Всероссийская научно-практическая конференция по химии

"Эксперименты и открытия"

Секция 02. Химические науки

Курсовая работа по дисциплине ОПД.09 Процессы и аппараты

«Расчет ректификационной колонны»

Выполнила: Воробьёва Диана Игоревна

Бюджетное профессиональное образовательное учреждение Вологодской области «Череповецкий химико-технологический колледж», 4 курс

Руководитель: Ерофеева Татьяна Николаевна

# Содержание

|  |  |
| --- | --- |
|  | стр. |
| Введение | 4 |
| 1 Общая часть |  |
| 1.1 Аналитический обзор литературы | 5 |
| 1.2 Физико - химические свойства исходных веществ | 6 |
| 2 Специальная часть |  |
| 2.1 Описание технологической схемы установки | 9 |
| 2.2 Расчет материального баланса колонны | 10 |
| 2.3 Определение скорости пара и диаметра колонны | 13 |
| 2.4 Гидравлический расчет тарелок | 17 |
| 2.5 Определение числа тарелок и высоты колонны | 23 |
| 2.6 Тепловой расчет установки | 26 |
| Заключение | 31 |
| Список используемых источников | 32 |
| Приложение | 33 |

**Введение**

Ректификация - это процесс разделения однородных жидких смесей, не находящихся в термодинамическом равновесии, на компоненты в зависимости от их летучести при противоточном взаимодействии жидкости и пара.

Ректификация известна с начала 19 века как один из важнейших технологических процессов главным образом нефтяной и спиртовой промышленности. В настоящее время ректификацию всё шире применяют в самых различных областях химической технологии, где выделение компонентов в чистом виде имеет весьма важное значение в производствах органического синтеза: изотопов, полимеров, полупроводников и различных других веществ высокой частоты.

Расчет ректификационной колонны сводится к определению основных геометрических размеров диаметра и высоты. Оба параметра в значительной мере определяются нагрузками по пару и жидкости, типом тарелки, свойствами взаимодействующих фаз.

Цель курсовой работы является определение основных характеристик процесса и размеров тарельчатой ректификационной колонны непрерывного действия для разделения бинарной смеси ацетон – вода.

Задачи курсовой работы:

1. изучить процесс ректификации и методику расчета установки с помощью информации из литературных источников;

2. рассчитать материальный, гидравлический, тепловой балансы ректификационной колонны и число тарелок;

3. определить графически число ступеней колонны;

4. определить геометрические размеры колонны;

5. начертить технологическую схему установки и чертеж ректификационной колонны.

**1 Общая часть**

* 1. **Аналитический обзор литературы**

Процесс ректификации осуществляют в ректификационной установке, включающей ректификационную колонну, дефлегматор, холодильник-конденсатор, подогреватель исходной смеси, сборники дистиллята и кубового остатка. Дефлегматор, холодильник-конденсатор и подогреватель представляют собой обычные теплообменники. Основным аппаратом установки является ректификационная колонна, в которой пары перегоняемой жидкости поднимаются снизу, а навстречу парам сверху стекает жидкость, подаваемая в верхнюю часть аппарата в виде флегмы. В большинстве случаев конечными продуктами являются дистиллят и кубовый остаток.

Процесс ректификации может протекать при атмосферном давлении, а также при давлениях выше и ниже атмосферного. Под вакуумом ректификацию проводят, когда разделению подлежат высококипящие жидкие смеси. Повышенные давления применяют для разделения смесей, находящихся в газообразном состоянии при более низком давлении. Степень разделения смеси жидкостей на составляющие компоненты и чистота получаемых дистиллята и кубового остатка зависят от того, насколько развита поверхность фазового контакта, а, следовательно, от количества орошающей жидкости (флегмы) и устройства ректификационной колонны.

Ректификацию можно проводить периодическим или непрерывным способом.

Колпачковые тарелки менее чувствительны к загрязнениям, чем ситчатые, и отличаются более высоким интервалом устойчивой работы колонны с колпачковыми тарелками.

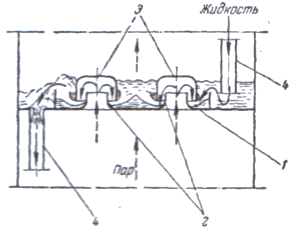


Рисунок 1 - Колонна с колпачковыми тарелками

1 - тарелка; 2 - газовые патрубки; 3 – колпачки; 4 – сливные трубки

Колонна с колпачковыми тарелками представлена на рисунке 1.  Газ на тарелку 1 поступает по патрубкам 2, разбиваясь затем прорезями колпачка 3 на большое число отдельных струй. Прорези колпачков наиболее часто выполняются в виде зубцов треугольной или прямоугольной формы. Далее газ проходит через слой жидкости, перетекающей по тарелке от одного сливного устройства 4 к другому. При движении через слой значительная часть мелких струй распадается и газ распределяется в жидкости в виде пузырьков. Интенсивность образования пены и брызг на колпачковых тарелках зависит от скорости движения газа и глубины погружения колпачка в жидкость.

* 1. **Физико-химические свойства исходных веществ, ацетон-вода**

Ацетон-это летучая бесцветная жидкость с характерным запахом (температура плавления 94,6°С, температура кипения ацетона 59,1°С; температура воспламенения 20°С; смешивается как с водой, так и органическими растворителями; опасность данной субстанции - предел взрывоопасности смеси ацетона с воздухом - 2,5-12,8%).

Формула ацетона - СН3СОСН3, молекулярная масса - 58,079.

По химическим свойствам ацетон - типичный представитель алифатических кетонов. Вступает в реакцию нуклеофильного присоединения (с циановодородной кислотой, гидросульфитом щелочных металлов, магнийорганическими соединениями), в реакции отщепления-присоединения (с гидроксиламином с образованием кетоксима, с гидразином и его производными). Сильные окислители окисляют ацетон до муравьиной и уксусной кислот и далее до углекислого газа и воды.

Вода-при стандартных условиях среды, находится в жидком состоянии. Этим объясняется крайне высокая [температура кипения воды.](https://www.syl.ru/article/132099/pochemu-temperatura-kipeniya-vodyi-v-razlichnyih-usloviyah-raznaya) Если бы молекулы вещества не были связаны этими водородными связями, то вода закипала бы при +80°С, а замерзала - при – 100°С.

Вода закипает при +100°С, а замерзает – при 0°С. Правда, при определенных, специфических условиях она может начать замерзать и при плюсовых значениях температуры. При замерзании вода увеличивается в своем объеме (за счет уменьшения плотности). Это чуть ли не единственное вещество в природе, обладающее подобным физическим свойством. Вещество также характеризуется высокой вязкостью, а также довольно сильным поверхностным натяжением. Вода - отличный растворитель для полярных веществ. Также следует знать, что вода очень хорошо проводит через себя электричество. Эта особенность объясняется тем, что в воде почти всегда находится большое количество ионов растворенных в ней солей.

В химическом плане вода очень активна, она вступает в реакции со многими другими веществами, даже при обычных температурах. При взаимодействии с оксидами щелочных, а также щелочноземельных металлов, она образует основания.

Вода также способна растворять в себе широкий спектр химических веществ - соли, кислоты, основания, некоторые газы. За это свойство её часто называют универсальным растворителем. Все вещества, в зависимости от того, растворяются они в воде или нет, принято делить на две группы:

- гидрофильные (хорошо растворяются в воде) - соли, кислоты, кислород, углекислый газ и т. д.;

- гидрофобные (плохо растворяются в воде) - жиры и масла.

**2 Специальная часть**

**2.1 Описание технологической схемы установки**

Принципиальная схема ректификационной установки представлена в Приложении А. Исходную смесь из промежуточной емкости 1 центробежным насосом 2 подают в теплообменник 3, где она подогревается до температуры кипения. Нагретая смесь поступает на разделение в ректификационную колонну 5 на тарелку питания, где состав жидкости равен составу исходной смеси ХF.

Стекая вниз по колонне, жидкость взаимодействует с поднимающимся вверх паром, образующимся при кипении кубовой жидкости в кипятильнике 4. Начальный состав пара примерно равен составу кубового остатка Хw, т.е. обеднен легколетучим компонентом. В результате массообмена с жидкостью пар обогащается легколетучим компонентом. Для более полного обогащения верхнюю часть колонны орошают в соответствии с заданным флегмовым числом жидкостью (флегмой) состава Хp, получаемой в дефлегматоре 6 путем конденсации пара, выходящего из колонны. Часть конденсата выводится из дефлегматора в виде готового продукта разделения – дистиллята, который охлаждается в теплообменнике 7 и направляется в промежуточную емкость 8.

Из кубовой части колонны насосом 9 непрерывно выводится кубовая жидкость – продукт, обогащенный труднолетучим компонентом, который охлаждается в теплообменнике 10 и направляется в емкость 11.

Таким образом, в ректификационной колонне осуществляется непрерывный неравновесный процесс разделения исходной бинарной смеси на дистиллят (с высоким содержанием легколетучего компонента) и кубовый остаток (обогащенный труднолетучим компонентом).

**2.2 Расчёт материального баланса колонны**

Найдём производительность колонны по дистилляту и по кубовому остатку на основании уравнений материального баланса

|  |  |
| --- | --- |
| , | (1) |

где , , – содержание легколетучего компонента в исходной смеси, в дистилляте и кубовом остатке соответственно

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Решим систему уравнений и получим следующие данные

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Выразим концентрацию питания по следующей формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

где , – молярная масса ацетона и воды, г/кмоль [3, стр. 510].

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Найдём концентрацию дистиллята

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Найдём концентрацию кубового остатка

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Относительный мольный расход питания находим по формуле

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Определим минимальное число флегмы по формуле

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

где - мольная доля ацетона в паре, равновесном с жидкостью питания, определённая по диаграмме y-x. Приложение Б.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Смесь | x | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Ацетон-вода | y  t | 0  100 | 60,3  77,9 | 72  69,6 | 80,3  64,5 | 82,7  62,6 | 84,2  61,6 | 85,5  60,7 | 86,9  59,8 | 88,2  59 | 90,4  58,2 | 94,3  57,5 | 100  56,9 |

Нагрузку ректификационной колонны на пару и жидкости, определяет рабочее число флегмы, найденное по формуле

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

Найдём уравнения рабочих линий для верхней укрепляющей части колонны по следующему уравнению:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

Найдём уравнения рабочих линий для нижней части колонны

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

**2.3 Определение скорости пара и диаметра колонны**

Определим среднюю концентрацию жидкости в верхней части колонны

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

Определим среднюю концентрацию жидкости в нижней части колонны

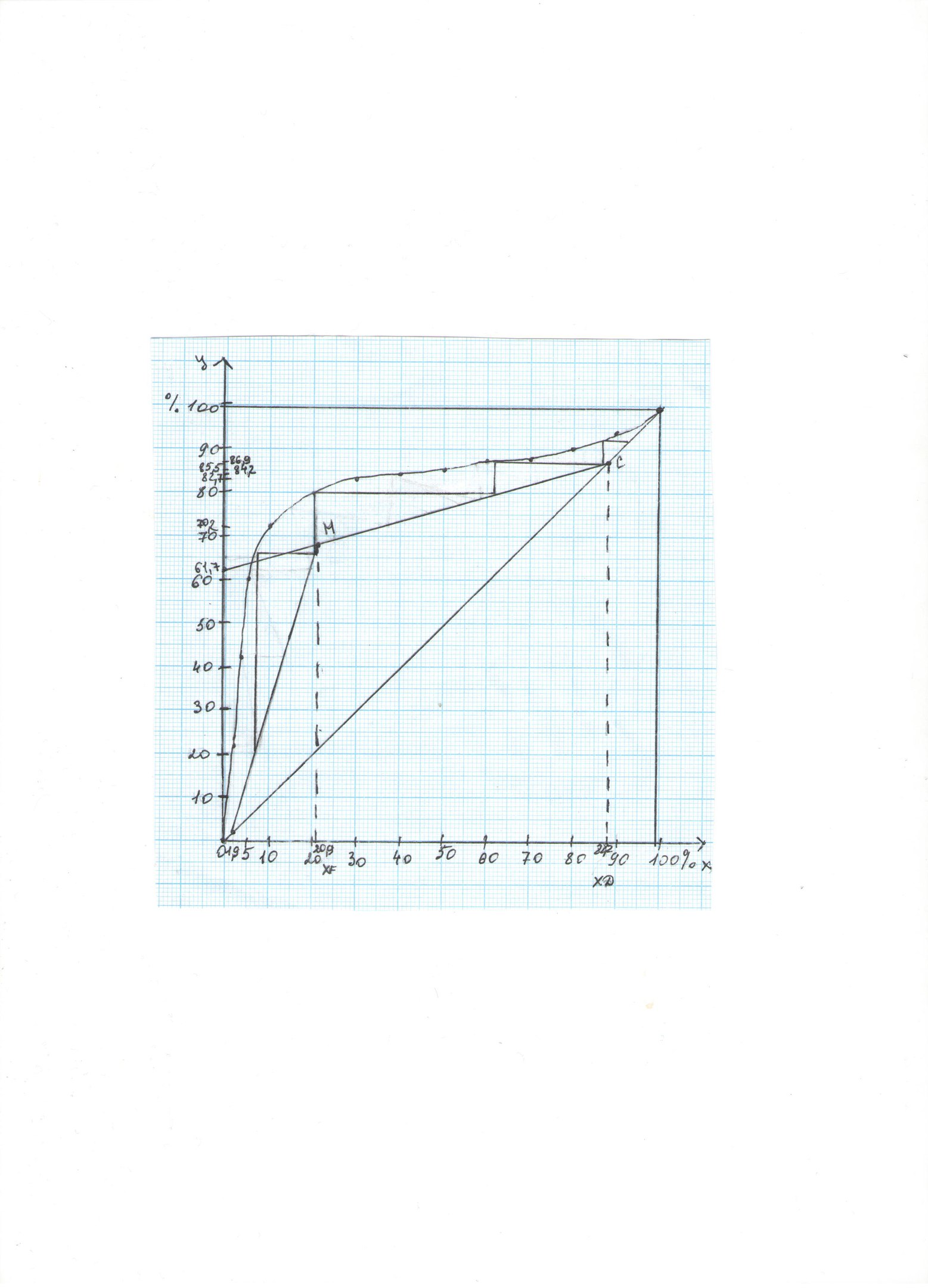
|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

Рассчитаем среднюю концентрацию пара для верхней части колонны

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рассчитаем среднюю концентрацию пара для нижней части колонны  Средние температуры пара определяем по диаграмме t – x, y Приложения B.   |  |  | | --- | --- | | При  При |  |   Определим средние мольные массы пара для верхней части колонны:   |  |  | | --- | --- | |  | (12) |   Определим средние мольные массы пара для нижней части колонны   |  |  | | --- | --- | |  | (13) |   Найдём средние плотности пара для верхней части колонны   |  |  | | --- | --- | |  | (14) |   Найдём средние плотности пара для нижней части колонны   |  |  | | --- | --- | |  | (15) |   Определим среднюю плотность пара в колонне   |  |  | | --- | --- | |  | (16) |   Температура вверху колонны при равняется , а в кубе-испарителе при она равна Приложение В.  Плотность ацетона при , а воды при [3, стр. 495].  Принимаем среднюю плотность жидкости в колонне   |  |  | | --- | --- | |  | (17) |   Определяем скорость пара в колонне. По данным каталога-справочника “Колонные аппараты” принимаем расстояние между тарелками h = 300 мм.  С = 0,032 – для колпачковых тарелок находим согласно графику  [3, стр. 323].  Скорость пара в колонне находим по уравнению   |  |  | | --- | --- | |  | (18) |   Объёмный расход проходящего через колонну пара находим при средней температуре в колонне   |  |  | | --- | --- | |  | (19) |   где средние температуры пара, 0С.   |  |  | | --- | --- | |  | (20) |   где мольная масса дистиллята, кг/кмоль.   |  |  | | --- | --- | |  | (21) |   Диаметр колонны находим по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (22) |   По каталогу-справочнику “Колонные аппараты” берём D = 1000 мм. Тогда скорость пара в колонне будет   |  |  | | --- | --- | |  | (23) |   **2.4 Гидравлический расчёт тарелок**  Найдём гидравлическое сопротивление сухой тарелки в верхней части колонны   |  |  | | --- | --- | |  | (24) |   где =1,82 – коэффициент сопротивления неорошаемых ситчатых тарелок со свободным сечением 7-10%;  Найдём скорость пара в отверстиях тарелки   |  |  | | --- | --- | |  | (25) |   Подставим получившееся значение в формулу (24)  Сопротивление, обусловленное силами поверхностного натяжения, будет вычисляться по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (26) |   где – поверхностное натяжение жидкости при средней температуре в верхней части колонны , [3, стр. 242];  – диаметр отверстий тарелки, м.  Определим сопротивление парожидкостного слоя на тарелке   |  |  | | --- | --- | |  | (26) |   Высота парожидкостного слоя вычисляется по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (27) |   где высота слоя над сливной перегородкой, м.   |  |  | | --- | --- | |  | (28) |   где – объёмный расход жидкоcти, ;  периметр сливной перегородки, м;  отношение плотности парожидкостного слоя к плотности жидкости.  Объёмный расход жидкости в верхней части колонны находим по уравнению   |  |  | | --- | --- | |  | (29) |   где средняя мольная масса жидкости, .   |  |  | | --- | --- | |  | (30) |   Подставим получившееся значение в формулу  Периметр сливной перегородки находим, решая систему уравнений   |  |  | | --- | --- | |  | (31) |   Получим следующие данные:  Подставим получившиеся значения в формулу (28)  Получим высоту парожидкостного слоя по формуле (27)  Получим сопротивление парожидкостного слоя на тарелке по формуле (26)  Рассчитаем гидравлическое сопротивление тарелки в верхней части колонны по уравнению   |  |  | | --- | --- | |  | (32) |   Найдём гидравлическое сопротивление сухой тарелки в нижней части колонны   |  |  | | --- | --- | |  | (33) |   Определим сопротивление, обусловленное силами поверхностного натяжения, в нижней части колонны:   |  |  | | --- | --- | |  | (34) |   где – поверхностное натяжение жидкости при средней температуре в верхней части колонны ,  Объёмный расход жидкости в нижней части колонны находим по уравнению   |  |  | | --- | --- | |  | (35) |   где ;  .  Подставим получившееся значение в формулу (35)  Рассчитаем высоту слоя над сливной перегородкой по формуле (28)  Рассчитаем высоту парожидкостного слоя по формуле (27)  Находим сопротивление парожидкостного слоя на тарелке в нижней части колонны по формуле (26)  Рассчитаем общее гидравлическое сопротивление тарелки в нижней части колонны по формуле (32)  Проверим, соблюдаются ли при расстоянии между тарелками при  h = 0,3 м, по условию  , условие соблюдается.  Проверим равномерность работы тарелок - рассчитаем минимальную скорость пара в отверстиях , достаточную для того, чтобы ситчатая тарелка работала всеми отверстиями:   |  |  | | --- | --- | |  | (36) |   Рассчитанная скорость следовательно, тарелки будут работать всеми отверстиями.  **2.5 Определение числа тарелок и высоты колонны**  Нанесем на диаграмму у-х рабочие линии верхней и нижней части колонны Приложение Г и найдем число ступеней изменения концентрации . В верхней части колонны в нижней части всего n= 5 ступеней.  Число тарелок рассчитаем по следующему уравнению:   |  |  | | --- | --- | |  | (37) |   где - число ступеней в верхней или нижней части колонны, определяемое по диаграмме;  - средний КПД тарелок.  Найдем коэффициент относительной летучести разделяемых компонентов по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (38) |   где и - давления насыщенного пара ацетона и воды соответственно при средней температуре в колонне равной t=78 ℃, сПа, [3, стр.565].  Найдем динамический коэффициент вязкости исходной смеси   |  |  | | --- | --- | |  | (39) |   где и - динамические коэффициенты вязкости соответственно бензола и толуола, взятые при средней температуре в колонне 78 ℃,сПа  [3, стр. 516-517].  Тогда:  Согласно графику [3, стр. 323] находим . Длину пути жидкости на тарелке [3, стр. 354] найдем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (40) |   Средний КПД тарелок найдем по следующему уравнению   |  |  | | --- | --- | |  | (41) |   где - значение поправки на длину волны, найденное по графику [3, стр. 324].  Число тарелок в верхней части колонны найдем по уравнению (37):  Число тарелок в нижней части колонны найдем по уравнению (37):  Общее число тарелок = 12, с запасом = 16, из них в верхней части колонны n = 9 тарелок и n = 7 тарелок в нижней части колонны.  Высоту тарельчатой части колонны рассчитаем по следующему уравнению:   |  |  | | --- | --- | |  | (42) |   Общее гидравлическое сопротивление тарелок найдем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (43) |   где и - общее гидравлическое сопротивление тарелки в верхней и нижней части колонны соответственно, Па.   * 1. **Тепловой расчет установки**   Расход теплоты, отдаваемой охлаждающей воде в дефлегматоре-конденсаторе, найдем по следующему уравнению:   |  |  | | --- | --- | |  | (44) |   где - удельная теплота конденсации исходной смеси, Дж/кг.   |  |  | | --- | --- | |  | (45) |   где и - удельные теплоты конденсации ацетона и воды соответственно при t=57 ℃ [3, стр. 541].  Подставим получившееся значение в формулу (44)  Расход теплоты, получаемой в кубе-испарителе от греющего пара, найдем по следующему уравнению:   |  |  | | --- | --- | |  | (46) |   где приняты в размере 3 % от полезно затрачиваемой теплоты;  ,, - удельные теплоемкости взяты соответственно при , и [3, стр. 562].  Расход теплоты в паровом подогревателе исходной смеси рассчитаем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (47) |   где - удельная теплоемкость исходной смеси, Дж/кгК – взята при средней температуре.   |  |  | | --- | --- | |  | (48) |   Расход теплоты, отдаваемой охлаждающей воде в водяном холодильнике дистиллята, рассчитаем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (49) |   где - удельная теплоемкость дистиллята, Дж/кгК – взята при средней температуре.   |  |  | | --- | --- | |  | (50) |   Расход теплоты, отдаваемой охлаждающей воде в водяном холодильнике кубового остатка, рассчитаем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (51) |   где - удельная теплоемкость кубового остатка, Дж/кгК – взята при средней температуре.   |  |  | | --- | --- | |  | (52) |   Расход греющего параи влажность в кубе-испарителе найдем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (53) |   где - удельная теплота конденсации греющего пара,  [3, стр.360].  Расход греющего пара и влажность, в подогревателе исходной смеси найдем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (54) |   Рассчитаем общий расход греющего пара:   |  |  | | --- | --- | |  | (55) |   Расход охлаждающей воды при нагреве ее на 20 ℃ в дефлегматоре рассчитаем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (56) |   Расход охлаждающей воды при нагреве ее на 20 ℃ в водяном холодильнике дистиллята рассчитаем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (57) |   Расход охлаждающей воды при нагреве ее на 20 ℃ в водяном холодильнике кубового остатка рассчитаем по следующей формуле:   |  |  | | --- | --- | |  | (58) |   Рассчитаем общий расход охлаждающей воды:   |  |  | | --- | --- | |  | (59) |   **Заключение**  В данной курсовой работе был выполнен расчёт ректификационной колонны непрерывного действия с колпачковыми тарелками, для разделения смеси ацетон-вода, производительностью 6 т/ч.  Проведён анализ научно-технической литературы, рассчитан материальный, гидравлический, тепловой баланс колоны и получены следующие данные: производительность колонны по дистилляту = 2759 кг/ч, производительность колонны по кубовому остатку = 3241 кг/ч, общий расход греющего пара составил = 0,544 кг/с, а расход охлаждающей воды = 1,37·10-2  м3/с.  Вычислен и подобран диаметр колонны D = 1000 мм. Выполнен гидравлический расчёт тарелок и рассчитано гидравлическое сопротивление тарелки в верхней и нижней части колонны соответственно 404,23 Па и 413,2 Па.  Рассчитано общее число тарелок n = 16 шт., из них в верхней части колонны = 9 шт., а в нижней части = 7 шт., высота тарельчатой части колонны = 4,5 м.  **Список используемой литературы**   1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. – 10-е изд., стереотипное, доработанное. Перепеч. с изд. 1973 г. – М.: ООО ТИД <<Альянс>>, 2004. - 753 с. 2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия,1991 г. – 496 с. 3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл. – корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987 г. – 576 с., ил. 4. Интернет – ресурсы:    1. ru.wikipedia.org – Википедия – свободная энциклопедия.    2. revolution.allbest.ru – Библиотека Revolution   .  **Приложение А**  Технологическая схема ректификационной установки непрерывного действия  http://www.bestreferat.ru/images/paper/79/29/8372979.jpeg  **Приложение Б**  Диаграмма в координатах y-x для исходной смеси  ацетон-вода  https://pp.userapi.com/c638630/v638630936/40854/NwIJk2djkAU.jpg  **Приложение В**  Диаграмма равновесия в координатах t-x, для исходной смеси  ацетон-вода  https://pp.userapi.com/c638630/v638630936/40840/GgeijyYsd7I.jpg |  |

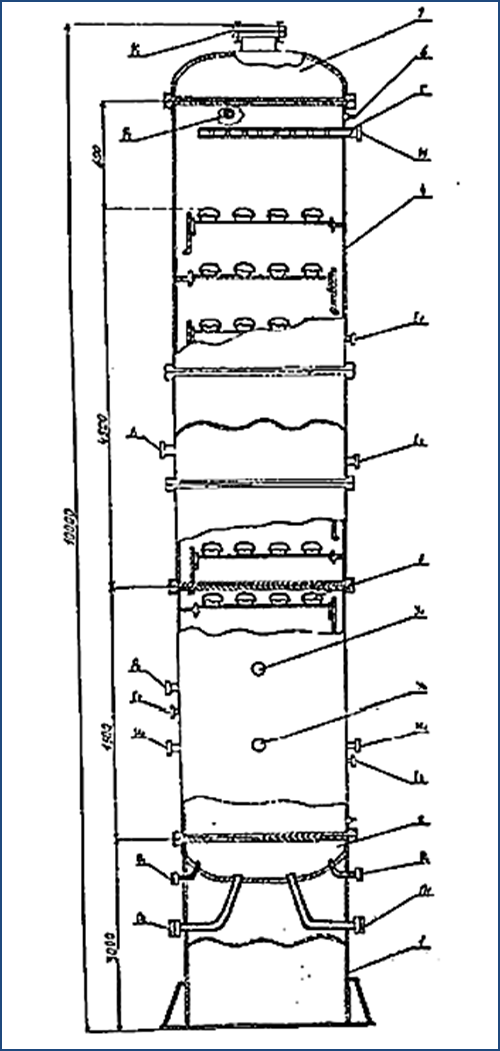
**Приложение Г**

Диаграмма y-x для определения числа теоретических тарелок



**Приложение Д**

Ректификационная колонна непрерывного действия

****

1 – Опора, 2 – Днище эллиптическое, 3 – Тарелки колпачковые, 4 – Обечайка, 5 – Распределительное устройство, 6 – Штырь, 7 – Крышка эллиптическая