



УДК 66.660

РОЛЬ ИДЕАЛИЗАЦИИ И АБСТРАГИРОВАНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ

THE ROLE OF IDEALIZATION AND ABSTRACTION IN THE MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF RECTIFICATION

Константинов Егор Константинович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
george.coin2@gmail.com

Konstantinov Egor Konstantinovich
Ufa state oil technical university
george.coin2@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены некоторые этапы математического моделирования ректификационных колонн с точки зрения идеализации и абстрагирования, как основных приёмов при математическом моделировании сложных процессов.

Annotation. Some stages of mathematical modeling of distillation columns are considered from the point of view of idealization and abstraction, as the basic methods for mathematical modeling of complex processes.

Ключевые слова: ректификация, абстрагирование, идеализация, философия науки, теоретическая тарелка.

Keywords: rectification, abstraction, idealization, philosophy of science, theoretical plate.

В современном мире промышленное производство обеспечивается проведением технологических процессов разной сложности. Однако в современных условиях очень важны ресурсосберегающие и энергосберегающие технологии. Во многом они обеспечиваются путем предварительного моделирования технологического процесса. В связи с этим моделирование процессов, связанных с промышленным производством, имеет крайне высокую актуальность [1].

Основой для моделирования любого процесса является абстрагирование – процесс углубления мысли в реальный процесс, в ходе которого все внимание сосредотачивается на выделении общих свойств процесса и отбрасывание несходных различающихся свойств. Примерами из технологии может послужить различные этапы моделирования процесса ректификации, сначала мы сосредотачиваем свое внимание на процессах массо и теплообмена для определения режима работы колонны, и абстрагируемся от механических свойств потоков жидкости и пара, а затем наоборот, абстрагируемся от процессов обмена энергией и материей и рассматриваем только механические свойства жидкости и пара для того, чтобы правильно подобрать тип контактных устройств и их размеры [1].

Свойства и особенности реальных технологических процессов описывают законы физики и химии, выраженные в свою очередь математическими уравнениями. Составление этих уравнений, адекватно отражающих свойства реальных процессов любого рода и является основной задачей моделирования. Однако данная задача сопряжена с рядом сложностей: полученные уравнения могут оказываться слишком сложными или же некоторые свойства не могут быть описаны математическим аппаратом. В этом случае проводится анализ процесса с целью нахождения тех параметров процесса, которыми можно было бы пренебречь вследствие их малого влияния [3]. Эти упрощения или идеализации позволяют составить достаточно точную модель без привлечения больших трудозатрат. С такой моделью гораздо проще работать, однако чем больше модель содержит таких идеализаций, тем более узкий спектр ее применения, тем больше ограничений на нее накладывается.

Работа с математическими моделями сильно упрощает процесс исследования процессов, так как исследователь работает непосредственно с математическим аппаратом, описывающий эту модель. Для примера – человеку достаточно трудно представить себе пространство, содержащие более 3-х измерений, однако при помощи математики мы можем исследовать сколь угодно мерное пространство без необходимости его четкого представления [4].

В нефтепереработке, нефтехимии, химической промышленности очень распространен такой процесс разделения сложных смесей, как ректификация – процесс разделения смесей путем многократного контакта жидкости и пара, в ходе которого пар и жидкость обмениваются материей и энергией. Этот процесс основан на разности температур кипения компонентов. Контакт жидкости и пара происходит на контактных устройствах, которые делятся на насадочные контактные устройства и тарельчатые контактные устройства. Вне зависимости от используемого типа контактных устройств именно на них и происходит непосредственный контакт пара с жидкостью. Процессы массообмена и теплообмена, происходящие при этом описываются множеством законов [4].

Без детального моделирования работы ректификационной колонны практически невозможно заранее сказать, будет ли колонна обеспечивать качественное разделение компонентов при заданном отборе дистиллята или остатка. Одно из упрощений, допускаемых при моделировании ректификационной колон-



ны, допущение, что все контактные устройства имеют одинаковый коэффициент полезного действия – степень достижения равновесия между паром и жидкостью при некоторой температуре, когда в действительности КПД контактных устройств зависит от парожидкостных потоков, которые меняются по высоте колонны, другими словами мы принимаем разницу в КПД контактных устройств нулевой.

Определение необходимого минимума контактных устройств – важный этап моделирования, связанный с определением граничных параметров. При этом считается, что КПД всех контактных устройств не только одинаков, но и равен 1 – то есть мы имеем дело с теоретическими тарелками. На работу колонны также влияет расход орошения – флегмы. Флегма – это часть дистиллята, которая отправляется обратно в колонну с целью создания противотока пара и жидкости. Без орошения работа колонны невозможна. Отношение расходов флегмы и отбираемого сверху дистиллята называют флегмовым числом. Чем выше это число, тем больше дистиллята отправляется обратно в колонну. Чем выше флегмовое число, тем эффективнее работают контактные устройства, тем выше качество разделения.

При полном возврате всего дистиллята в колонну мы имеем дело с теоретическим режимом полного орошения (РПО). При этом разделяющая способность колонны максимальна, а число теоретических тарелок, необходимых для достижения заданного качества разделения минимально. Исследования этого теоретического режима используется для определения минимального числа теоретических тарелок – ступеней разделения. Данный режим теоретический, так как он предполагает бесконечный диаметр колонны для обеспечения необходимых парожидкостных потоков в колонне. Как понятно из определения флегмового числа, при РПО оно стремится к бесконечности.

Существует и обратная описанной выше ситуация. В случае, если мы будем увеличивать число теоретических тарелок, то расход флегмы, необходимый для обеспечения необходимого качества будет снижаться. При достаточно большом количестве теоретических тарелок при дальнейшем увеличении их количества расход флегмы будет меняться незначительно, мы достигнем минимального флегмового числа при бесконечно большом количестве теоретических тарелок. Данный режим называется режимом минимального орошения (РМО). Аналогично описанной выше ситуации, данный режим работы колонны также является теоретическим, так как он предполагает бесконечную высоту колонны и бесконечное число контактных устройств. Исследование РМО позволяет определить минимальный расход флегмы для обеспечения качества разделения.

Исходя из полученных в ходе исследования теоретических режимов работы колонны, разрабатывается режим рабочего орошения – промежуточный между РПО и РМО. При этом число теоретических тарелок и флегмовое число имеют конкретное численное выражение, обусловленное технико-экономическим анализом – следующим этапом моделирования, в ходе которого определяется наиболее оптимальный режим работы с точки зрения экономической эффективности. Обычно расход орошения на 30 % выше минимального, а число контактных устройств на 30-50 % выше минимального, однако эти параметры могут меняться с учетом всех рисков, так как колонна должна выдавать необходимое качество и количество продуктов при любых режимах работы.

Для удобства изобразим данные режимы работы колонны (рис. 1).

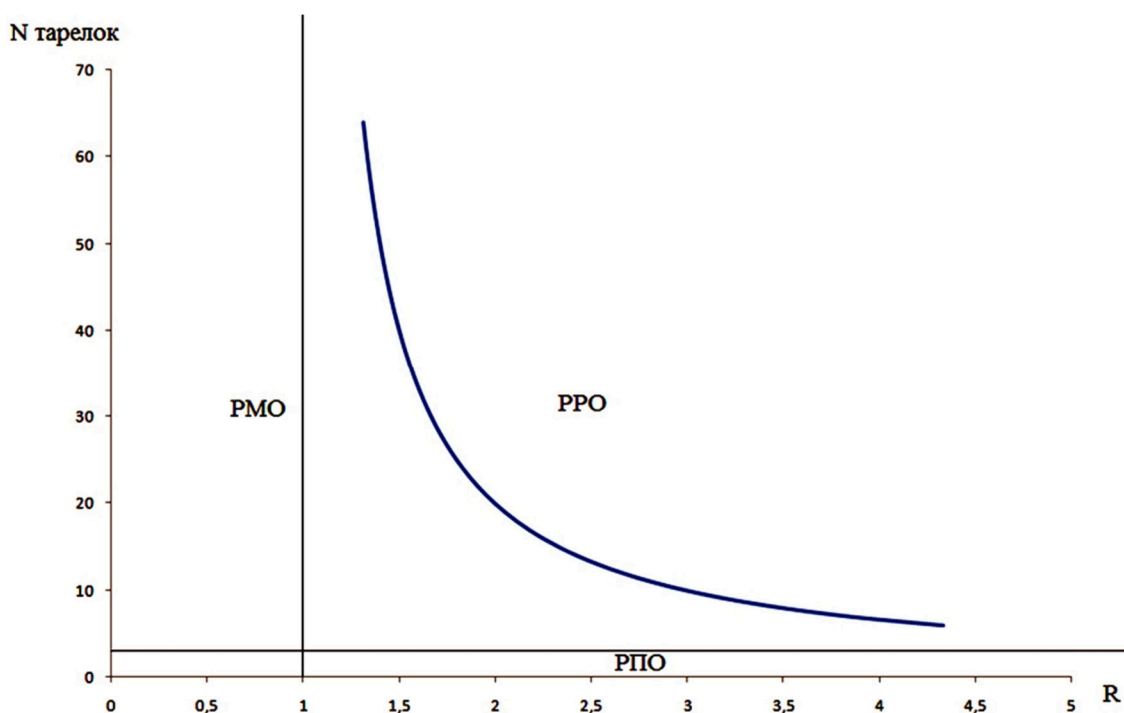


Рисунок 1 – Графическое представление различных режимов работы ректификационной колонны



На данном графике обозначены вертикальные линии – асимптоты, соответствующие идеальным режимам РПО и РМО, гипербола же отражает различные варианты рабочего режима. N – число контактных устройств, R – флегмовое число.

Классическое определение идеализации предполагает сведение некоторых незначительных параметров к нулю, либо же к бесконечности [5]. Как видно из рассмотренного выше моделирования ректификационной колонны здесь были использованы оба этих проявления процесса идеализации. Разницу в работе контактных устройств колонны мы приняли за 0, а затем последовательно изучали работу колонны при различных режимах работы, при которых флегмовое число стремилось к бесконечности, что характерно для РПО, или же число контактных устройств стремилось к бесконечности, что характерно для РМО. В результате данных упрощений мы смогли найти две граничные точки, между которыми существуют варианты реализации рабочего режима. Для нахождения этого режима мы воспользовались деидеализацией, в результате которой флегмовое число и число контактных устройств из бесконечности превратились во вполне определенные числа. При этом на этом этапе моделирования, как указывалось выше, мы абстрагировались от механических свойств пара и жидкости в колонне, оставив рассмотрение этих свойств на следующий этап моделирования, в ходе которого станет возможным определить геометрические размеры колонны, тип и размеры контактных устройств и прочие параметры.

Таким образом, абстрагирование и идеализация являются важнейшими базовыми приемами при исследовании процесса и при его математическом моделировании. В частности такой сложный по своей сути процесс как ректификация является наглядным примером, как абстрагируясь от некоторых параметров процесса и идеализуя другие параметры процесса [6], становится возможным сначала математическое моделирование процесса ректификации, что существенно упрощает проектирование реальных процессов и аппаратов.

Литература:

1. Основные процессы и аппараты химической технологии : Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. – 10-е изд., стереотипное, доработанное издание 1973 г. – М. : ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.
2. Лю Ч. Аппроксимации, идеализации и модели в статистической механике // Erkenntnis. – Dordrecht etc., 2004. – Vol. 60. – № 3. – P. 235–263.
3. Гуманитарные технологии. Информационно-аналитический портал. Методы научного познания [Электронный ресурс]. – URL : <http://gtmarket.ru/concepts/6874#t3.3.1>
4. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии / А.И. Скобло [и др.]. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : ООО Недр-Бизнесцентр, 2000. – 677 с.
5. Идеализация в социальном познании: к постановке вопроса / С.А. Шишулькин // Вестник Челябинского государственного университета. Философия. Социология. Культурология. – 2009. – № 29 (167). – Вып. 13. – С. 88–90.

References:

1. Main processes and devices of chemical technology : The textbook for higher education institutions / A.G. Kasatkin. – 10th prod., the stereotypic, modified edition of 1973. – M. : LLC TID Alyans, 2004. – 753 p.
2. Liu Ch. Approximations, idealization and model in statistical mechanics // Erkenntnis. – Dordrecht etc., 2004. – Vol. 60. – № 3. – P. 235–263.
3. Humanitarian technologies. Information and analytical portal. Methods of scientific knowledge [An electronic resource]. – URL : <http://gtmarket.ru/concepts/6874#t3.3.1>
4. Processes and devices of oil and gas processing and petrochemistry / A.I. Skoblo [etc.]. – 3rd prod. processed and added. – M. : LLC Nedra-Businesscentre, 2000. – 677 p.
5. Idealization in social knowledge: to formulation of the question / S.A. Shishulkin // Messenger of the Chelyabinsk state university. Philosophy. Sociology. Cultural science. – 2009. – № 29 (167). – Is. 13. – P. 88–90.