# Задание на проектирование

Перечень инженерных расчетов: расчет ректификационной колонны; подробный тепловой расчет дефлегматора; ориентировочный расчет теплообменников.

Перечень работ выполняемых на ЭВМ: расчет дефлегматора.

Состав и объем графической части: технологическая схема; общий вид дефлегматора.

Основные данные: расход исходной смеси 6.5 кг/с; концентрации (мольные доли) , ; продукты разделения охладить до 25ْС.



Введение

Для получения продуктов сложного состава, разделения изотопов, выделения индивидуальных веществ широкое применение в промышленности получила ректификация. Этот процесс основан на различной летучести составляющих смесь компонентов, т.е. на различных температурах кипения компонентов при одинаковом давлении. Ректификация заключается в многократном частичном испарении жидкости и конденсации паров. Процесс осуществляется путем контакта потоков пара и жидкости, имеющих различную температуру, и проводится обычно в колонных аппаратах, состоящих из собственно колонны, где осуществляется противоточное контактирование пара и жидкости, и устройств, в которых происходит испарение жидкости и конденсация пара — куба и дефлегматора.

По конструкции ректификационные колонны подразделяются на насадочные, тарельчатые и роторные. Основным типом колонных аппаратов большой производительности считаются ректификационные колонны с барботажными тарелками, а при необходимости самого малого перепада давления на одну теоретическую ступень разделения или при работе в коррозионной среде – колонны с насадкой.

По способу проведения ректификацию разделяют на периодическую и непрерывную.

При непрерывной - разделяемая смесь непрерывно подается в среднюю часть колонны, дистиллят отбирается из дефлегматора, а обедненный легколетучим компонентом остаток отводится из куба колонны, флегма поступает на орошение в верхнюю часть колонны.

При периодической ректификации в нижнюю часть (куб) колонны, снабженной нагревательным устройством, загружают исходную смесь; образующийся пар поднимается верх и конденсируется в дефлегматоре (холодильнике), часть конденсата (флегмы) возвращается на орошение в верхнюю часть колонны, а оставшаяся жидкость отбирается.

Насадочные колонны получили широкое распространение в химической промышленности благодаря простоте их устройства, дешевизне изготовления и малому гидравлическому сопротивлению при пленочном режиме работы. В насадочных массообменных аппаратах жидкость тонкой пленкой покрывает насадку и стекает по ней, при этом поверхность контакта с газообразной фазой определяется поверхностью насадки, свойствами жидкости и гидродинамическим режимом.

Недостатком работы насадочной колонны является неравномерность распределения пара и жидкости по поперечному сечению, что приводит к - неодинаковой эффективности различных ее частей и низкой эффективности работы всей колонны в целом. Значительное увеличение эффективности аппарата достигается применением насадки, частично погруженной в жидкость: газ при этом в виде пузырьков барботируется через слой жидкости.

В отдельных случаях применяют подвижные насадки, которые приводят в колебательное движение восходящим потоком газа, при этом допускаются высокие скорости движения фаз, а поверхность межфазного контакта превышает поверхность насадочных элементов. Эффективность тепло- и массообмена в значительной мере зависит от равномерности распределения жидкости в объеме насадки. Эта задача решается применением специальных оросителей, распределяющих жидкость по верхнему сечению насадки, и использованием материалов (металлических сеток, армированной стеклоткани), обеспечивающих растекание жидкости по поверхности насадки под действием капиллярных сил.

Насадки загружают в аппараты навалом на опорные решетки (нерегулярные насадки), укладывают в определенном порядке или монтируют в жесткую структуру (регулярные насадки). Изготавливают насадки из дерева, металла, стекла, керамики, пластмасс. Элементы нерегулярных насадок выполняют в виде колец, спиралей, роликов, шаров, седел и т.д. Наиболее распространены кольца Рашига, размеры которых обычно составляют 50 мм. Для повышения смачиваемости насадки и пропускной способности аппарата стенки колец иногда снабжают продольными или поперечными канавками или прорезями.

Для отвода жидкости из насадочной колонны применяют две схемы: в первой схеме (обычные насадочные колонны) жидкость стекает по насадке и отводится из нижней части колонны; во второй схеме (эмульгационные колонны) жидкость отводится через переливную трубу.

В данном курсовом проекте производится расчет обычной ректификационной насадочной колонны для разделения бинарной смеси – «ацетон – четыреххлористый углерод» при атмосферном давлении, с насыпной насадкой из стальных колец Рашига.

1. Описание технологической схемы

Исходная смесь подаётся в теплообменник центробежным насосом из ёмкости, где она подогревается до температуры кипения. Затем нагретая смесь поступает на разделение в середину ректификационной колонны на тарелку питания, где состав жидкости равен составу исходной смеси.

Стекая вниз по колонне, жидкость взаимодействует с поднимающимся вверх паром, образующимся при кипении кубовой жидкости в кипятильнике. Начальный состав пара примерно равен составу кубового остатка, 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), получаемой в дефлегматоре путём конденсации пара, выходящего из колонны. Часть конденсата выводится из дефлегматора в виде готового продукта разделения - дистиллята, который охлаждается в теплообменнике и направляется в промежуточную ёмкость.

Из кубовой части колонны насосом непрерывно выводится кубовая жидкость - продукт, обогащённый труднолетучим компонентом, который охлаждается в теплообменнике и направляется в ёмкость.

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

2. Инженерные расчеты

2.1 Технологические расчеты

Для технологических расчетов установки необходимо знать свойства веществ при определённых температурах. Основными диаграммами для определения этих свойств являются диаграммы: состав пара – состав жидкости, и зависимость температуры кипения от состава. В приложение 1 приведены диаграммы указанных свойств бинарной системы ацетон- четыреххлористый углерод.

2.1.1 Равновесные данные

x - мольная доля легколетучего компонента в жидкой фазе;

y - мольная доля легколетучего компонента в паровой фазе;

t – температура,ْС.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| x | y | t |
| 0 | 0 | 76.74 |
| 5.9 | 20.25 | 70.80 |
| 8.7 | 27.10 | 68.74 |
| 17.9 | 40.75 | 64.45 |
| 26.4 | 48.95 | 61.91 |
| 37.4 | 56.55 | 59.83 |
| 45.1 | 61.25 | 58.74 |
| 52.55 | 65.50 | 57.94 |
| 61.65 | 70.65 | 57.18 |
| 69.60 | 75.60 | 56.67 |
| 76.20 | 79.85 | 56.36 |
| 82.95 | 84.60 | 56.15 |
| 89.50 | 89.80 | 56.01 |
| 91.40 | 91.50 | 56.02 |
| 95.30 | 95.20 | 55.99 |
| 100.00 | 100.00 | 56.08 |

2.1.2 Материальный баланс

Зная производительность колонны по дистилляту и необходимые концентрации, определим недостающие данные, т. е. производительность по кубовому остатку и питание исходной смеси (GW и GD), на основании уравнений материального баланса.



где - массовая доля легколетучего компонента в исходной смеси, дистилляте и кубовом остатке соответственно.



массовый расход исходной смеси, дистилляте и



кубовом остатке соответственно.

где MF -молекулярная масса:



кг/кмоль



кг/кмоль



кг/кмоль,



где M1 – молекулярная масса легколетучего компонента; M2 – молекулярная масса второго компонента;

xF, xD, xW- мольная доля легколетучего компонента в исходной смеси, дистилляте и кубовом остатке соответственно.

Где 1-ацетон, 2-четыреххлористый углерод.

кмоль/с



Находим массовую долю по формуле:



Решив систему материального баланса, получим:

кг/с



кг/с



кмоль/с



кмоль/с



Нагрузка ректификационной колонны по пару и жидкости определяется рабочим флегмовым числом. Для его расчета используют приближенные вычисления по формуле:



где Rmin – минимальное флегмовое число.

При этом:



где - мольные доли легколетучего компонента в жидкости, а - концентрация легколетучего компонента в паре, находящаяся в равновесии с жидкостью (питанием исходной смеси).



По диаграмме «Равновесное состояние жидкости и пара» (приложение1) находим при соответствующем значении , таким образом



Тогда:



Также для расчета флегмового числа используем графический метод:

рассчитав число теоретических ступеней контакта (теоретических тарелок)

R=1.5, y=32, n=15.2, n(R+1) =15.2(1.5+1) =38

R=2, y=26.67, n=11.4, n(R+1) =11.4(2+1) =34.2

R=2.5, y=22.86, n=9, n(R+1) =9(2.5+1) =31.5

R=3, y =20, n=8, n(R+1) =8(3+1) =32

R=4, y=16, n=7.33, n(R+1) =7.33(4+1) =36.65

R=5, y=13.33, n=6.43, n(R+1) =6.43(5+1) =38.58



В данном курсовом проекте используем , найденное графическим методом (приложение 3).



2.1.3 Расчет расходов пара и жидкости в верхней и нижней части колонны.

Найдем уравнение рабочих линий:

а) для верхней (укрепляющей) части колонны:



б) для нижней (исчерпывающей) части колонны:



где F – относительный мольный расход питания.



Определяем температуры для нижней и верхней части колонны для жидкости и пара из диаграммы «Зависимость температуры от равновесных составов пара и жидкости» (приложение1):

ْْC, ْC,



ْْْC, ْC.



Определяем объемный расход пара:

кмоль/с



Расход пара в нижней и верхней части колонны определяется по формуле:

,



где p0=760 мм рт. ст. – атмосферное давление,

T0=273 K- абсолютная температура.

м3/с



м3/с



Молярную массу паровой смеси в нижней и верхней части колоны находим по формуле:



кг/кмоль



кг/кмоль



Массовые расходы паров в нижней и верхней части колоны находим по формуле:



кг/с;



кг/с;



Определим плотности пара в верхней и нижней части колонны по формуле:



кг/м3



кг/м3



Определим вязкость пара в верхней и нижней части колонны для ацетона (1) и четыреххлористого углерода (2):

,



где табличные данные: Па. с, Па. с,



С1=651,С2=384- константы уравнения.

а) для нижней части колонны:

Па.с Па.с



б) для верхней части колонны:

Па.с



Па.с



Определим вязкость смеси пара в нижней и верхней части колонны по формуле:



Па.с



Па.с



Определим плотности жидкости по формуле:

,



где плотности ацетона, четыреххлористого углерода соответственно.



а) для нижней части колонны:



кг/м3



кг/м3



кг/м3



б) для верхней части колонны:



кг/м3



кг/м3



кг/м3



Определим вязкость смеси жидкости для нижней и верхней части колонны по формуле:

,



где вязкости ацетона, четыреххлористого углерода соответственно.



мПа.с мПа.с



мПа.с мПа.с



Па.с



Па.с



Поверхностное натяжение смеси жидкостей в верхней и нижней части колонны определим по формуле:

,



где поверхностное натяжение ацетона, четыреххлористого углерода соответственно.



Н/м



Н/м



Н/м



Н/м



м/Н



Н/м



м/Н



Н/м



Находим мольные и массовые расходы жидкости в нижней и верхней части колонны:

кмоль/с



кг/кмоль



кг/с



кг/с



кмоль/с



кг/кмоль



кг/с



кг/с



2.1.4 Расчет теплового баланса установки

Тепловой баланс ректификационной колонны выражается общим уравнением:



где QK – тепловая нагрузка куба; QD –количество теплоты, передаваемой от пара к воде; Qпот – тепловые потери (5%); -теплоёмкости соответствующие дистилляту, кубовому остатку и исходной смеси; - температуры соответствующие дистилляту, кубовому остатку и исходной смеси(находим из диаграммы «Зависимость температуры от равновесных составов пара и жидкости» приложение 1):



, , .



Найдем удельную теплоту конденсации паров дистиллята по аддитивной формуле:

кДж/кг



где - теплоты испарения ацетона и четыреххлористого углерода при температуре дистиллята , .



,



где исходные данные: A1 =72.18; t 1кр=235.1; A2=25.64; t2кр=283.4

;



.



Определим тепловую нагрузку дефлегматора по формуле:

кВт



Определим теплоёмкости смеси:

Для ацетона(1): c0=2.11кДж/(кгК); с1=0.0028 кДж/(кгК);

Для четыреххлористого углерода (2): c0=0.85кДж/(кгК); с1=0.00037 кДж/(кгК);

,



Тогда:



2.2 Гидравлический расчет насадочной колонны аппарата

бор рабочей скорости паров обусловлен многими факторами и обычно осуществляется путем технико-экономического расчета для каждого конкретного процесса. Для ректификационных колонн, работающих в пленочном режиме при атмосферном давление, рабочую скорость можно принять на 20% ниже скорости захлёбывания:

(26)



где - скорость захлебывания пара, м/с; – удельная поверхность насадки, м2/м3; Vсв – свободный объём насадки, м3/м3; μж – динамический коэффициент вязкости жидкости, мПа∙с; и - массовые расходы жидкой и паровой фаз, кг/с; и - плотность пара и жидкости соответственно, кг/м3.



Выбираем в качестве насадки - стальные кольца Рашига:

Кольца Рашига 25 мм:

в:



н:



Тогда рабочая скорость в верхней и нижней части колонны равна:



По рабочей скорости определяем диаметр колонны:

,



где объемный расход пара при рабочих условиях в колонне, м3/с.



;



;



Выбираем стандартный аппарат с диаметром 2.2 м, с кольцами Рашига диаметром 25мм и уточняем рабочую скорость по формуле:



Плотность орошения для верхней и нижней части колонны определяют по формуле:

,



где U – плотность орошения, м3/(м2.с);

- объемный расход жидкости, м3/с;



S – площадь поперечного сечения колонны, м2.

,



где D – диаметр колонны, м.



так как плотность орошения меньше допустимых значений, то необходимо выбрать кольца Рашига с меньшим диаметром.

Кольца Рашига 50 мм:

в:



н:



Тогда рабочая скорость в верхней и нижней части колонны равна:



По рабочей скорости определяем диаметр колонны:

,



где объемный расход пара при рабочих условиях в колонне, м3/с.



;



;



Выбираем стандартный аппарат с диаметром 2 м, с кольцами Рашига диаметром 50мм и уточняем рабочую скорость по формуле:



Плотность орошения для верхней и нижней части колонны определяют по формуле:

,



где U – плотность орошения, м3/(м2.с);

- объемный расход жидкости, м3/с;



S – площадь поперечного сечения колонны, м2.

,



где D – диаметр колонны, м.



Так как плотность орошения удовлетворяет допустимым значениям, то в дальнейших расчетах используем кольца Рашига диаметром 50 мм.

Активную поверхность насадки находят по формуле:



,



где U – плотность орошения, м3/(м2.с);

- удельная поверхность насадки, м2 /м3;



p, q – постоянные, зависящие от типа и размера насадки.

Для выбранных колец Рашига с диаметром 50 мм:

p=0.024, q=0.012.

Определим активную поверхность насадки в нижней и верхней части колонны:



Одной из важных характеристик аппарата является гидравлическое сопротивление насадки, который зависит от режима движения пара (газа). Для расчета необходимо определить число Рейнольдса:

,



где - вязкость пара.



Определяем значения числа Рейнольдса для нижней и верхней части колонны:



Определяем коэффициент сопротивления для верхней и нижней части колонны:

Так как число Reп>40, то



Определяем гидравлическое сопротивление для верхней и нижней части колонны:

,



где H=1 м – высота слоя.

Па/м



Па/м



,



где b- коэффициент, для колец Рашига 50 мм: b= 47.10-3.

=375.61 Па/м



=1093.32Па/м



2.3 Расчет высоты колонны

Определим коэффициент диффузии газа для нижней и верней части колонны по формуле:

,



где T – температура газа, К; p- давления газа, кгс/см2; MA,MB- мольные массы газов A и B;

vA,vB- мольный объемы газов А и В, определяемые, как сумма атомных объемов элементов, входящих в состав газа.

Пусть А – ацетон (МА=58 кг/кмоль);

В- четыреххлористый углерод (МВ=154кг/кмоль).

см3/атом



см3/атом



м2/с;



м2/с;



Определим коэффициент диффузии в разбавленных растворах для верхней и нижней части колонны:

,



где М – мольная масса растворителя;

v- мольный объем диффундирующего вещества;

T –температура, К;

- динамический коэффициент вязкости растворителя, мПа.с;



- параметр, учитывающий ассоциацию молекул растворителя (А=В=1).



Пусть А растворяется в В (В- растворитель):

м2/с;



м2/с.



Пусть В растворяется в А (А- растворитель):

м2/с;



м2/с.



Определим коэффициент диффузии смеси жидкостей для верхней и нижней части колонны по формуле:



м2/с;



м2/с.



По диаграмме «Равновесное состояние жидкости и пара» определяем коэффициенты распределения нижней и верхней частей колонны:

Через xн, xв определяем углы α и β соответственно (приложение 2).



Определяем число единиц переноса графическим методом интегрирования для нижней и верхней части колонны:

yw=xw=0.06

yD=xD=0.8



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| x | y\* | y | y\*-y | .102 |
| 6.00  8.70  17.9  26.4  37.4  45.1  48.00  52.55  56.90  69.6  76.2  80.0 | 20.25  27.10  40.75  48.95  56.55  61.25  63.00  65.50  70.65  75.60  79.85  82.00 | 6.00  10.0  21.0  31.5  42.5  54.0  56.9  61.0  66.5  72.0  77.0  80.0 | 14.25  17.10  19.75  17.45  14.05  7.25  6.10  4.50  4.15  3.60  2.85  2.00 | 7.02  5.84  5.06  5.73  7.12  13.79  16.39  22.22  24.01  27.78  35.09  50.00 |



По данным таблицы строим график зависимости и определяем площадь под графиком с помощью метода трапеций для нижней и верхней части колонны, равную числу единиц переноса (приложение 4):



n0yн=3.029

n0yв=5.51

Определим высоту единиц переноса с помощью сведущих формул:

а) критерий Рейнольдса для пара и жидкости в верхней и нижней части колонны:



б) критерий Прандтля для пара и жидкости в верхней и нижней части колонны:



в) приведенная толщина жидкой пленки для верхней и нижней части колонны:



г) высота единиц переноса в газовой фазе для верхней и нижней части колонны:



м



м



д) высота единиц переноса в жидкой фазе для верхней и нижней части колонны:



м



м



Тогда высота единиц переноса равна:



м



м



Определим высоту слоя насадки по формуле:



Тогда общую высоту аппарата определим по формуле:



2.4 Ориентировочный расчет теплообменников

Произведем ориентировочные расчеты пяти теплообменников: куба-испарителя, подогревателя, дефлегматора и двух холодильников (дистиллята и кубового остатка).

2.4.1 Куб-испаритель

Исходные данные: Qk=3924.32кВт, tw=71ْC

Δt=tгп-tw

Пусть Δt=30ْC, тогда:

tгп= Δt+ tw=101ْC,

при tгп= 101ْC,

pгп=1.0728кгс/см2, rгп=2257.6 кДж/кг

пусть коэффициент теплопередачи Кор=800Вт/(м2.К)

Определим поверхность теплообмена по формуле:

м2



По ориентировочной поверхности теплообмена выбираем стандартный куб-испаритель с внутренним диаметром кожуха D=1000 мм, числом труб n=747, с поверхностью теплообмена F=176 м2 и длиной труб l=3м.

2.4.2 Подогреватель

Исходные данные: кг/с, xF=0.48, tF=58.4 ْC, tнач=20 ْC, .



Определим среднюю температуру:

Δtм=tгп-tF=101-58.4=42.6 ْC

Δtб=tгп-tнач=101-20=81 ْC

ْC



tср=tгп- Δtср=41.23 ْC

Определим вязкость смеси:

мПа.с



мПа.с



мПа.с



Определим теплоемкость смеси:



Определим количество теплоты в подогревателе:

Вт



Пусть Кор=300Вт/(м2.К), тогда

м2



м



м



0.01161<Sтр<0.0232

Исходя из сделанных расчетов можем выбрать стандартный четырехходовой подогреватель с внутренним диаметром кожуха D=600 мм, числом труб n=334, длиной труб l=3м, проходным сечением одного хода Sт=1.6.10-2м и числом рядов труб nр=18.

Определим расход греющего пара по формуле:

кмоль/с



2.4.3 Дефлегматор

Исходные данные: QD=3703,486 кВт, tD=56 ْC, tвнач=15 ْC, tвкон=40 ْC

Определим среднюю температуру:

Δtм=tD-tвкон=16 ْC

Δtб=tD-tвнач=41 ْC

ْC



tср=tD- Δtср=29.32 ْC

Определим теплофизические свойства воды при tср=29.32 ْC:

* λ =0.6167Вт/(м.К)
* μ=0.8125 мПа.с
* ρ=996.14кг/м3
* β=3.12.10-4 1/К
* с=4189Дж/кгК

Пусть Кор=500Вт/(м2.К), тогда

м2



кг/с



м



м



0.03<Sтр<0.07

Исходя из сделанных расчетов выбираем: стандартный четырехходовой дефлегматор 20x2 с внутренним диаметром кожуха D=1000 мм, числом труб n=1072, длиной труб l=4м, проходным сечением одного хода Sт=5.1.10-2м, числом рядов труб nр=34 и стандартный шестиходовой дефлегматор 25x2 с внутренним диаметром кожуха D=1200 мм, числом труб n=958, длиной труб l=4м, проходным сечением одного хода Sт=5.2.10-2м, числом рядов труб nр=32.

2.4.4 Холодильник дистиллята

Исходные данные: кг/с, tD=56 ْC, tвкон=25 ْC, tвнач=15 ْC, t1кон=25 ْC.



Определим среднюю температуру:

Δt1=tD-tвкон=31 ْC

Δt2=t1кон-tвнач=10 ْC

δt1=tD-t1кон=31 ْC

δt2=tвкон-tвнач=10ْC

ْC



ْC



так как δt1>δt2, то

ْC



Определим теплофизические свойства воды при tсрв=20 ْC:

* с=4190Дж/кгК
* μ=1.005 мПа.с

t1ср=tвср+ Δtср=20+15.03=35.03 ْC

Определим теплоемкость дистиллята при t1ср:



Вт



кг/с



Пусть Кор=300Вт/(м2.К), тогда

м2



м



м



0.0034<Sтр<0.0068

Определим вязкость смеси при t1ср=35.03 ْC

мПа.с



мПа.с



мПа.с



м



м



0.013<Sмтр<0.039

Исходя из сделанных расчетов можем выбрать стандартный четырехходовой холодильник c 25x2 внутренним диаметром кожуха D=600 мм, числом труб n=206, длиной труб l=2м,с расстоянием между перегородками в межтрубном пространстве h=300мм, проходным сечением одного хода Sт=1.8.10-2м и числом рядов труб nр=14.

2.4.5 Холодильник кубового остатка.

Исходные данные: кг/с, tw=56 ْC, tвкон=25 ْC, tвнач=15 ْC, t1кон=25 ْC.



Определим среднюю температуру:

Δt1=tw-tвкон=71-25=46 ْC

Δt2=t1кон-tвнач=25-15=10 ْC

δt1=tw-t1кон=71-25=46 ْC

δt2=tвкон-tвнач=25-15=10ْC

ْC



ْC



так как δt1>δt2, то

ْC



Определим теплофизические свойства воды при tсрв=20 ْC:

* с=4190Дж/кгК
* μ=1.005 мПа.с

t1ср=tвср+ Δtср=20+19.24=39.24 ْC

Определим теплоемкость дистиллята при t1ср:



Вт



кг/с



Пусть Кор=300Вт/(м2.К), тогда

м2



м



м



0.003<Sтр<0.006

Определим вязкость смеси при t1ср=39.24 ْC

мПа.с



мПа.с



мПа.с



м



м



0.0073< Sмтр<0.022

Исходя из сделанных расчетов можем выбрать стандартный двухходовой холодильник 20x2 c внутренним диаметром кожуха D=400 мм, числом труб n=166, длиной труб l=3м, с расстоянием между перегородками в межтрубном пространстве h=250мм, проходным сечением одного хода Sт=1.7.10-2м и числом рядов труб nр=14.

2.5 Подробный расчет дефлегматора

В данном разделе подробно рассчитаем один из теплообменников – дефлегматор, выбранный в ориентировочном расчете.

Дефлегматор-аппарат, предназначенный для конденсации паров и подачи флегмы в колонну, представляет собой кожухотрубчатый теплообменник, в межтрубном пространстве, которого обычно конденсируется пары, а в трубах движется охлаждающий агент – вода.

В качестве хладагента используем воду среднего качества со средним значением тепловой проводимости загрязнений стенок , а тепловая проводимость загрязнений стенок органическими парами .



Толщину слоя загрязнения примем равной 2мм. В качестве материала труб выберем нержавеющую сталь с коэффициентом теплопроводности .



Тогда термическое сопротивление загрязнений труб



Расчет коэффициентов теплоотдачи.

Исходные данные: , tD=56 ْC, t2ср=29.32 ْC, , дефлегматор с внутренним диаметром кожуха D=1000 мм, числом труб n=1072, длиной труб l=4м, проходным сечением одного хода Sт=5.1.10-2м и числом рядов труб nр=34, в среднем по 31-32 трубе в ряду.



1. Задаемся температурой стенки  ْC



Тогда

Δt=tD-tст1=56-45=11 ْC

tпл=(tкон+tст1)/2=(56+45)/2=50.5 ْC

Далее необходимо определить поверхностные плотности теплового потока и сопоставить их, если разница между ними будет меньше 5 %, то можно считать, что процесс установившийся и температура стенки подобранна правильно.

,



где - коэффициенты теплоотдачи от стенки 1 и 2;



,



где =0,55- множитель, учитывающий влияние числа труб по вертикали;



теплопроводность смеси, Вт/(м.К);



-плотность смеси, кг/м3;



теплота конденсации, Дж/кг;



- скорость свободного падения, м/с;



-вязкость смеси, мПа.с;



- наружный диаметр труб, м.



Коэффициент может быть существенным для вязких конденсатов, а для воды в первом приближении его не учитывают.



Определим теплопроводность, плотность, вязкость при определяющей температуре t=50.5 ْC и теплоту конденсации при температуре конденсации:

кДж/кг



где - теплоты испарения ацетона и четыреххлористого углерода,.



,



где исходные данные: A1 =72.18; t 1кр=235.1; A2=25.64; t2кр=283.4

;



.



мПа.с



мПа.с



кг/м3



кг/м3



кг/м3



Вт/мК



Вт/мК



Тогда



Тогда поверхностная плотность теплового потока первой стенки определим по формуле:



Примем что



Определим температуру второй стенки по формуле:



Определим коэффициент теплопроводности для воды при t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:



Аналогично определим коэффициент теплопроводности для воды при t=34.23 ْC:



Определим вязкость жидкости для воды при t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:

Па



Аналогично определим вязкость воды при t=34.23 ْC:

Па



Определим теплоемкость воды t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:



Аналогично определим теплоемкость воды при t=34.23 ْC:



Определим критерий Рейнольдса по формуле:

,



где - вязкость смеси, Па.с;



G- расход воды, кг/с;

z- число ходов, z=4;

d- внутренний диаметр труб, м;

Nтр- количество труб.



Определим критерий Прандтля для потока и стенки при температурах tср=29.32ْС, tст=34.23ْС:

,



где с- теплоемкость воды, Дж/кгК;

теплопроводность воды, Вт/(м.К);



-вязкость воды, мПа.с.



Определим критерий Нуссельта по формуле:



Зная критерий Нуссельта, определим коэффициент теплоотдачи второй стенки по формуле:



Тогда



Тогда поверхностная плотность теплового потока первой стенки определим по формуле:



Сопоставим q1 и q2, т разность выразим в процентах:



Выбранная температура стенки наугад не подходит.

2. Выбираем новую температуру стенки tст1=44ْС и проводим расчеты аналогично расчетам при температуре стенки  ْC



Тогда

Δt=tD-tст1=56-44=12 ْC

tпл=(tкон+tст1)/2=(56+44)/2=50 ْC

Необходимо определить поверхностные плотности теплового потока и сопоставить их, если разница между ними будет меньше 5 %, то можно считать, что процесс установившийся и температура стенки подобранна правильно.

,



где - коэффициенты теплоотдачи от стенки 1 и 2;



,



где =0,55- множитель, учитывающий влияние числа труб по вертикали;



теплопроводность смеси, Вт/(м.К);



-плотность смеси, кг/м3;



теплота конденсации, Дж/кг;



- скорость свободного падения, м/с;



-вязкость смеси, мПа.с;



- наружный диаметр труб, м.



Коэффициент может быть существенным для вязких конденсатов, а для воды его не учитывают.



Определим теплопроводность, плотность, вязкость при определяющей температуре t=50 ْC и теплоту конденсации при температуре конденсации:

кДж/кг



где - теплоты испарения ацетона и четыреххлористого углерода,.



,



где исходные данные: A1 =72.18; t 1кр=235.1; A2=25.64; t2кр=283.4

;



.



мПа.с



мПа.с



кг/м3



кг/м3



кг/м3



Вт/мК



Вт/мК



Тогда



Тогда поверхностная плотность теплового потока первой стенки определим по формуле:



Примем, что



Определим температуру второй стенки по формуле:



Определим коэффициент теплопроводности для воды при t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:



Аналогично определим коэффициент теплопроводности для воды при t=32.5 ْC:



Определим вязкость жидкости для воды при t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:

Па



Аналогично определим вязкость воды при t=32.5 ْC:

Па



Определим теплоемкость воды t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:



Аналогично определим теплоемкость воды при t=32.5 ْC:



Определим критерий Рейнольдса по формуле:

,



где - вязкость смеси, Па.с;



G- расход воды, кг/с;

z- число ходов, z=4;

d- внутренний диаметр труб, м;

Nтр- количество труб.



Определим критерий Прандтля для потока и стенки при температурах tср=29.32ْС, tст=32.5ْС:

,



где с- теплоемкость воды, Дж/кгК;

теплопроводность воды, Вт/(м.К);



-вязкость воды, мПа.с.



Определим критерий Нуссельта по формуле:



Зная критерий Нуссельта, определим коэффициент теплоотдачи второй стенки по формуле:



Тогда



Тогда поверхностная плотность теплового потока первой стенки определим по формуле:



Сопоставим q1 и q2, т разность выразим в процентах:



Выбранная температура стенки наугад не подходит.

3. Используя графический метод, определяем температуру стенки в третьем приближение-

ْC (графическое решение приведено в приложение 5).



Проводим расчеты аналогичные расчетам, выполненным в пункте 2.

Δt=tD-tст1=56-44.8=11.2 ْC

tпл=(tкон+tст1)/2=(56+44.8)/2=50.4 ْC

Необходимо определить поверхностные плотности теплового потока и сопоставить их, если разница между ними будет меньше 5 %, то можно считать, что процесс установившийся и температура стенки подобранна правильно.

,



где - коэффициенты теплоотдачи от стенки 1 и 2;



,



где =0,55- множитель, учитывающий влияние числа труб по вертикали;



теплопроводность смеси, Вт/(м.К);



-плотность смеси, кг/м3;



теплота конденсации, Дж/кг;



- скорость свободного падения, м/с;



-вязкость смеси, мПа.с;



- наружный диаметр труб, м.



Коэффициент может быть существенным для вязких конденсатов, а для воды его не учитывают.



Определим теплопроводность, плотность, вязкость при определяющей температуре t=50 ْC и теплоту конденсации при температуре конденсации:

кДж/кг



где - теплоты испарения ацетона и четыреххлористого углерода,.



,



где исходные данные: A1 =72.18; t 1кр=235.1; A2=25.64; t2кр=283.4

;



.



мПа.с



мПа.с



кг/м3



кг/м3



кг/м3



Вт/мК



Вт/мК



Тогда



Тогда поверхностная плотность теплового потока первой стенки определим по формуле:



Примем что



Определим температуру второй стенки по формуле:



Определим коэффициент теплопроводности для воды при t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:



Аналогично определим коэффициент теплопроводности для воды при t=33.89 ْC:



Определим вязкость жидкости для воды при t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:

Па



Аналогично определим вязкость воды при t=33.89 ْC:

Па



Определим теплоемкость воды t=29.32 ْC с помощью интерполяции справочных данных:



Аналогично определим теплоемкость воды при t=33.89 ْC:



Определим критерий Рейнольдса по формуле:

,



где - вязкость смеси, Па.с;



G- расход воды, кг/с;

z- число ходов, z=4;

d- внутренний диаметр труб, м;

Nтр- количество труб.



Определим критерий Прандтля для потока и стенки при температурах tср=29.32ْС, tст=32.5ْС:

,



где с- теплоемкость воды, Дж/кгК;

теплопроводность воды, Вт/(м.К);



-вязкость воды, мПа.с.



Определим критерий Нуссельта по формуле:



Зная критерий Нуссельта, определим коэффициент теплоотдачи второй стенки по формуле:



Тогда



Тогда поверхностная плотность теплового потока первой стенки определим по формуле:



Сопоставим q1 и q2, т разность выразим в процентах:



Температура стенки подобрана верно.

Определим коэффициент теплоотдачи по формуле:



Зная коэффициент теплоотдачи, определим поверхность теплообмена по формуле:



Таким образом, рассчитанное значение коэффициента теплоотдачи больше выбранного нами коэффициента теплоотдачи в ориентировочном расчете дефлегматора, а поверхность теплообмена меньше, чем ориентировочная поверхность теплообмена дефлегматора. Значение поверхности теплообмена стандартного дефлегматора F=269 м2, следовательно дефлегматор выбран с запасом поверхности теплообмена 13%.



Вывод

В данной курсовой работе мы произвели расчет ректификационной колонны для разделения смеси: ацетон-четыреххлористого углерода при атмосферном давлении. В качестве ректификационной колонны используется аппарат насадочного типа с кольцами Рашига 50мм, обеспечивающий перекрестное движение пара и жидкости, высотой H=6.43м и диаметром D=2м.

Был произведен ориентировочный расчет пяти теплообменников: дефлегматора, подогревателя, куба испарителя и двух холодильников (дистиллята и кубового остатка); в результате чего были выбраны:

- стандартные куб испаритель с трубами 25x2мм, исполнения 2 по ГОСТ 15119-79 с внутренним диаметром кожуха D=1м, числом труб n=747, длиной труб l=3м и поверхностью теплообмена F=176 м2;

- четырехходовой подогреватель по ГОСТ 15121-79 с внутренним диаметром кожуха D=0.6м, числом труб n=334, числом рядов труб np=18, длиной труб l=3м, с проходным сечением одного хода Sт=0.016м2, поверхностью теплообмена F=63 м2;

- двухходовой холодильник кубового остатка с трубами 20x2мм по ГОСТ 15122-79 с внутренним диаметром кожуха D=0.4м, с числом труб n=166, длиной труб l=3м, числом рядов труб np=14, с расстоянием между перегородками в межтрубном пространстве h=0.25м, поверхностью теплообмена F=31м2;

- четырехходовой холодильник дистиллята с трубами 25x2мм по ГОСТ 15122-79 с внутренним диаметром кожуха D=0.6м, с числом труб n=206, длиной труб l=2м, числом рядов труб np=14, с расстоянием между перегородками в межтрубном пространстве h=0.3м, поверхностью теплообмена F=32м2;

- четырехходовой дефлегматор с трубами 20x2мм по ГОСТ 15121-79 с внутренним диаметром кожуха D=1м, числом труб n=1072, длиной труб l=4м, поверхностью теплообмена F=269м2, с числом рядов np=34 и проходным сечением одного хода Sтр=0.051м;

- шестиходовой дефлегматор с трубами 25x2мм по ГОСТ 15121-79 с внутренним диаметром кожуха D=1.2м2, числом труб n=958, длиной труб l=4м, поверхностью теплообмена F=301м2, с числом рядов np=32 и проходным сечением одного хода Sтр=0.052м.

Подробно рассчитаны два дефлегматора: четырехходовой – вручную, шестиходовой – с помощью ЭВМ (приложение 6).

Выбор дефлегматора зависит от конкретных критериев. В случае необходимости получения более высокой скорости протекания процесса необходимо использовать шестиходовой дефлегматор, так как скорость возрастает в число раз равное числу ходов, а в случае, когда в качестве основного критерия применяется минимизация затрат – четырехходовой.

Для изготовления аппарата выбрана нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т по ГОСТ 5949-75 с коэффициентом теплопроводности .



Список использованной литературы

1. 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-ое изд. перераб. и дополнен. М: Химия, 1991 – 496 с.
2. Справочник химика том V, под ред П.Г.Романкова, 2-ое изд. перераб. и дополнен.Л Химия, 1968-975с.
3. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии /Учебное пособие/, К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков, 9-ое изд. перераб. и дополнен. Л. Химия,1987-575с.
4. Курсовое проектирование по процессам и аппаратам химической технологии. Краткие справочные данные /Метод указания/. ЛТИ им. Ленсовета – Л.: 1989, 40 с.