

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ГАЗА

Писарев М.О., Долганов И.М., Ивашкина Е.Н.

Научный руководитель: Ивашкина Е.Н., д.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: pisarevmo@tpu.ru

Роль информационных технологий в настоящее время все больше возрастает для объектов нефтегазовой отрасли, связанных с подготовкой и переработкой углеводородного сырья и отличающихся высокой степенью взрыво- и пожароопасности. Например, на производстве по подготовке газа методом низкотемпературной сепарации (НТС) присутствуют аппараты, работающие под высоким давлением, реализующие процессы разделения горючих газов и легко воспламеняющихся жидкостей, что делает данное производство опасным. Поэтому на таких объектах обязательно требуется высококвалифицированный инженерно-технический персонал, способный в критический момент стабилизировать технологический режим работы установки и предотвратить возникновение нештатных ситуаций. Однако знаний лишь норм технологического регламента зачастую не хватает для обеспечения требуемого уровня квалификации сотрудников. Это связано, в первую очередь, с отсутствием практических навыков и отсутствием возможности закрепить теоретический материал в реальных условиях на производстве. Данная проблема актуальна для всех промышленных предприятий.

Таким образом, применение компьютерных моделирующих систем (КМС) на основе математического описания физико-химической сущности процессов, протекающих в аппаратах технологической схемы подготовки газа методом низкотемпературной сепарации, позволит повысить уровень квалификации инженерно-технического персонала производства. При этом использование КМС в обучении сотрудников дает возможность безопасно приобрести навыки поведения при возникновении нештатных ситуаций.

На сегодняшний день существуют большое число компьютерных моделирующих систем, способных определить оптимальные технологические показатели работы установок промышленной подготовки газа и газового конденсата, в том числе в технологии низкотемпературной сепарации (НТС), с учетом предъявляемых требований к качеству целевого продукта [1, 2]. Однако ни одна из них не имеет возможности в режиме реального времени отображать переходные процессы в аппаратах при изменении управляющих параметров (положение задвижек, расход теплоносителя и т.д.). При этом необходимо, чтобы модели протекающих переходных процессов имели под собой физико-

химическую основу, а поведение программы соответствовало поведению реальной установки.

Коллективом авторов создана компьютерная моделирующая система, в основе которой лежат нестационарные математические модели аппаратов, входящих в технологическую схему установки НТС, способные имитировать работу реального промышленного объекта и отображать переходные физико-химические процессы в зависимости от управляющих технологических параметров и времени. Технологическая схема НТС включает в себя три ступени сепарации, представленные тремя вертикальными газовыми сепараторами; теплообменники типа «газ-газ» и «жидкость-жидкость»; трехфазные сепараторы – разделители жидкости; газоперекачивающий аппарат – газовую турбину; воздушный холодильник и газовые эжекторы.

Программная реализация интерактивной моделирующей системы технологии низкотемпературной сепарации газа была осуществлена при помощи объектно-ориентированного языка программирования C# (рис. 1).

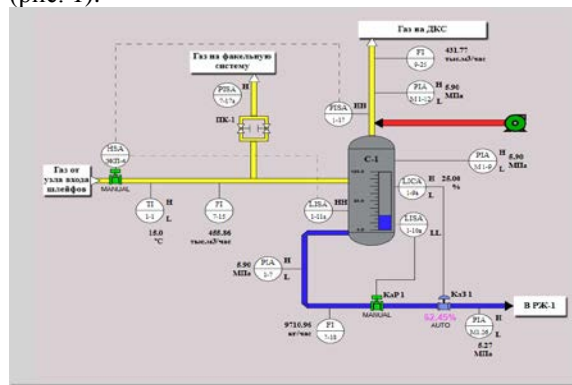


Рисунок 1. Главное диалоговое окно разработанной интерактивной моделирующей системы технологии низкотемпературной сепарации.

Важнейшими элементами рассматриваемой системы является сепарационное и дросселирующее оборудование. При разработке моделей сепараторов применялись законы фазового равновесия, использовались методы расчета (метод Шилова, Тека-Стила) и табличные значения констант фазового равновесия [3, 4]. Пропускная способность клапанов определялось уравнением зависимости расхода среды через него от перепада давления, плотности среды, расходного коэффициента и степени открытия. Математическая модель клапана также создана с

учетом процесса дросселирования (эффектом Джоуля-Томпсона) [5]. Также осуществлялся расчет гидродинамического сопротивления трубопроводов и аппаратов с использованием уравнения Бернулли, формулы Дарси-Вейсбаха и др. [6].

Модельный расчет, проведенный при следующих заданных параметрах: стационарный режим; постоянное давление, равное 7,082 МПа; температура 15 °С; расход газа на входе в аппарат 2070 т/сут.; степень открытия клапана по газу 28%; степень открытия клапана по жидкости 25%, позволил определить расход газа и жидкости из сепаратора, который составил 2004 т/сут. и 66 т/сут. соответственно.

Вместе с тем, было установлено, что при изменении степени открытия регулирующих клапанов (на газовом и жидкостном отводах) начинается процесс перехода с одного установившегося режима работы сепаратора на другой. Вид перехода соответствует описанному в литературе [7]. Например, при снижении степени открытия клапана по газу с 28% до 10 % за 40 секунд давление в системе увеличивается с 7,082 МПа до 7,633 МПа. За счет повышения давления в аппарате, через регулирующий клапан по жидкости увеличивается расход жидкости с 66 до 76 т/сут.

В то же время, при закрытии регулирующего клапана по жидкости (с 85 секунды с 25 % до 19 % за 60 секунд) расход жидкости уменьшился с 76 до 58 т/сут.

Стоит отметить, что изменение давления в аппарате влияет на фазовое равновесие в системе, что учтено в созданной модели процесса сепарации. Так, повышение давления ведет к увеличению количества отсепарированной жидкости, что приводит к нелинейному виду графика снижения уровня жидкости в аппарате (рис. 2). Затем при закрытии клапана по жидкости уменьшение уровня в аппарате замедляется.

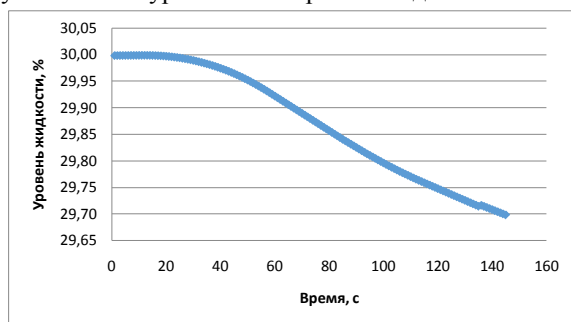


Рисунок 2. Зависимость уровня жидкости в сепараторе от времени

Таким образом, с использованием разработанной интерактивной моделирующей системы могут быть рассчитаны изменения технологических показателей работы газового сепаратора, а именно давления, расхода газа на

входе и выходе, расхода жидкости на выходе, уровня жидкости.

При этом показатели работы сепаратора рассчитываются во времени, вследствие чего появляется возможность рассмотрения изменения параметров работы и анализа нестационарных (переходных) режимов.

Выводы

1. Разработана математическая модель комплекса процессов, протекающих в основных аппаратах установки подготовки газа в ходе низкотемпературной сепарации, основанная на физико-химических закономерностях протекания процессов разделения жидкой и паровой фаз, являющаяся основой для создания имитатора установки НТС.

2. Разработанная математическая модель позволяет определить влияние управляющих параметров на технологические показатели работы установки НТС в режиме реального времени, прогнозировать переходные процессы в аппаратах и минимизировать риски возникновения нештатных ситуаций.

3. На базе разработанной математической модели возможно создание тренажера для обучения инженерно-технического персонала установки НТС.

Литература

1. *Hamid K.* Aspen HYSYS: An Introduction to Chemical Engineering Simulation: For Chemical Engineering Undergraduate Students. - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 176p.

2. *Imran U.K.* CHEMCAD as a tool when teaching Chemical Engineering. - Karlstads universitet: Faculty of Technology and Science, Department of Chemical Engineering, 2011. — 51 p.

3. *Кравцов А.В., Ушева Н.В., Бешагина Е.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А., Гавриков А.А.* Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа. Учебное пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 128 с.

4. *Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т.* Свойства газов и жидкостей. 3-е издание, переработанное и дополненное. Перевод с английского под редакцией Б. И. Соколова. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.

5. *Кафаров В.В.* Разделение многокомпонентных систем в химической технологии. Методы расчета. – М.: Московский химико-технологический институт, 1987. – 84 с.

6. *Чугаев Р.Р.* Гидравлика. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отдел, 1982. –627 с.

7. *Фёдоров А.Ф., Кузьменко Е.А.* Системы управления химико-технологическими процессами: учебное пособие. – Томск: изд-во ТПУ, 2009. – 224 с.