*ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ*

*Рассчитать ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси бензол - уксусная кислота по следующим данным:*

1. *Расход исходной смеси GF = 5,0 кг/с.*
2. *Содержание низкокипящего компонента - бензола в процентах по массе:*

* *В исходной смеси – xF = 35%;*
* *В дистилляте – xD = 90%;*
* *В кубовом остатке – xW = 6%.*

1. *Колонна работает под атмосферным давлением.*
2. *Тип ректификационной колонны – тарельчатая колпачковая.*

*Рассчитать холодильник дистиллята для ректификационной колонны (кожухотрубчатый теплообменник), если известно, что для охлаждения используется вода, начальная температура 15 0С, конечная - 35 0С.*

*СОДЕРЖАНИЕ*

*ВВЕДЕНИЕ 4*

*1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РЕКТИФИКАЦИИ 5*

*2. ПОДБОР МАТЕРИАЛА 7*

*3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 8*

*4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ 10*

*5. МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УСТАНОВКИ 19*

*6. РАСЧЕТ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА 26*

*ЗАКЛЮЧЕНИЕ 30*

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 31*

*ВВЕДЕНИЕ*

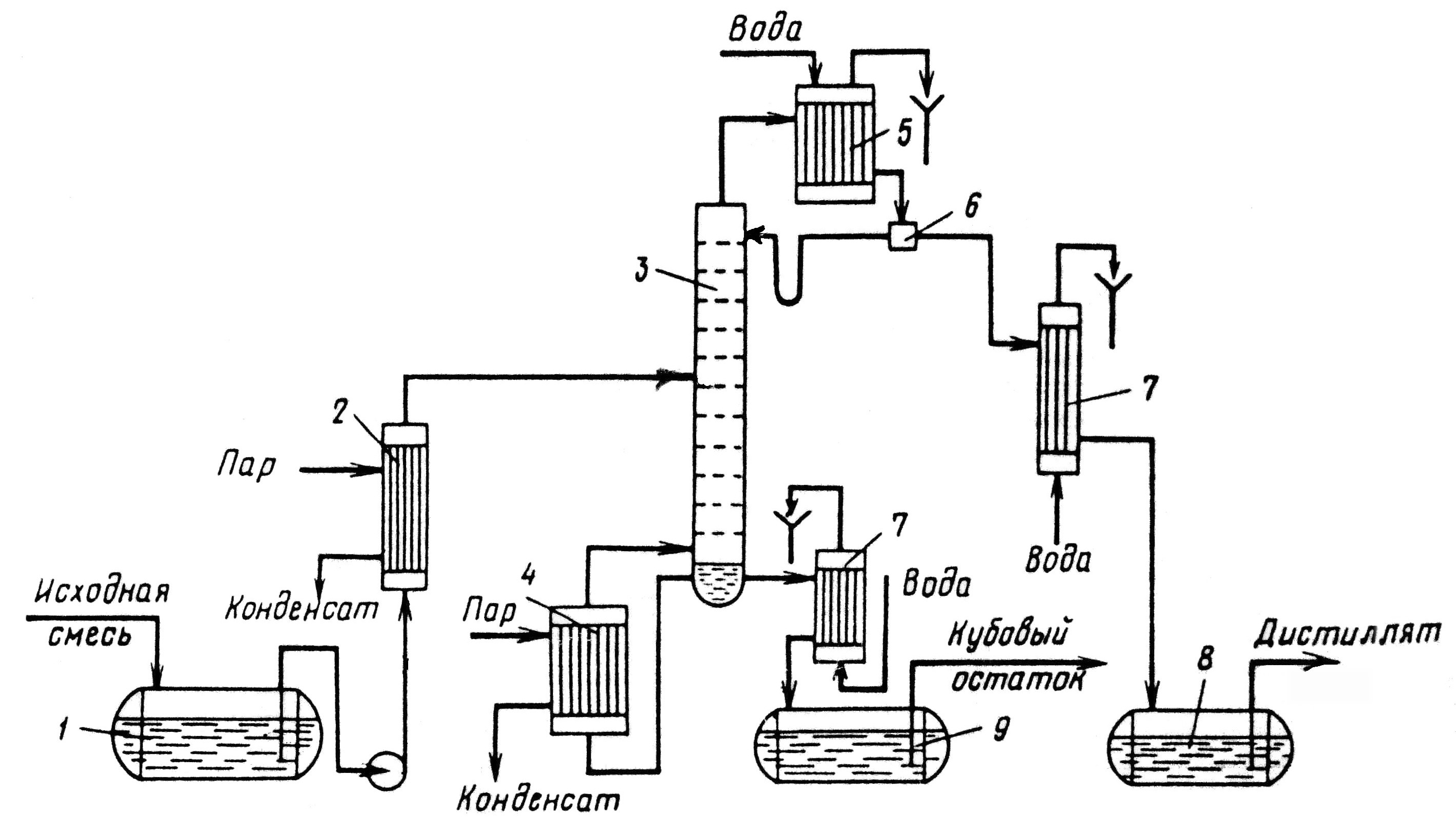
*Ректификация – многократная дистилляция, проводимая таким образом, что восходящий поток пара взаимодействует с нисходящим потоком жидкости, обогащенной легколетучим компонентом. В результате массопередачи поднимающийся пар обогащается легколетучим компонентом, а стекающая жидкость труднолетучим. Ректификация заключается в противоточном взаимодействии паров, образующихся при перегонке, с жидкостью, получающейся при конденсации паров.*

*Разделение осуществляется обычно в колонных аппаратах при многократном или непрерывном контакте фаз. При каждом контакте из жидкости испаряется преимущественно низкокипящий компонент, которым обогащаются пары, а из паровой - конденсируется преимущественно высококипящий компонент, переходящий в жидкость. В результате обмена компонентами между фазами в конечном счете пары представляют собой почти чистый низкокипящий компонент. Эти пары выходящие из верхней части колоны после их конденсации в отдельном аппарате дают дистиллят (верхний продукт) и флегму - жидкость, возвращающуюся для орошения колоны и взаимодействия с поднимающимися в колоне парами. Снизу удаляется жидкость представляющая собой почти чистый высококипящий компонент - кубовый остаток (нижний продукт). Часть остатка испаряют в нижней части колоны для получения восходящего потока пара.*

*Ректификация известна с начала девятнадцатого века, как один из важнейших технологических процессов главным образом спиртовой и нефтяной 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 производных органического синтеза, изотопов, полупроводников и различных других веществ высокой чистоты).*

*1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РЕКТИФИКАЦИИ*

*Схема ректификационной установки непрерывного действия*



*1 – емкость для исходной смеси; 2 – подогреватель; 3 – колонна;*

*4 – кипятильник; 5 – дефлегматор; 6 – делитель флегмы; 7 – холодильник; 8 – сборник дистиллята; 9 – сборник кубового остатка*

*Рис. 1.1.*

*Исходную смесь из емкости* ***1*** *центробежным насосом подают в теплообменник* ***2****, где она подогревается до температуры кипения. Нагретая смесь поступает на разделение в ректификацион­ную колонну* ***3****, где состав жидкости равен составу исходной смеси* ***xF*** *. 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* ***xW*** *,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* ***хD****, получаемой в дефлегматоре* ***5*** *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 емкость* ***8****.*

*Из кубовой части колонны насосом непрерывно выводится кубовая жидкость - продукт, обогащенный труднолетучим компонентом, который охлаждается в теплообменнике* ***7*** *и направ­ляется в емкость* ***9****.*

*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. ПОДБОР МАТЕРИАЛА*

*При конструировании химической аппаратуры следует применять стойкие металлические и неметаллические конструкционные материалы в заданных агрессивных средах. Материалы должны быть химически и коррозионностойкими в заданной среде при её рабочих параметрах, обладать хорошей свариваемостью и соответствующими прочностными и пластическими характеристиками в рабочих условиях, допускать холодную и горячую механическую обработку, а также иметь возможно низкую стоимость и быть недефицитными. При выполнении прочностных расчетов в первую очередь сталкиваются с необходимостью оценки общей поверхностной коррозии выбираемого конструкционного материала, характеризующегося проницаемостью П мм/год.*

*Всегда нужно стремиться к выбору конструкционных материалов, характеризующихся минимальной проницаемостью.*

*В расчетах аппаратуры на прочность потеря по толщине материала на коррозию учитывается соответствующей прибавкой С, определяемой амортизационным сроком службы аппарата и проницаемость по формуле:*

*С = ПТа= 0,1·20 = 2мм., где П ≤ 0,1 мм/год.*

*С – прибавка к расчетным толщинам; П = 0,1мм/год – скорость коррозии; Та= 20лет – срок службы аппарата.*

*Принимаем сталь Х18Н1ОТ, для которой = 134МПа. [4]*

*[] - допускаемое напряжение.*

*[] = η = 1·134 = 134МПа*

*η = 1 – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки.*

*Сталь Х18Н1ОТ применяется для обечаек, днищ, фланцев, трубных решеток, болтов, шпилек, валов, патрубков штуцеров, корпусов крышек, тарелок, фланцев и других деталей сварной, кованной, литой химической аппаратуры, работающих со средами средней и повышенной стоимости в пределах t -254 до +6000С и неограниченным давлением.*

*Остальные детали, не соприкасающиеся с токсичной, коррозионной средой, изготовляются из стали ст3.*

*3.* *ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ*

*Таблица 3.1*

*Данные о равновесном составе пара над жидкостью. [3]*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***x*** | ***y*** | ***t*** | ***P*** |
| *0,00*  *6,47*  *8,91*  *12,72*  *19,23*  *24,97*  *29,93*  *38,04*  *45,39*  *64,51*  *100,00* | *0,00*  *31,49*  *38,82*  *47,82*  *57,76*  *64,43*  *68,59*  *74,21*  *77,52*  *85,04*  *100,00* | *118,7*  *109,51*  *106,82*  *103,71*  *99,44*  *96,23*  *93,99*  *90,85*  *88,96*  *84,72*  *80,2* | *760* |

*По данным таблицы строим линию равновесия и диаграмму равновесия между жидкостью и паром при постоянном давлении.*

*Линия равновесия.*



*Рис. 3.1.*

*Диаграмма равновесия между жидкостью и паром при постоянном давлении.*



*Рис. 3.2.*

*4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ*

*4.1. Материальный баланс*

*Уравнение материального баланса.*

*GF = GD +GW;*

*GFxF = GDxD+GWxW,*

*где GF , GD,, GW –производительность по исходной смеси, дистиллята и кубового остатка; XF, XD, XW – содержание легколетучего компонента в исходной смеси, дистилляте и кубовом остатке, массовые доли.*

**

*Для дальнейших расчетов выразим концентрации в мольных долях.*

*Исходная смесь:*

*,*

*где MБ , MУ.К. – молярная масса бензола и уксусной кислоты*

*Дистиллят:*

**

*Кубовый остаток:*

**

*Относительный мольный расход питания F:*

**

*Определим минимальное число флегмы Rmin:*

**

*y=0,68 – мольная доля бензола в паре, равновесном с жидкостью питания, определяем по рис. 3.1.*

*Определим рабочее число флегмы:*

*R = 1,3· К+ 0,3 = 1,3· 0,501 + 0,3 = 0,951*

*Уравнения рабочих линий:*

*а) верхней (укрепляющей) части колонны:*

**

*б) нижней (исчерпывающей) части колонны:*

**

*4.2. Определение скорости пара и диаметра колонны.*

*Средние концентрации жидкости:*

*а) в верхней части колонны*

**

*б) в нижней части колонны:*

**

*Средние концентрации пара находим по уравнению рабочих линий:*

*а) в верхней части колонны*

**

*б) в нижней части колонны*

**

*Средние температуры пара определяем по диаграмме t – (x, y) рис. 3.2.*

*а) при y`= 0,734 t`= 91,5 0C*

*б) при y``= 0,317 t``= 109 0C*

*Средние мольные массы и плотности пара:*

*а) *

*б) *

*Средняя плотность пара в колонне:*

**

*Температура вверху колонны при xD = 0,874 равняется tD= 81,7 0C, а в кубе – испарителе при x= 0,046 равняется t= 111,7 0C. (см. рис. 3.2.)*

*Плотность уксусной кислоты при 111,7 0C ρУ.К.= 936,94 кг/м, а бензола при 81,7 0C ρБ =813.13 кг/м. [5]*

*Принимаем среднюю плотность жидкости в колонне:*

**

*Определяя скорость пара ω в колонне по данным принимаем расстояние между тарелками h = 300мм, С = 0,032.*

**

*Объемный расход проходящего через колонну пара при средней температуре в колонне t= (91,5 + 109)/2 = 100,25 0C*

**

*где МD - молярная масса дистиллята, равная*

* MD= 0,874·78 + 0,126·60 = 75,7кг/кмоль.*

*Диаметр колонны:*

**

*По [2] принимаем D = 1600мм, тогда скорость пара в колонне будет:*

**

*4.3. Гидравлический расчет колпачковой тарелки.*

*Принимаем следующие размеры колпачковой тарелки:*

*Высота сливного порога h= 50мм.*

*Диаметр патрубка принимают из ряда: 50, 75, 100, 125, 150.*

*Задаемся диаметром патрубка 75мм.*

*Диаметр колпачка находим из условия равенства скорости пара в газовом патрубке и в кольцевом сечении колпачка (т.е. если скорости пара равны, то равны их площади).*

*Примем толщину стенки патрубка 3мм.*

**

*Принимаем ширину прорези bпр=5 мм,*

*высоту прорези hпр=20 мм.*

*Количество колпачков на тарелке *

*Принимаем n = 45 штук.*

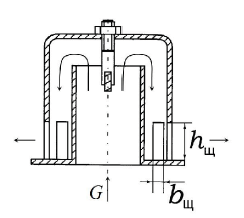
*Длина окружности колпачка: *

*Количество прорезей *

*где а - расстояние между прорезями, а=4 мм*

*Принимаем nпр.=38*

*Схема колпачка.*



*Рис. 3.1.*

*На каждой тарелке колонны расположено по 45 колпачков, каждый из которых имеет по 38 прямоугольных прорезей размером b h= 5  20мм. Расстояние между прорезями 4мм; расстояние между тарелкой и верхним краем прорезей h= 30мм.*

*Определяем скорость пара в прорезях:*

**

*Гидравлическое сопротивление тарелки в колонне рассчитывается по формуле:*

*∆p = ∆p+ ∆p+∆p*

*Сопротивление сухой тарелки:*

**

*ξ – коэффициент сопротивления колпачковой тарелки, равен 3,0;*

*ω - скорость пара в прорезях, м/с;*

* - средняя плотность пара в колонне.*

*Сопротивление вызываемого силами поверхностного натяжения:*

**

*σ=19,8·10-3 H/м*

*σ – поверхностное натяжение, Н/м;*

*d - эквивалентный диаметр отверстия*

*, где f – площадь свободного сечения прорези; П – периметр прорези.*

*Тогда*

*.*

*Сопротивление столба жидкости на тарелке:*

**

*k – относительная плотность газожидкостного слоя, 0,5;*

*- средняя плотность жидкости в колонне, кг/м3;*

*l – расстояние от верхнего края прорези до конца порога, 20мм;*

*∆h – градиент уровня жидкости, 10мм.*

*Общее сопротивление тарелки в колонне:*

*∆pобщ = 230 + 10 + 223 = 463 Н/м2*

*4.4. Определение числа тарелок и высоты колонны.*

*На диаграмму х-у (см. рис.3.1.) наносим рабочие линии верхней и нижней части колонны и находим число теоретических тарелок. В верхней части колонны n`= 3, в нижней части колонны n``= 3, всего 6 тарелок.*

*Число тарелок рассчитываем по уравнению:*

**

*Для определения среднего к.п.д. η тарелок находим коэффициент относительной летучести разделяемых компонентов,  и динамический коэффициент вязкости исходной смеси μ при средней температуре в колонне, равной 100,25 0С.*

*При этой температуре давление насыщенного пара бензола*

*PБ= 1344 мм.рт.ст., уксусной кислоты PУ.К.= 420 мм.рт.ст. , откуда .*

*Динамический коэффициент вязкости при 100,25 0С бензола μБ=0,26·10Па·с и уксусной кислоты μУ.К.= 0,46·10Па·с.*

*Принимаем динамический коэффициент вязкости исходной смеси*

*μ = 0,36·10Па·с.*

*Тогда αμ = 3,2· 0,36 = 1,15.*

*По графику находим ηср = 0,48 [5, стр. 323].*

*Длина пути жидкости на тарелке*

*l = D – 2b = 1600 – 2·300 = 1000 мм = 1,0 м.*

*По графику находим ∆=0.03 [5, стр. 324]*

*Тогда*

*η = η(1+∆)=0,48(1+0,03)= 0,5*

*Число действительных тарелок:*

* *в верхней части колонны*

*;*

* *в нижней части колонны*

*;*

*Общие число тарелок n = 12, с запасом nТ = 14, из них в верхней части колонны 7 и в нижней части 7 тарелок.*

*Высота тарельчатой части колонны:*

*, с учетом добавки на люк:*

**

*Общее гидравлическое сопротивление тарелок:*

**

*4.5. Тепловой расчет установки.*

*Расход теплоты, отдаваемой охлаждающей воде в дефлегматоре – конденсаторе:*

**

*где: *

*где rБ, rУ.К.- удельные теплоты конденсации бензола и уксусной кислоты при 81,7 0С.*

*rБ=391 кДж/кг, rУ.К.=388 кДж/кг [5, табл. XLV, стр. 541-542]*

*Расход теплоты, получаемой в кубе – испарителе от греющего пара:*

**

*Здесь тепловые потери приняты в размере 3% от полезно затрачиваемой теплоты: удельные теплоемкости взяты соответственно при tD= 81,7 0С, t= 111,7 0С, t= 93,5 0С, которые определены по рис. 3.2. [5, рис. XI, стр. 562]*

*Расход теплоты в паровом подогревателе исходной смеси:*

**

*Здесь тепловые потери приняты в размере 5%, удельная теплоемкость исходной смеси с=2011,2 Дж/кг·К взята при средней температуре*

*(93,5 + 20)/2 = 57 0С.*

*Расход теплоты, отдаваемой охлаждающей воде в водяном холодильнике дистиллята:*

**

*где удельная теплоемкость дистиллята сD= 1885,5 Дж/кг·К взята при средней температуре (82 + 30)/2 = 56 0С.*

*Расход теплоты, отдаваемой охлаждающей воде в водяном холодильнике кубового остатка:*

**

*где удельная теплоемкость кубового остатка с=2178,8 Дж/кг·К взята при средней температуре (111,7 + 30)/2 = 71 0С.*

*Расход греющего пара, имеющего давление р=3 кгс/см2 и влажность 5%:*

*а) в кубе – испарителе:*

**

*б) в подогревателе исходной смеси:*

**

*Всего: 0,74 + 0,38 = 1,12 кг/с или 4 т/ч*

*Расход охлаждающей воды при нагреве её на 20 0С:*

*а) в дефлегматоре*

**

*б) в водяном холодильнике дистиллята*

**

*в) в водяном холодильнике кубового остатка*

**

*Всего: 0,0877 м3/с или 316 м3/час.*

*5. МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УСТАНОВКИ*

*5.1.Расчет толщины обечаек.[4]*

*Исполнительную толщину стенки аппарата, нагруженной внутренним избыточным давлением, рассчитывают по формуле:*

**

*где p – внутреннее избыточное давление*

*р = ρ·g·h = 2,275·9,81·11,7 = 261,1 Па*

*ρ – средняя плотность пара в колонне; h – высота колонны.*

*Так как среда является слабо агрессивной, то принимаем сталь Х18Н10Т, для которой = 134МПа.*

*С – прибавка к расчетным толщинам; С = ПТа= 0,1·20 = 2мм; П = 0,1мм/год – скорость коррозии; Та= 20лет – срок службы аппарата.*

*[] - допускаемое напряжение.*

*[] = η = 1·134 = 134МПа*

*η = 1 – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки.*

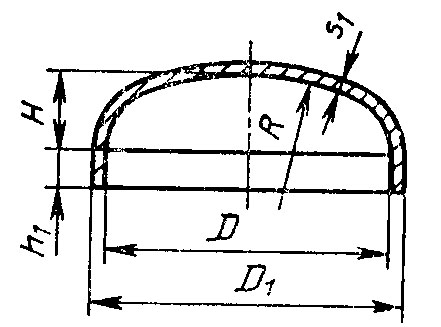
*φ = 1 – коэффициент сварных швов.*

**

*По [4] толщину обечайки примем s = 6мм.*

*5.2. Расчет толщины днища и крышки.[4]*

*Эллиптические днище и крышка*



*Рис. 5.1.*

*Толщина стенки днища и крышки определяется по формуле:*

**

*R – радиус кривизны в вершине днища.*

*R = D – для эллиптических днищ с H = 0,25·D*

*H = 0,25·1600 = 400мм.*

*R = 1600мм.*

**

*Принимаем толщину крышки и днища равной толщине стенки 6мм.*

*Длину цилиндрической отбортованной части днища по [4] принимаем равной h1 = 50мм.*

*5.3. Расчёт изоляции колонны.[4]*

*Определим необходимую толщину слоя изоляции аппарата, внутри которого температура 111,7 0С. Примем температуру окружающего воздуха t=10 0С. Изоляционный материал – совелит.*

*Найдем коэффициент теплоотдачи в окружающую среду лучеиспусканием и конвекцией:*

*α=9.74+0.07(tст- tвозд)= 9.74 + 0.07(35-10)=11.49 Вт/м2\*К*

*tст - температура со стороны окружающей среды, tст= 35 0С;*

*Найдем удельный тепловой поток:*

*q= α(tст- tвозд)=11.49(35-10)= 287.25 Вт/м2*

*Принимая, что все термическое сопротивление сосредоточено в слое изоляции, можно записать:*

*q= la(tст- tвозд)/b*

*где la= 0.098 – теплопроводность совелита,*

*b= la(tст- tвозд)/q = 0.098(111,7-10)/287,25 = 0,035 м*

*Т.к. наиболее горячая часть колонны – это куб, то для всей колонны можно принять ту же толщину изоляции.*

*5.4. Расчет штуцеров.[4]*

*Расчет штуцеров сводится к диаметру штуцера:*

**

*ω – скорость жидкости 2м/с, скорость пара 20м/с.*

*Штуцер с приварным фланцем.*



*Рис. 5.2.*

*5.4.1 Штуцер для ввода исходной смеси.*

*VF = GF/ρF = 5,0/900,5 = 0,005 м3/с*

*где  .*

*По ОСТ 26-1404-76 примем штуцер с наружным диаметром\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 89мм, с условным проходом Dу=80 мм.*

*5.4.2 Штуцер для ввода флегмы.*

**

**

**

*По ОСТ 26-1404-76 примем штуцер с наружным диаметром\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 45мм, с условным проходом Dу=40мм.*

*5.4.3 Штуцер для отвода кубового остатка.*

*V­w = Gw= 3,28 м3/с*

**

*По ОСТ 26-1404-76 примем штуцер с наружным диаметром\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 57мм, с условным проходом Dу=50мм.*

*5.4.4 Штуцер для вывода паров дистиллята.*

*V=GD(R+1)/ρП*

*ρП = ρ' = 2,45 кг/м3 - плотность пара вверху колонны*

*V = 1,72(0,951+1)/2,45= 1,37м3/с*

**

*По ОСТ 26-1404-76 примем штуцер с наружным диаметром\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 325мм, с условным проходом Dу=300мм.*

*5.4.5 Штуцер для ввода паров кубовой смеси.*

*V = GW/ρП*

*ρП = ρ″ = 2,1кг/м3 - плотность пара внизу колонны*

*V=3,28/2,1=1,56 м3/с*

**

*По ОСТ 26-1404-76 примем штуцер с наружным диаметром\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 377мм с условным проходом Dу=350мм.*

*Все штуцера снабжаются плоскими приварными фланцами по ГОСТ 1255-67*

*Фланец штуцера*

*.*



*Рис. 5.3.*

*Табл.5.1.*

*Список штуцеров*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Назначение штуцера* | *Условный проход, мм* | *Наружный диаметр, мм* | *Число болтов, шт* | *Размер болтов* |
| *Ввод исходной смеси* | *80* | *89* | *8* | *М16* |
| *Ввод флегмы* | *40* | *45* | *4* | *М16* |
| *Вывод кубового остатка* | *50* | *57* | *4* | *М16* |
| *Вывод паров дистиллята* | *300* | *325* | *12* | *М20* |
| *Ввод паров кубовой остатка* | *350* | *377* | *16* | *М22* |

*5.5. Расчет весовых характеристик и высоты аппарата. Расчет толщины стенки**опоры и катета сварного шва, соединяющего опору с корпусом.*

*5.5.1. Расчет высоты аппарата. [2]*

*Hобщ = 3900(высота тарельчатой части) + 2000(опора) + 2800(до 1-ой тарелки) + 1600 (от последней тарелки) + 600(высота крышки) + 200(вылет штуцера) + 2·50(высота отбортовки) + 500(добавка на люк) = 11700 мм = 11,7 м*

*Hцил= 2800 + 1090 + 3900 + 2·50 = 7890 мм = 7,89 м*

*Hж = n·hпор + 1.3(переливной порог) = 14·0,05 + 1,3 = 2,0 м*

*5.5.2. Расчет веса аппарата.**[4]*

*Общий вес аппарата оценим путем расчета веса его частей:*

**

*Q - вес корпуса;*

*Q - вес жидкости в колонне;*

*Q - вес тарелок.*

*Вес корпуса: Q= Q+ Q*

*где Qц- вес цилиндрической части корпуса;*

*Q- вес днища и крышки.*

**

*D – внутренний диаметр колонны;*

*s – толщина обечайки;*

*Н- высота цилиндрической части корпуса;*

*ρм- плотность стали, 7850кг/м3.*

*Q=mдн·g = 519·9,81 = 5091,39 Н*

*Вес жидкости:*

**

*V- объем днища, 2,037м3 [4]*

*ρж- плотность воды, 715,36кг/м3.*

*Вес тарелок:*

**

*5.5.3 Катет сварного шва.*

**

*L - длина шва;*

*τ - допустимое напряжение материала, 80МПа.*

*Примем h= 5мм, т.к. катет шва технологически не может быть меньше половины наименьшей толщины свариваемых деталей.*

*5.5.4 Толщина стенки цилиндрической опоры:*

**

*- допустимое напряжения сжатия стали, 100МПа*

*Принимаем толщину цилиндрической опоры 6мм.*

*6. РАСЧЕТ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА*

*6.1. Тепловой и материальный расчет. [1]*

*Горячий раствор в количестве GD = 1,72 кг/с охлаждается от t1н = 82˚C до t1к = 30˚С. Начальная температура воды t2Н = 15˚С, в результате охлаждения горячего раствора вода нагревается на 20˚С, конечная температура воды t2К = 35˚С. Горячая жидкость при средней температуре t1ср= 56˚С имеет следующие физико-химические характеристики: ρ1 = 840 кг/м3, λ1 = 0,14 Вт/м.К, μ1 = 0,4078.103 Н.с/м2, с1 = 1885,5 Дж/кг.К. Вода при средней температуре t2ср = 25˚С имеет следующие физико-химические характеристики: ρ2 = 997 кг/м3, λ2 = 0,6 Вт/м.К, μ2 = 0,894.103 Н.с/м2, с2 = 4190 Дж/кг.К.*

*6.1.1. Определение тепловой нагрузки аппарата.*

**

*6.1.2. Расход воды.*

**

*6.1.3. Определение среднелогарифмической разности температур.*

*∆t = [(82-30)-(35-15)]/ln(52/20)= 34˚С*

*6.1.4. Ориентировочный выбор теплообменника:*

*Примем ориентировочное знечение кр. Рейнольдса Re1ОР = 15000, определим соотношение n/z для труб диаметром d= 20х2мм, 25х2мм:*

**

**

*где n – общее число труб,*

*z – число ходов по трубному пространству,*

*d – внутренний диаметр труб.*

*Примем минимальное ориентировочное значение коэффициента теплопередачи, соответствующее турбулентному течению Кор= 600Вт/м2·К. При этом ориентировочное значение поверхности теплообмена составит:*

**

*6.2.1 Уточненный расчет поверхности теплопередачи.*

*Примем диаметр кожуха D = 400 мм, диаметром труб 252мм, числом ходов z = 2 и общим числом труб n = 100*

*n/z = 100/2 = 50.[1, стр.60]*

*Реальное значение числа Рейнольдса Re1 равно:*

**

*Pr1 = *

*Коэффициент теплоотдачи к воде, пренебрегая поправкой (Pr/Pr):*

**

*Площадь сечения потока в межтрубном пространстве между перегородками Sмтр = 0,025м2, тогда:*

**

*Pr2 = *

*Коэффициент теплоотдачи к жидкости, движущейся в межтрубном пространстве, составит:*

**

*Сумма термических сопротивлений стенки и загрязнений:*

**

*Коэффициент теплопередачи:*

**

*Требуемая поверхность теплопередачи:*

**

*Из выбранного ряда подходит теплообменник с длинной труб 4,0м и номинальной поверхностью F1 = 31,0 м2.*

*Рассчитаем запас по площади:*

**

*6.2.2 Гидравлическое сопротивление.*

*Скорость жидкости в трубах:*

**

*Коэффициент трения равен:*

* *

*Е = Δ/d, Δ = 0,2мм – высота выступов шероховатостей.*

*Диаметр штуцеров в распределительной камере:*

*dтр.ш =100мм = 0,1м*

*Скорость в штуцерах:*

**

*Гидравлическое сопротивление трубного пространства:*



*Число рядов труб m = 10, число сегментных перегородок х = 18. Диаметр штуцеров к кожуху dмтр.ш = 0,1 м, скорость потока в штуцерах*

**

*Скорость жидкости в наиболее узком сечении межтрубного пространства площадью Sмтр = 0,012м2 равна:*

**

*Гидравлическое сопротивление межтрубного пространства:*



*Длина труб теплообменника 4,0 м.*

*Macca теплообменника 820 кг.*

*Число сегментных перегородок 18 шт.*

*ЗАКЛЮЧЕНИЕ*

*В результате курсового проекта рассчитана ректификационная колонна непрерывного действия для разделения бинарной смеси бензол - уксусная кислота, а также холодильник дистиллята (кожухотрубчатый теплообменник) для данной установки.*

*Колонна имеет диаметр 1600 мм, 45 колпачковых тарелок, высоту 11,7 м, толщину обечайки, крышки и днища 6 мм.*

*Теплообменник имеет диаметр 325 мм; 100 труб диаметром 25•2 мм, длиной 4,0 м и поверхностью теплопередачи 31,0м2.*

*К достоинствам колпачковых тарелок относятся: высокая интенсивность работы вследствие большой поверхности контакта, устойчивость работы при значительных изменениях нагрузок по газу и жидкости*

*К недостаткам относятся: высокое гидравлическое сопротивление, сложны по устройству, большие затраты металла, малая предельно допустимая скорость газа.*

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. *Аристова Н. А., Ноговицына Е.В. Процессы и аппараты химической технологии. Метод. указания к выполнению и оформлению курсовых проектов; Нижнетагил. технол. ин-т (фил.) УГТУ-УПИ.- Нижний Тагил: НТИ (ф) УГТУ-УПИ, 2007. – 68 с.*
2. *Каталог: Колонные аппараты. М.: ЦИНТИНХИМНЕФТЕМАШ, 1987. 28 с.*
3. *Коган В.Б., Фридман В.М., Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром. Кн.2. М.Л.: Наука, 1966. 1426 с.*
4. *Лащинский А.А., Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник под ред. канд. техн. наук А.Р. Толчинского Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – 382 с., ил.*
5. *Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов по ред. чл. - корр. АН России П. Г. Романкова. - 13-е изд., стереотипное. Перепечатка с издания 1987г. М.:ООО ТИД "Альянс",2006.-576с.*