

УДК 665.330.115

Схема моделирования процессов в нефтепереработке

Modeling scheme of oil refining processes

Жангереева Г.Ж.¹, Шамбилова Г.К.¹, Муратбекова А.А.²

¹Атырауский государственный университет им. Х.Досмухамедова (E-mail: shambilova_gulba@mail.ru);

²Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова

Мақалада қазіргі кездегі мұнай өңдеу өнеркәсібіндегі химиялық-технологиялық процестерді модельдеу мен тиімділеудің сұрақтары қарастырылған. Математикалық модельді жасау химиялық-технология біртұтас жүйе ретінде жұмыс істеу қажеттігін көрсетті. Мұнайхимия өнеркәсібі жүйесінің жұмысын бағалау үшін оның тиімділік көрсеткіштері қолданылады. Мұндай көрсеткіштер ретінде мұнайхимия өнеркәсібінің экономикалық және технологиялық параметрлері алынады. Модельді жасаудың математикалық жолы жүйенің жұмыстық параметрлеріне әсер ететін шығу мәндеріне тәуелділік түрлерін анықтауға келіп тірелетіні және мұнай өңдеу өнеркәсібін басқарудағы адами фактордың маңызды рөлі де көрсетілген.

This article examines the issues of modeling and optimization of modern chemical and technological processes of oil refining. It is shown that the compilation of the mathematical model should reflect the nature of the operation of chemical-technological system as a whole. It is shown that both technical and economic characteristics of the petrochemical industry, which are used as the efficiency indicators of oil refining production, are used for evaluation of the system work quality. It is noted that the mathematical problem of constructing the model is reduced to finding the form of output parameters of the system depending on the parameters influencing on the system performance, as well as the important role of human factors in the manipulated oil refineries.

Химико-технологический процесс представляет собой совокупность операций, позволяющих получить целевой продукт из исходного сырья. Некоторые из этих операций необходимы для подготовки исходных реагентов к проведению химической реакции, перевода их в наиболее реакционно-способное состояние. Например, известно, что скорость химических реакций сильно зависит от температуры, поэтому часто реагенты до проведения реакции нагревают. Чтобы устранить побочные явления и получить продукт высокого качества, исходное сырье подвергают очистке от посторонних примесей, пользуясь методами, основанными на различии физических свойств (растворимость в различных растворителях, плотность, температуры конденсации и кристаллизации и т.д.). При очистке сырья и реакционных смесей широко применяют явления тепло- и массообмена, гидромеханические процессы. Возможно также использование химических методов очистки, например, химических реакций, в результате которых посторонние примеси превращаются в легкоотделимые вещества.

Важной подсистемой сложного химико-технологического процесса является химический процесс. Он представляет собой одну или несколько химических реакций, сопровождаемых тепло- и массообменными явлениями.

Оптимальные условия ведения процесса — это сочетание основных параметров (температуры, давления, состава исходной реакционной смеси, катализатора и т.д.), позволяющее получить наибольший выход продукта с высокой скоростью или обеспечить наименьшую себестоимость.

Об эффективности осуществления любого промышленного процесса судят прежде всего по экономическим показателям, таким как приведенные затраты, себестоимость продукции и т.д. Естест-

венно, что окончательная оценка эффективности химико-технологического процесса выводится из этих критериев. Однако они характеризуют весь процесс в целом, его конечный результат, не входя в детальное рассмотрение внутренней сущности, особенностей процесса.

Для оценки эффективности отдельных этапов процесса необходимо, помимо общих экономических показателей, использовать такие критерии эффективности, которые более полно отражали бы химическую и физико-химическую сущность явлений, происходящих в отдельных аппаратах технологической схемы.

В качестве таких показателей принято прежде всего использовать степень превращения исходного реагента, выход продукта, селективность. Они с разных сторон характеризуют полноту использования возможностей осуществления конкретной химической реакции.

Не всегда возможно достичь полного использования реагента. Большинство химических реакций обратимы. Для обратимых реакций при заданных условиях их осуществления предельным состоянием является состояние химического равновесия. Этому состоянию соответствует и предельно достижимая при данных условиях равновесная степень превращения.

В качестве ключевого реагента, через степень превращения которого выражают количество продуктов, удобно брать реагент, взятый либо в недостатке, либо в стехиометрическом соотношении к другому.

Разработка химико-технологической системы требует знания как общего подхода к проблеме, так и большого числа конкретных вопросов, непосредственно связанных с химико-технологическим процессом.

Современный уровень, на который поднялась химическая технология, определяется двумя чертами — ее основным научным методом исследования и ее аппаратом. Метод исследования — математическое моделирование, аппарат — теория систем и ее прикладная часть — системный анализ (совокупность методов и средств изучения сложных систем). Именно эти два положения, определяющие лицо современной технологии, являются основой разработки химических и нефтехимических процессов.

Конечная цель разработки химико-технологического и нефтехимического предприятия — это создание высокоэффективного производства, т.е. такого объекта химической промышленности, который позволит получать необходимую продукцию не только в заданном объеме и требуемого качества, но и экономически целесообразным путем. Для этого надо так управлять работой технологического оборудования, чтобы при высокой средней производительности и низких капитальных затратах обеспечить получение продукта с высоким выходом и наилучшего качества.

Такого рода проекты должны содержать следующие решения:

1) определение технологической топологии системы, которая обозначается как характер и порядок соединения отдельных аппаратов в технологической схеме. Выбор аппаратов схемы, определение характера связей между аппаратами и установление оптимального порядка соединения отдельных аппаратов системы в технологическую линию влияют на эффективность работы системы в целом;

2) определение значения входных переменных, которыми являются физические параметры входных потоков сырья, а также параметры различных физико-химических воздействий окружающей среды на процесс функционирования данной системы (температура, давление и т.п.);

3) установление значений технологических параметров процесса (степени превращения сырья, степени разделения химических компонентов, констант скоростей химических реакций, коэффициентов массо- и теплопередачи и т.п.);

4) определение конструктивных параметров ХТС (геометрических характеристик аппаратурного оформления — объема химического реактора, основного сечения аппарата, высоты слоя насадки и т.п.);

5) выбор параметров технологического режима в аппаратах (элементах) системы — совокупности основных факторов (температуры, давления, активности применяемого катализатора, условий гидродинамического перемещения потоков компонентов), которые влияют на скорость технологического процесса, выход и качество получаемого продукта, а также выбор параметров технологических потоков, обеспечивающих работу системы в заданном режиме (массовый расход, температура, давление, концентрация веществ в потоке и т.д.).

Кроме перечисленных задач, приходится решать и ряд других, не менее важных. Это разработка принципов автоматического управления отдельными технологическими процессами и производством в целом, подбор конструктивных материалов, разработка методов аналитического контроля, соблю-

дение санитарно-гигиенических условий труда и т.п. В настоящее время большое значение придается охране окружающей среды. Поэтому вопросы экологии также учитываются при создании новых производств. И, конечно, нельзя создать эффективно работающее предприятие без учета современных прогрессивных направлений в развитии химической технологии. К ним относятся проблемы рационального использования сырья, энергии, создания энерготехнологических схем, увеличения единичной мощности аппаратов и т.п.

Решение поставленных задач позволит создать эффективно функционирующую систему, обеспечивающую требуемые значения выходных переменных технологической системы, которыми являются физические параметры материальных и энергетических потоков на выходе из системы (массовый расход, концентрация химических компонентов, температура, давление, вязкость, плотность и т.д.).

Оценку качества (эффективности) работы системы осуществляют с помощью показателя (критерия) эффективности функционирования нефтехимического производства. В качестве такого показателя могут использоваться как технологические, так и экономические характеристики химического производства. Важно так выбрать показатель эффективности, чтобы он достаточно полно характеризовал качество функционирования системы, а для этого он должен учитывать все основные особенности и свойства системы, условия ее работы и взаимодействие с внешней средой.

Отличительной особенностью иерархической структуры химического предприятия является не только наличие отношений соподчиненности между уровнями (подсистемами) иерархии, но и существование взаимосвязи между подсистемами одного и того же уровня.

На практике деятельность инженера-механика сводится к решению двух основных задач; проектирование и создание новых высокоэффективных технологических процессов либо эксплуатация уже существующих производств, их интенсификация и повышение эффективности их функционирования. Эти задачи решаются в несколько этапов (стадий), совершающихся либо одновременно, либо последовательно. Для того чтобы представить общий объем работы, отдельные ее этапы, связь между этими этапами и последовательность их выполнения, удобно задачу создания и эксплуатации технологической системы рассматривать как многоуровневую, с различными по сложности уровнями.

Первым уровнем этой общей задачи является построение (создание) математических моделей отдельных элементов и на их основе полной математической модели производства.

Математическая модель должна отражать сущность функционирования технологической системы как единого целого. Для этого в модели должны быть описаны в виде количественных зависимостей важнейшие стороны нефтехимического производства. Прежде всего в математической модели отражаются сущность химико-технологических процессов, протекающих в элементах системы, а также технологические связи между элементами, динамика взаимодействия элементов и подсистем сложной технологической системы. Наряду с этим уже на стадии создания математической модели необходимо выбрать показатель эффективности функционирования технологии производства, установить его функциональную зависимость от различных факторов, позволяющую определять его числовые значения при различных условиях работы системы.

Математически задача построения модели сводится к нахождению вида зависимости выходных параметров системы от параметров, оказывающих влияние на работу системы; к таковым относятся:

- 1) входные переменные (количество сырья, его состав и т.п.); обозначим эти факторы X_1, X_2, \dots, X_n , а весь набор этих факторов X назовем вектором входных переменных;
- 2) внешнее воздействие (окружающей среды); вектор параметров окружающей среды (температура, давление и т.п.) V ;
- 3) технологические параметры элементов системы; вектор этих параметров D ;
- 4) конструкционные параметры; их вектор K .

При составлении математической модели отдельного элемента учитывается перечисленный выше перечень факторов. Тогда математическая модель единичного элемента, выражающая зависимость выходных параметров (количество готового продукта, его состав и т.п.) от параметров, влияющих на систему, выглядит следующим образом:

$$Y = f(X, V, D, K),$$

где Y — вектор выходных параметров.

Если в системе N элементов (аппаратов), то для всех составляются подобные зависимости (i — номер любого элемента системы от 1 до N):

$$Y_i = F_i(X_i, V_i, D_i, K_i).$$

Естественно, что для каждого элемента системы эта функциональная зависимость принимает конкретный вид. Это отражено в уравнении тем, что вместо символа функции f , как в уравнении, стоит символ F_i , обозначающий вектор-функцию от вектора переменных, т.е. набор различных функций для разных аппаратов. Создание эффективной химико-технологической системы управления в нефтепереработке является также актуальной задачей сегодняшнего дня.

Особенностью большинства технологических объектов нефтепереработки является их большая сложность и участие человека в контуре управления ими. Сложность проявляется в значительном числе и многообразии параметров объектов, определяющих течение различных процессов, в большом числе внутренних связей между параметрами, в их взаимном влиянии, в недостаточной изученности свойств объектов и протекающих в них процессов, а также в неформализуемых действиях человека (оператора, технолога, производственного персонала), являющихся зачастую субъективными.

В этих условиях при исследовании технологических установок нефтепереработки с целью построения их математических моделей возникает проблема неопределенности, так как исходная информация, которую реально удается собрать для математического описания исследуемой установки, часто оказывается в значительной степени неполной и нечеткой. Кроме того, обычно технологические объекты являются количественно трудно описываемыми, так как специальные средства сбора и обработки необходимых статистических данных в промышленных условиях недостаточны, не обладают необходимыми свойствами или отсутствуют.

Например, технологическая установка состоит из нескольких агрегатов, которые взаимосвязаны между собой по материальным, тепловым, энергетическим и информационным потокам, причем изменение параметров одного из них приводит к изменению параметров других, что влияет на количество и качество полученных продуктов. В связи с этим для исследования и управления технологическими установками необходимо иметь связанные математические модели (пакет моделей) отдельных агрегатов установки с учетом влияния параметров комплекса на каждую подсистему, на промежуточные и конечные показатели производства, на работу технологического комплекса в целом.

Модели каждого агрегата технологической установки, в зависимости от сложности доступных данных, могут быть построены с применением различных подходов (теоретического, экспериментально-статистического, на основе методов теорий нечетких множеств, комбинирования), т.е. для каждого объекта можно получить набор моделей, например, детерминирование, статистические, нечеткие, комбинированные, которые характеризуются различной возможностью, свойством и затратами на разработку. Для системного моделирования работы производственного комплекса необходимо создать модели, т.е. выбрать и построить один из возможных типов модели каждого объекта системы с учетом их последующей возможности объединения в единую систему моделей. Для этого путем экспертной оценки производится анализ достоинств и недостатков каждого типа объекта, вырабатываются критерии сравнения и выбора моделей, определяются принципы их объединения.

В качестве критериев сравнения различных типов моделей, по которым они оцениваются, можно выбрать следующие:

- доступность необходимой информации;
- возможность применения по назначению, например, в системах принятия решений;
- затраты на разработку;
- точность;
- простоту в эксплуатации и др.

Объединение моделей отдельных агрегатов установки в пакет производится в соответствии со структурой технологической установки. При этом выходы одной модели (результаты расчета) являются выходами (исходные данные) другой. Когда модели разнотипные, могут возникнуть задачи преобразования взаимосвязанных входов и выходов к одному виду. Таким образом, при выборе типов моделей объектов технологического комплекса, кроме рассмотренных выше критериев, необходимо учитывать и возможность их стыковки и объединения в единый пакет.

Из приведенных соображений можно вывести следующие этапы процедуры построения пакета моделей технологического комплекса:

- 1) изучение структуры технологической установки и выявление основных параметров, определяющих состояние объекта и связи между ними;
- 2) сбор доступной информации (теоретические сведения, экспериментально-статистические данные, качественная информация) характеризует основные параметры объекта;

- 3) на основе собранной информации определение набора моделей, которые могут быть построены для каждого объекта из комплекса;
- 4) разработка критериев и выбора моделей;
- 5) анализ выявленных моделей и выбор типа модели для каждого технологического агрегата.

Применение математических методов в экономике имеет давнюю традицию. Актуальные проблемы экономии и потребности рациональной организации экономической деятельности почти всегда были отправным пунктом математических изысканий в экономической области приложений.

Под воздействием внутренних потребностей экономической теории и запросов экономической политики складывались традиции и предмет математической экономики. Предметом исследований стали способы измерения агрегированных показателей состояния экономики (экономических индексов) и модели, представляющие собой системы математических соотношений между этими показателями. В центре оказались два типа моделей: модели равновесия и модели роста, изученные наиболее глубоко и подробно. Самым важным результатом теории равновесия было открытие глубокой взаимосвязи между задачами о рыночном равновесии и об оптимальном распределении ресурсов. Оказалось, что любую задачу распределения ресурсов можно переформулировать как задачу равновесия, а при некоторых условиях задачу равновесия — как задачу оптимального распределения ресурсов.

Модели экономического роста описывают процессы производства, распределения и потребления на характерных временах, в течение которых не изменяются вкусы и предпочтения потребителей, а также технологии производства, но растет объем спроса и создаются новые производственные мощности.

Обширный раздел математической экономики образует так называемый микроэкономический анализ, он смыкается с исследованием операций — наукой о принципах принятия решений в сложных ситуациях. Макроэкономике можно назвать теорией рационального поведения экономических объектов в тех или иных обстоятельствах.

Путем анализа и обобщения теоретических и практических результатов исследований на примере установки замедленного коксования (УЗК) Атырауского нефтеперерабатывающего завода предложена структура информационной системы для поддержки принятия решений, основными компонентами которых являются пакет моделей технологической установки, база данных и знаний, комплекс алгоритмов оптимизации и «интеллектуальный» интерфейс пользователя.

Такую структуру системы принятия решений (СПР) для управления объектами нефтегазовых производств, как и для других производств, можно представить в виде схемы (рис.).

Структура СПР

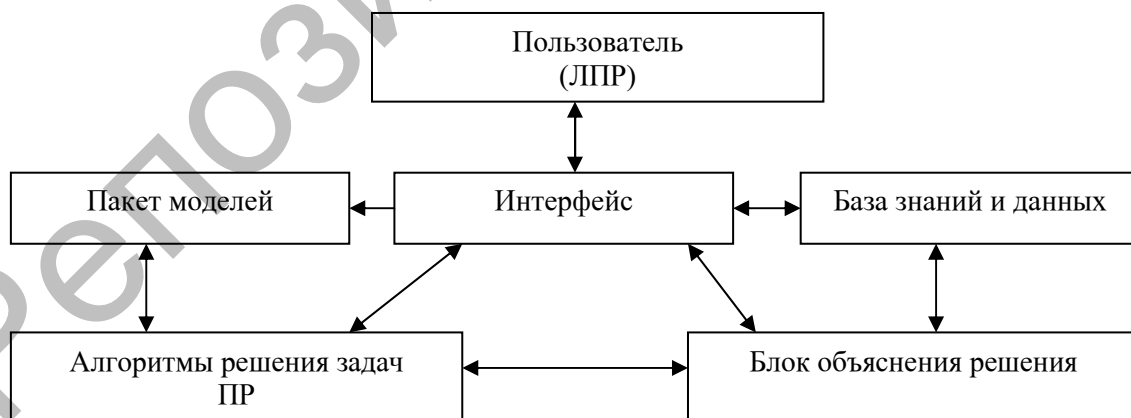


Рис. Функциональные назначения основных компонентов СПР

Пользователь — ЛПР (лицо, принимающее решение), выбирает режим работы объекта (вариант решения), обеспечивающий желаемые значения критериев, в основном экономических и экологических. Выбор решения осуществляется в зависимости от сложившейся ситуации на производстве (например, от плана выпуска, состава исходного сырья, требований и качества продукции, экологи-

ческой безопасности и т.д.), с учетом важности локальных критериев и наложенных ограничений. Для решения этой задачи ЛПП используется пакет моделей объекта, алгоритмы решения задач математического прогнозирования (задач ПР) и при необходимости база знаний и данных, блок объяснения решения и т.д. Блок пакет моделей содержит различные модели, отдельные элементы производственной системы, объединенные в единый пакет, позволяющий моделирование работы объектов в целом.

Интерфейс предназначен для обеспечения удобного диалогового режима работы пользователя с системой при управлении объектом, а также при реализации ряда других функций СПР.

References

1. Ermol'yev Yu.M. The methods of stochastic programming. — М.: Science, 1976.
2. Kolesnikov I.V. Modeling and optimization of oilrefining process. — М.: MiNiGP, 1982.
3. D'yako A.G. Systems mathematic modeling. — М.: Metallurgy, 1993.
4. Petrov A.A., Potelov I.G., Shokolin A.A. The experience of mathematic modeling of economics. — М.: Energoatomizdat, 1996.
5. Timofeev V.S., Serafimov L.A. The principles of technology of organic and petrochemical synthesis. — М., 1992.
6. Lapshennikov G., Polotsky L.M. Automation of productive processes in chemical industry. — М., 1988.

УДК 662.74:552.578

Каталитическая гидрогенизация четырехкомпонентной модельной системы полиароматических углеводородов

Catalytic hydrogenation of four-component model system of polyaromatic hydrocarbons

Ма Фэн-Юнь¹, Байкенов М.И.², Гудун К.А.²

¹Синьцзянский университет, Урумчи, КНР (E-mail: ketoenol@mail.ru);

²Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова

Мақалада антрацен–бензотиофен–дифенил–фенантрен модельді қоспасының темір катализаторлары қатысуымен каталитикалық сүтектендіру үдірісі суреттелген. Бұл модельді жүйе үшін ең тиімді катализатор гидрогенизаттағы гидридтеу өнімдерінің шығуына қарай белгіленген. Полиароматты көмірсүтекті модельдік жүйенің төрткомпонентті каталитикалық гидрогенизациясы, каталитикалық сүтектендіру реакцияларының нәтижесінде алынған өнімдері хромато-масс-спектрометрия әдістері арқылы анықталған.

It was described the process of catalytic hydrogenation of the anthracene–benzothiophene–diphenyl–phenanthrene model system in the presence of catalysts based on iron. It is established the most effective catalyst for this model system from the position of the hydrogenation products yield. It was also established the catalyst at the presence of which the model mixture of anthracene–benzothiophene–diphenyl–phenanthrene gave the lowest yields of target products. There were identified the reaction products obtained in the process of catalytic hydrogenation by the Gas chromatography-mass spectrometry method.

В последние десятилетия существенно возрос интерес к разработке и промышленному осуществлению процессов получения синтетических жидких топлив из твердых горючих ископаемых. Поскольку настоящий период характеризуется истощением запасов и удорожанием добычи нефти, возврат к уже известным технологиям (но современного уровня) получения искусственных жидких топлив, в том числе и деструктивной гидрогенизацией углей, сланцев и тяжелых нефтяных остатков, является весьма своевременным и актуальным, учитывая их значительные разведанные запасы и экономическую выгоду более квалифицированного их использования.