

СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ

В настоящее время растет число схмотехнических решений способов организации химико-технологических процессов (ХТП), которые состоят из большого количества взаимосвязанных подсистем и нацелены на улучшение качества и минимизацию затрат на выпуск конечного продукта. Современные ХТП обладают высокой степенью сложности организации схмотехнических решений (СТР), функционирования, реализации, что значительно затрудняет использование аналитических методов исследования. Это приводит к необходимости применения имитационного моделирования (ИМ), которое позволяет выполнить исследование, проектирование и оптимизацию технологического процесса более эффективно, т.е. учесть влияние большого количества параметров на протекание процесса и выявить качественные и количественные характеристики с меньшими затратами временных и финансовых ресурсов.

Имитационное моделирование ХТП сочетает достоинства как теории, так и эксперимента. Работа не с самим физическим объектом, а с его моделью, даёт возможность исследовать его свойства и поведение в любых ситуациях [1]. Имитационные исследования с моделями объектов позволяют изучать объекты в достаточной полноте, что трудно воспроизводимо при проведении экспериментов.

На сегодняшний день на зарубежном и отечественном рынке присутствует большое количество программных комплексов для проведения имитационного моделирования ХТП, которые представляют собой программы для выполнения инженерных расчетов различных СТР технологических процессов с минимальным набором вычислительных средств для моделирования статических и динамических процессов [2].

Для выявления характерных особенностей построения программных комплексов, предназначенных для проведения имитационного моделирования, в данной статье рассмотрены программные продукты, которые получили наибольшее распространение (таблица 1) согласно запросам в поисковых системах и применению на предприятиях на мировом рынке.

Программное обеспечение (ПО) Hysys предназначено для моделирования ХТП с целью оптимизации проектирования СТР технологического процесса. Программа, 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. Имеется возможность выполнять расчеты основных конструктивных характеристик оборудования [3].

Aspen Plus представляет собой программный пакет, предназначенный для моделирования в стационарном режиме, проектирования ХТП, контроля производительности оборудования, оптимизации и бизнес-планирования в области добычи и переработки углеводородов и нефтехимии [4].

gPROMS ModelBuilder является средой моделирования для стационарных и динамических систем, которая ориентирована на применение в перерабатывающей промышленности [5].

Программный комплекс **CHEMCAD** ориентирован на моделирование ХТП. 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 [6].

Design II — программный продукт компании WinSim Inc. — имеет все инструменты для полноценного моделирования в газонефтепереработке и включает набор из 880 различных компонентов [7].

Программное обеспечение для моделирования технологических процессов **PRO/II** — это симулятор стационарного режима, улучшающий процессы проектирования и операционного анализа. Он предназначен для выполнения точных расчетов массового и энергетического баланса для широкого спектра производственных процессов. Отрасли применения: нефтепереработка, газопереработка, нефтехимия, химия [8].

ProMax представляет собой мощный и универсальный пакет программного обеспечения для моделирования процесса, который используется для разработки и оптимизации ХТП [9].

Программный продукт **GIBBS** включает средства для моделирования процессов промышленной подготовки природных газов, включая обычные установки низкотемпературной сепарации, низкотемпературные детандерные установки с частичным или полным фракционированием жидких углеводородов, процессы обработки газа с впры-

№ п/п	Наименование	Aspen Hysys	Aspen Plus	gProms ModelBuilder	CHEMCAD	DESIGN II	Pro II/ ProVision	Promax	GIBBS	КОМФОРТ
1.	Страна разработки	Канада	США	Великобритания	США	США	Великобритания	США	Россия	Россия
2.	Разработчик	Hyprotech Ltd*	AspenTech	PSE Ltd	Chemstations, Inc	WinSim Inc.	Invensys	Bryan Research & Engineering Inc.	Топэнергобизнес	ChemFort
3.	Бесплатные лицензии	-	-	-	-	3 мес.	-	-	ограниченная	45 дней
4.	Ориентировочная стоимость	8,5 млн руб.	8,5 млн. руб.	7,0 млн. руб.	270 тыс. руб.	210 тыс. руб.	1,3 млн. руб.	3,0 млн. руб.	600 тыс. руб.	450 тыс. руб.
5.	Количество клиентов, > шт.	1500	500	500	1000	20	100	5	30	10

Таблица 1. Системы имитационного моделирования

* В 2002 году компания Hyprotech Ltd была приобретена Aspen Technologies. Hysys вошел состав пакета инженерного модуля AspenONE Engineering пакета AspenONE под наименованием Aspen Hysys.

ском, сбором и регенерацией ингибиторов гидратообразования, промышленной и заводской подготовки и переработки газоконденсата и нефти, включая дезанизацию, стабилизацию и фракционирование по топливному варианту, газодифракционирование установки [10].

Система моделирования **Комфорт** 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 схем. Программа имеет средства для расчета всех основных процессов фракционирования для газопереработки [11].

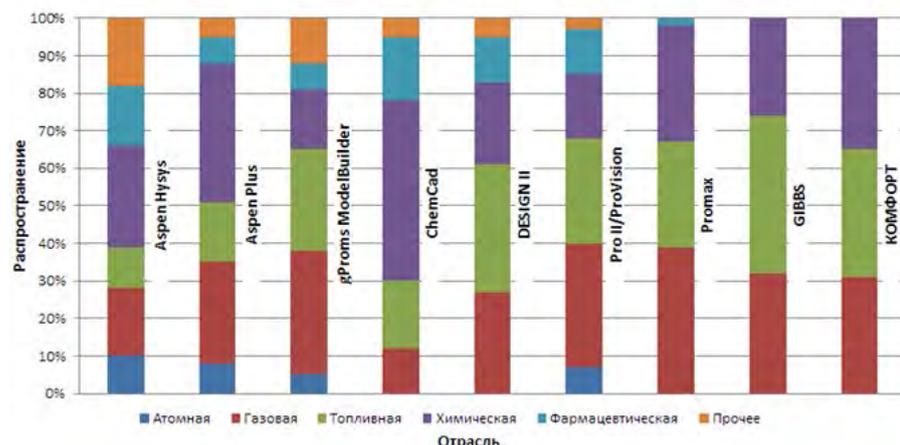
Представленные программные комплексы имеют различные формы лицензирования: локальные, сетевые и бесплатные. Локальная лицензия предусматривает установку программы на конкретный ком-

пьютер, авторизуется и работает только на нем. Сетевая лицензия предназначена на установку продукта на несколько компьютеров, но при этом количество одновременных пользователей не должно превышать количества купленных лицензий. Бесплатная лицензия распространяется для «ознакомления» возможностей ПО, которые имеют временные или функциональные ограничения. Сводка по приведенным выше системам имитационного моделирования представлена в таблице 1.

Применение программных комплексов направлено на усовершенствование технологического процесса и получение достоверных предсказаний параметров, а также на решение задач, связанных с нахождением оптимального способа осуществления технологического процесса в сжатые сроки и с минимальной вероятностью допущения ошибок. Например, в топливной промышленности данные программные продукты используются для переработки тяжелой сернистой нефти, нефтеподготовки и т.п. Применение в фармацевтической промышленности предназначено для моделирования реакционных и периодических дистилляций углеводородов. Таким образом, данные программные комплексы используются в проектируемых организациях, в промышленности. Процент распространения и применения ПО показан на рисунке 1.

Анализ зарубежного и отечественного рынка средств имитационного моделирования ХТП показал, что существует значительное количество специализированных средств для моделирования технологических процессов, которые обладают различным функционалом и назначением. Для оценки потенциала программного продукта были выделены несколько характеристик, которые определялись по их наличию (таблица 2).

Рисунок 1. Оценка распространения ПО



Из таблицы видно, что существующее ПО имеет большой потенциал для моделирования ХТП, но при этом большая часть программных комплексов имеет ряд ограничений: отсутствие структурной идентификации и модулей оптимизации, небольшой функционал интерактивных отладчиков, небольшое количество типовых моделей, большая погрешность при расчетах и другие. Данные ограничения требуют от потребителя ПО наличия специальных знаний в области математического описания процессов и в программировании. Ограниченность ПО в части моделирования в реальном времени и возможности оптимизации с учетом самых различных факторов не обеспечивает получение точной и оперативной информации, что особенно важно

№ п/п	Характеристика ПО	Aspen Hysys	Aspen Plus	gProms ModelBuilder	CHEMCAD	DESIGN II	Pro II / ProVision	Promax	GIBBS	КОМ-ФОРТ
1.	Библиотеки и шаблоны	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.	Создание библиотек и шаблонов	+	+	+	+	+	+	-	+	-
3.	Пользовательские программы	+	+	+	+	+	+	+	-	+
4.	Стационарные системы	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5.	Динамические системы	+	+	+	+	+	+	-	+	-
6.	Дискретно-событийное моделирование	+	+	+	-	-	-	-	-	-
7.	Структурное моделирование	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.	Комбинированный подход	+	+	+	+	-	+	-	-	-
9.	Моделирование в реальном времени	+	+	+	-	-	-	-	-	-
10.	Модуль оптимизации	+	+	+	-	-	-	-	-	-
11.	Потоки случайных чисел	+	+	+	-	-	-	-	-	-
12.	Независимые прогоны моделей	+	+	-	-	-	-	-	-	-
13.	Разработка сценариев	+	+	+	+	-	+	-	-	-
14.	Планирование экспериментов	+	+	+	-	-	-	-	-	-
15.	Интерактивный отладчик	+	+	+	-	+	+	-	-	-

Таблица 2. Характеристики программных комплексов

для совершенствования процесса управления в жёстких условиях конкуренции по показателям цена/качество/количество, энергозатратами и эффективностью работы оборудования.

В состав представленного ПО входят готовые модули (таблица 3), описывающие технологические аппараты, физико-химические свойства компонентов, позволяющие упростить построение схематических решений технологического процесса для их расчетов. Наличие ограниченного числа модулей не позволяет проводить моделирование сложных СТР, что требует постоянного совершенствования программ.

Приведенные выше существующие на мировом рынке коммерческие системы имитационного моделирования ХТП позволяют провести разработку и проектирование новых химико-технологических схем, а также анализ функционирования существующих технических решений. Применение данных программных продуктов минимизирует финансовые и временные затраты, но не дает гарантированные адекватные результаты без специалистов, обладающие знаниями в области технологии, математики, физики, химии.

Таблица 3. Модули, входящие в программный комплекс

№ п/п	Наименование модуля	Aspen Hysys	Aspen Plus	gProms ModelBuilder	CHEMCAD	DESIGN II	Pro II / ProVision	Promax	GIBBS	КОМ-ФОРТ
1.	Компоненты	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.	Ректификационные колонны	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.	Перегонные колонны	+	+	+	+	+	+	-	+	+
4.	Трубопроводы	+	+	+	+	+	+	+	+	-
5.	Реакторы	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6.	Адсорберы	+	+	+	-	-	-	-	-	-
7.	Теплообменники	+	+	+	+	-	+	-	-	-
8.	Насосы и компрессоры	+	+	+	-	+	-	-	-	-

Список используемых источников

1. Баженов Р. И. Интеллектуальные информационные технологии. – Биробиджан: ПГУ им. Шолом-Алейхема, 2011. – 176 с.
2. Бочкарев В.В. Оптимизация химико-технологических процессов. Практикум / В.В. Бочкарев, А.А. Троян; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 160 с.
3. Электронный ресурс: <http://www.aspentech.com/hysys/>.
4. Электронный ресурс: <http://www.aspentech.com/products/aspenONE/>.
5. Электронный ресурс: <https://www.psententerprise.com/products/gproms>
6. Электронный ресурс: <http://www.chemstations.com/>.
7. Электронный ресурс: <https://www.winsim.com/>.
8. Электронный ресурс: <http://software.schneider-electric.com/products/simsci/design/pro-ii/>.
9. Электронный ресурс: <https://www.bre.com/Default.aspx>.
10. Электронный ресурс: <http://www.gibbsim.ru/>.
11. Электронный ресурс: <http://chemfort.ru/>.