

Николаева Д.М.

*Научный руководитель: к. х. н., доцент Ермолаева В.А.**Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: dasha309808171998@mail.ru*

### **Производство циклогексанона и математическое моделирование разделения смеси**

Циклогексанон (алициклический кетон); формула  $C_6H_{10}O$ . Легковоспламеняющаяся бесцветная маслянистая жидкость, имеющая резкий запах ацетона и мяты. Дана характеристика процесса производства циклогексанона путем дегидрирования циклогексанола, который в конечном итоге получил широкое применение в производстве капролактама. Охарактеризовано исходное сырье: циклогексанол, вода, водород.

Рассмотрен и описан технологический процесс получения циклогексанона дегидрированием циклогексанола. Циклогексанол – ректификат под давлением азота нагнетается через фильтр в подогреватель типа "труба в трубе", где нагревается до 100 °С. Далее в испарительно-подогревательной системе, состоящей из трубчатых аппаратов, происходит испарение циклогексанола и перегрев его паров до 430 °С. Перегретые пары поступают в трубы контактного аппарата, заполненные цинк-железным катализатором. Содержание в катализаторе 10% железа позволяет достичь максимальную степень конверсии циклогексанола, равную 93%. Процесс протекает при 410 °С и объемной скорости подачи спирта. По выходе из контактного аппарата продукты реакции поступают в конденсатор и далее в сепаратор, где конденсат (циклогексанон-сырец) отделяется от водорода.

Для обогрева контактной системы в нижней части топки сжигают топливный газ (метан). Для поддержания температуры топочного газа, равной 500 °С, его смешивают с возвратным топочным газом из борова. Газ, имеющий такую температуру, проходит в межтрубном пространстве контактного аппарата прямоотком к парам циклогексанола, движущимся по трубкам с катализатором. Топочные газы, выходящие из контактного аппарата при 480 °С, используются для обогрева испарительно-перегревательной системы. Далее часть топочных газов, имеющих температуру 300 °С, выпускают в атмосферу, а остальной газ с помощью ротационной газодувки подают на смешение с продуктами сгорания топливного газа в верхнюю часть топки.

Основным аппаратом для получения циклогексанона является сепаратор. Сепаратор – аппарат, производящий разделение продукта на фракции с разными характеристиками. В процессе работы любого сепаратора не происходит изменения химического состава разделяемых веществ. Также был произведен механический расчет сепаратора для получения точных основных размеров аппарата, конструкции корпуса и внутренних устройств. В результате полученных был сделан вывод о том, что прочность сепаратора обеспечена. Данный аппарат очень легкий в использовании, с помощью него проще удалять из аппарата механические примеси. В нем легче осуществляется регулирование уровня жидкости. Такие сепараторы занимают меньшую площадь, обеспечивают более высокую точность замеров расхода жидкости в широком диапазоне нагрузок.

В ходе работы произвели практический расчет материального баланса. При расчете материального баланса использовалось много различных формул, благодаря которым был рассчитан приход и расход компонентов. После составления сводной таблицы посчитали невязку баланса, равную 0,003%.

Сделан расчет теплового баланса производства. При расчете теплового баланса были использованы различные формулы, благодаря которым так же был рассчитан приход и расход тепла компонентов. Был рассмотрен материал по технологической схеме получения циклогексанона. Произведен механический расчет основного оборудования технологического процесса. В ходе выполнения работы был освоен материал по ведению материальных и тепловых расчетов, составлению балансов.

Ректификация – один из способов, который применяют в промышленности, чтобы разделить смешанные между собой жидкости. Математическое моделирование дает возможность для исследования наиболее важные свойства объекта, абстрагируясь от несущественных его характеристик. Построение модели и формализация связей между ее элементами позволяет устранить проблемы в знаниях об объекте и выявить новые качественные проблемы, которые изначально не могли быть предусмотрены.

Циклогексанон получают совместно с циклогексанолом каталитическим гидрированием фенола:



Образующуюся смесь циклогексанона, циклогексанола и непрореагировавшего фенола разделяют ректификацией.

Рассмотрена классификация ректификационных колонн. Разработаны и описаны объекты моделирования – ректификация многокомпонентной смеси с помощью двухколонной установки. Согласно математической модели разработана программа расчета процесса управления ректификационной колонной для разделения многокомпонентной смеси, исследование процесса ректификации при синусоидальном изменении питания, а также построения графиков по рассчитанным результатам в среде математического моделирования MathCad. Затем было произведено построение графиков по рассчитанным результатам в среде математического моделирования MathCad и сделаны выводы по графикам.

В данной работе было проделано математическое моделирование многокомпонентной смеси. В теоретической части были рассмотрены основные методы ректификации многокомпонентной смеси и рассмотрена классификация колонн.

В практической части, данной работы, представлены массообменные, динамические модели ректификации и произведен расчет ректификационной колонны.

Получены статические характеристики температуры при изменении расхода питания. Анализ результатов моделирования подтверждает соответствие качественного поведения модели основным характеристикам изучаемого технологического процесса.

### Литература

1. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. – М.: Академкнига, 2007. – 416 с.
2. Ушева Н.В. и др. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие. - Томск.: Издательство Томского политехнического института, 2014. – 135 с.
3. Ермолаева В.А., Ткачева Д.Р. Материальный и тепловой баланс производства фтористого водорода, Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. - 2017. - № 1(31). - с. 5-11.
4. Ермолаева В.А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов, **Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, № 5, 2018, стр. 28-33.**