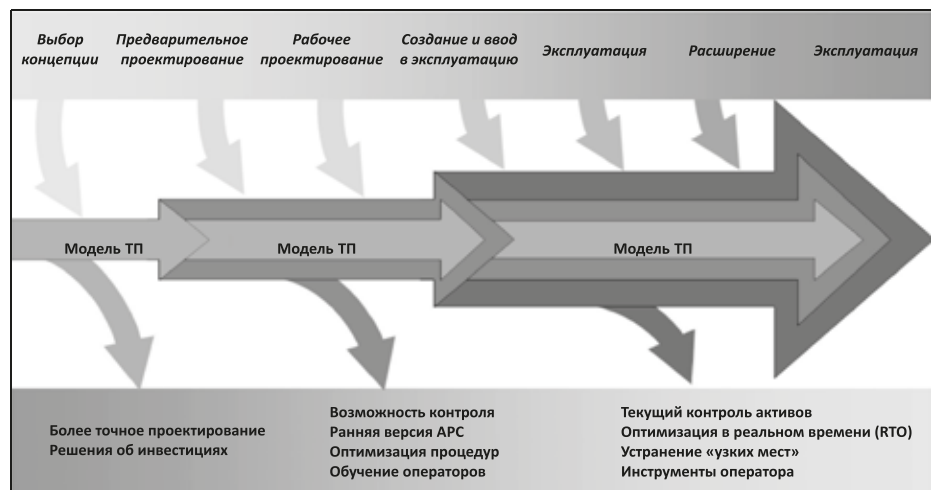


Рис. 1. Моделирование жизненного цикла ТП

¹ Например, динамическое моделирование ТП считается эффективным подходом к проектированию факельных систем в применимом руководстве API (API 521).

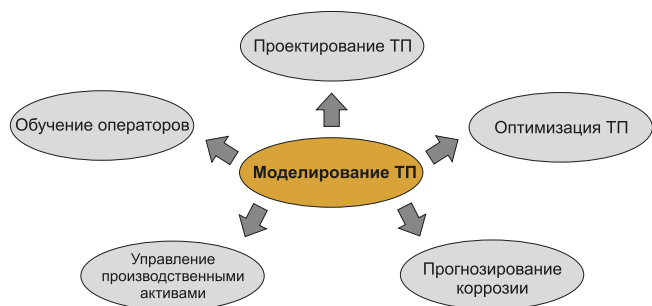


Рис. 2. Использование моделирования в расширенном жизненном цикле ТП

Такой подход обеспечивает непротиворечивость используемых данных на всех этапах жизненного цикла предприятия. Изменение технологических условий сопровождается изменением информации, поступающей на схему моделирования. Таким образом, модель остается актуальной, непротиворечивой и отражает реальные условия протекания ТП. Без такой связи каждый отдельный инструмент моделирования начинает «по своему» отклоняться от нормы. Компания Honeywell лидирует в создании систем связанного моделирования жизненного цикла предприятия, основой которых является среда UniSim® Design Suite, позволяющая создавать как статические, так и динамические модели сложных ТП.

В среду моделирования ТП UniSim® Design Suite (USD) встроено большое число утилит, позволяющих рассчитывать различные свойства потоков и параметры оборудования. Существенным преимуществом пакета является возможность его интеграции с другими продуктами Honeywell, что позволяет использовать модели, созданные в USD, в разных областях. При этом одни и те же модели с незначительными доработками могут использоваться для разных задач.

Этапы моделирования жизненного цикла ТП

Основные задачи, решаемые средствами компьютерного моделирования, в расширенном жизненном цикле ТП представлены на рис. 2.

Проектирование ТП

Моделирование — устоявшаяся технология, используемая во всей нефтегазовой отрасли для проектирования и реинжиниринга ТП [1–3]. Здесь в основном используются статические модели.

Обучение операторов

Системы обучения операторов — одно из самых известных применений динамических моделей ТП. В последнее время акцент в обучении операторов сместился в сторону профессиональной подготовки персонала [4], что выводит обучение операторов на качественно новый уровень. Для создания тренажерных комплексов компанией Honeywell было разработано приложение UniSim Operations, позволяющее объединять тренажерные модели ТП с PCY. Пакет USD позволяет использовать уже разработанные на этапе проектирования статические модели в качестве основы для динамических моделей тренажерного комплекса.

Жизненный цикл нельзя, в сущности, назвать ни длинным, ни коротким, так как он именно и служит масштабом, которым мы измеряем все остальные сроки.

Ремейк по фразе Артура Шопенгауэра

Оптимизация ТП

Широко распространенным средством повышения эффективности производства являются системы усовершенствованного управления ТП (Advanced Process Control — APC) [5], представляющие надстройку над базовой системой управления. Системы APC позволяют с высокой точностью удерживать параметры технологического режима близкими к оптимальным, что способствует повышению качества выпускаемой продукции и энергетической эффективности ТП.

Решение APC компании Honeywell основано на приложениях Profit® Controller (позволяет стабилизировать заданные значения технологических параметров с высокой точностью) и Profit® Optimizer (рассчитывает оптимальные значения технологических параметров установки или группы установок по некоторой целевой экономической функции). Работа этих приложений основана на относительно простых математических моделях, отражающих зависимости между контролируруемыми технологическими параметрами, управляющими переменными и наблюдаемыми возмущениями. Расчет таких моделей не требует больших вычислительных ресурсов, что позволяет выбирать и поддерживать оптимальные значения параметров в реальном времени.

Однако при изменении условий протекания процесса точность таких моделей может ухудшаться. Для обновления зависимостей в моделях Profit® Controller и Profit® Optimizer разработан пакет оптимизации UniSim® Optimization Suite (USOS) — высокоэффективная альтернатива дорогостоящим полномасштабным системам оптимизации ТП. Центральное звено USOS (называемое Profit® Bridge) автоматически извлекает данные из фундаментальных нелинейных моделей USD и регулярно обновляет линейные модели в приложениях усовершенствованного управления ТП (рис. 3). Это позволяет учитывать в управлении переменные факторы (изменение сырья, экономические и экологические условия) и получать дополнительные выгоды от оптимизации.

Пакет USOS может работать с любыми моделями пакета UniSim® Design Suite, легко настраивается на модели, предоставляемые большинством существующих систем моделирования, и может использовать специальные модели процессов, разработанные пользователями.

Основное преимущество USOS заключается в возможности использования моделей разного масштаба. Вместо моделирования всего ТП это решение позволяет выборочно использовать нелинейные модели отдельных блоков процесса (по необходимости). Использование модели меньшего масштаба приводит

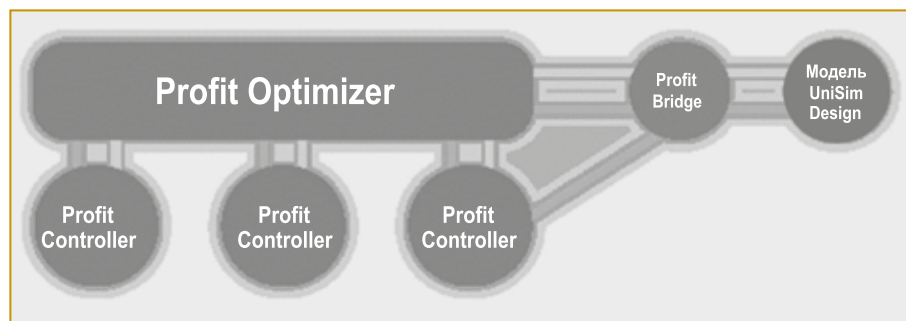


Рис. 3. Архитектура пакета оптимизации UniSim® Optimization Suite

к снижению затрат на установку и поддержку, повышению скорости моделирования и коэффициента эксплуатационной готовности системы усовершенствованного управления.

Пакет USOS следует использовать там, где нелинейный характер сложного ТП может привести к неустойчивости оптимального режима управления (например, при чрезмерно глубоком крекинге на установке псевдооживленного каталитического крекинга) или к смещению оптимального состояния процесса (например, при оптимизации работы этиленовой установки с переменной подачей сырья).

Управление производственными активами

Общей проблемой различных отраслей перерабатывающей промышленности является сложность анализа больших объемов данных о состоянии оборудования и активов. Операторам приходится иметь дело с огромным числом предупредительных и аварийных сигналов при отсутствии интеллектуального представления состояния оборудования. Планы технического обслуживания часто не соответствуют текущему состоянию оборудования и, в конечном счете, сводятся к реакции на нештатные ситуации. Соответствующие службы предприятий для расстановки приоритетов в работе и эффективного применения своих ресурсов вынуждены полагаться только на результаты периодических проверок. В результате имеем ненадежное состояние оборудования, внеплановые простои, повреждения и отказы без предупреждения или с минимальным уровнем предупреждения.

Разработанное Honeywell приложение Asset Manager позволяет эксплуатационному и ремонтному персоналу получать актуальную информацию о реальном состоянии критически важного производственного оборудования [6]. Пакет Asset Manager предоставляет пользователю удобные инструменты визуализации и обеспечивает обмен данными с системой UniSim® Design, что позволяет оценивать состояние оборудования с использованием библиотеки моделей UniSim® Design или динамического пакета Thermo.

Прогнозирование коррозии

В течение десятилетий инженеры НПЗ, занимающиеся прогнозированием коррозии, использовали старые методы количественного анализа коррозии при воздействии кислой воды в нефтеперерабатывающих системах без учета сложного влияния гидродинами-

ки и режимов потоков. Благодаря разработанному Honeywell ПО Predict-SW появилась возможность использовать инженерную базу данных и модели поддержки решений для прогнозирования коррозии в системах щелочной и кислой воды как функции критических параметров окружающей среды (концентрация NH_4HS , парциальное давление H_2S , температура, концентрация углеводородов,

характеристики потоков и касательных напряжений в стенках) [7]. Интеграция ПО Predict-SW и UniSim® Design позволяет включить уровень коррозии в переменные моделирования. В результате в UniSim® Design рассчитываются динамически обновляемые параметры прогнозируемой скорости коррозии. Это позволяет пользователю моделировать ТП с учетом эффекта коррозии, ее последствий и способов защиты.

Заключение

Пакет UniSim® Design можно использовать для проектирования ТП, обучения операторов и оптимизации управления. В пакет входят сотни отдельных инструментов моделирования и тысячи математических моделей, что делает его одним из самых мощных приложений для нужд перерабатывающей промышленности. Необходимость его использования объясняется большой сложностью моделирования ТП в проектных и производственных отделах предприятий. Теперь эти службы могут работать с точными представлениями технологических агрегатов и проверять альтернативные сценарии управления и оптимизации без риска для производства.

Практические примеры моделирования ТП с помощью пакета UniSim Design

PDO (Оман). В процессе модернизации в 2011 г. принадлежащего PDO эксплуатационного комплекса Lekhwair Production Station (LPS) в Лехваире была разработана модель поиска неисправностей и оптимизации ТП. Наряду с существующими установками проект охватил все новые объекты и тренажер обучения операторов, призванный помочь персоналу подготовиться к модернизации от PCU TDC3000 до Experion PKS Honeywell. Обучение было проведено в течение 2013 г. и существенно повысило эффективность и надежность работы операторов.

Заказчик поручил компании Honeywell реализовать проект с помощью пакета UniSim® Design. Динамическая модель и разработанная Honeywell тренажерная система значительно улучшили стратегию эксплуатации и управления установками а также позволили проверить логику управления новыми установками и оценить уровень компетенции операторов. Среди неожиданных преимуществ — обнаружение пробелов

в обновленных логических контурах управления процессом подготовки кислого газа и выявление неправильно откалиброванного датчика расхода. Предложения компании Honeywell по модификации PCU были внедрены также на уже функционирующих установках. В частности, динамическое моделирование использовалось для критически важного исследования процессов разрушения металлов от хрупкости по всей площадке LPS, а также для поиска неисправностей и оптимизации. Полученные сведения использовались и другими подразделениями PDO. Аналогично тренажерная система, используемая для повышения надежности работы операторов в центральной операторной, также применялась на других объектах PDO.

И, наконец, свою ценность подтвердила статическая модель LPS, использованная в исследовании по добыче нефти усовершенствованными методами и в обновлении документации по тепловому и материальному балансу для зимних и летних условий. Тем самым получены точные технологические данные для многих других исследований и проектов LPS в разных подразделениях PDO.

Завод синтетического жидкого топлива (СЖТ) PEARL (Катар) — крупнейший в мире завод по переработке природного газа в эффективно сгорающие виды топлива [8]. В процессе проектирования был разработан универсальный динамический имитатор ТП, который можно использовать в течение всего жизненного цикла завода. К настоящему времени имитатор задействован в следующих целях: инженерные исследования на этапе проектирования, материально-технического снабжения и строительства; пусковые проверки сложных схем управления ТП и сценарии остановов; проверка пусковых процедур; предварительное проектирование всех аспектов работы завода, включая работу с использованием систем усовершенствованного управления; периодическая переподготовка персонала; аттестация операторов; обучение человеко-машинным интерфейсам систем управления, связанное с проектом; разработка систем усовершенствованного управления ТП; специальные исследования (обучение человеко-машинным интерфейсам систем управления, связанное с проектом); исследования компрессоров.

TGE Gas Engineering (Германия). Исследование установки повторного сжижения газа проводилось компанией TGE с помощью статического и динамического моделирования ТП в пакете UniSim® Design². Поставляемый газ (например, сжиженный природный газ, этан, этилен, пропилен и т. д.) транс-

портируется в сжиженном виде при определенных температуре и давлении. Обычно используется достаточно низкое давление, что обеспечивает поддержание крайне низкой температуры. Грузовые емкости хорошо изолированы, однако газ в них постоянно испаряется. Во время транспортировки такой отпарной газ должен быть снова переведен в жидкое состояние в системе повторного сжижения. Используя пакет UniSim® Design, пользователь разработал систему повторного сжижения для пяти новых судов транспортной компании Navigator Gas. Сначала была использована статическая модель, а затем была разработана и динамическая модель, использованная для проектирования системы управления ТП.

НПЗ MIRO (Германия). После добавления природного газа в систему топливного газа НПЗ MIRO подробное динамическое моделирование новой системы обеспечило стабильность работы и короткий пусковой период³. Завод расширил систему топливного газа, проверив и реализовав возможность использовать природный газ в качестве дополнительного источника энергии. Обязательным требованием к интеграции новой системы в действующую систему топливного газа было подключение без остановки производственного оборудования. Поэтому было решено провести подробное исследование динамической модели вновь пускаемой и интегрированной системы топливного газа с помощью пакета UniSim® Design. Цели имитационного моделирования заключались в обеспечении стабильной и безопасной работы и в сокращении сроков пуска новой системы.

Список литературы

1. Стефенсон Г., Хендерсон П., Шиндлер Г., Дозорцев В.М. За пределами тренинга операторов: другие области применения имитационного моделирования ТП // Промышленные АСУ и контроллеры. 2009. № 6. С. 22-26.
2. МакГерр Г., Дозорцев В.М. Повышение эксплуатационной готовности производства // Rational Enterprise Management. 2009. № 5. С. 66-69.
3. Дозорцев В.М., Крейдлин Е.Ю. Современные автоматизированные системы моделирования ТП // Автоматизация в промышленности. 2009. № 6. С. 11-16.
4. Дозорцев В.М., Агафонов Д.В., Назин В.А., Новичков А.Ю., Фролов А.И. Компьютерный тренинг операторов: непреодолимая актуальность, новые возможности, человеческий фактор // Автоматизация в промышленности. 2015. №7.
5. Логунов П.Л., Шаманин М.В., Кнеллер Д.В., Сетин С.П., Шундерюк М.М. Усовершенствованное управление ТП: от контура регулирования до общезаводской оптимизации // Автоматизация в промышленности. 2015. № 4.

² Виртуальный ввод в эксплуатацию системы грузообработки газозовозов (Scheuring и др.1.; Procees Technology Quartaly, PTQ, 2/2014).

³ Приоритетное управление топливным газом (Scheuring и др.; Procees Technology Quartaly, PTQ 4/2014).

Мхитарян Лусине Кареновна — канд. юр. наук, руководитель отдела продаж подразделения высокотехнологичных решений в России и СНГ, *Майкл Бродкорб* — руководитель консалтинговой группы по программному обеспечению в регионе ЕМЕА,

Мартин Росс — менеджер по продуктам моделирования ТП, *Игорь Владимирович Сластенов* — старший инженер ЗАО «Хоневелл». Контактный телефон (495) 796-98-00.