Министерство образования Российской Федерации

Ангарская Государственная Техническая академия

Кафедра Химической технологии топлива

Пояснительная записка к курсовому проекту.

Тема проекта: “Блок ВП(м), установка ГК-3”

**Выполнил:** *ст-нт гр.ТТ-99-1*

*Семёнов И. А.*

**Проверил:** *проф.., к.т.н.*

 *Щелкунов Б.И.*

Ангарск 2003

Содержание:

Введение 3

1. Материальный баланс 4
2. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок для 1-й секции 5
3. Расчёт физико-химических свойств смеси в верхней и нижней частях 9
4. Гидравлический расчёт колпачковых тарелок 1-й секции 11
5. Расчёт эффективности тарелок и высоты 1-й секции 21
6. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок для 2-й секции 23
7. Расчёт физико-химических свойств смеси. 26
8. Гидравлический расчёт колпачковых тарелок 2-й секции 27
9. Расчёт эффективности тарелок и высоты 2-й секции. 32
10. Тепловой баланс колонны 33
11. Расчёт штуцеров колонны 35
12. Расчёт теплоизоляции 37

Список литературы 38

Введение

Ректификация является одним из важнейших технологических процессов разделения и очистки жидкостей и сжиженных газов в химической, нефтехимической, фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности. Это массообменный процесс, который осуществляется в большинстве случаев в противоточных колонных аппаратах с контактными элементами. Ректификация – это наиболее полное разделение смесей жидкостей, целиком или частично растворимых друг в друге. Процесс заключается в многократном взаимодействии паров с жидкостью – флегмой, полученной при частичной конденсации паров. Процесс основан на том, что жидкости, составляющие смесь, обладают различным давлением пара при одной и той же температуре. Поэтому состав пара, а следовательно, и состав жидкости, получающейся при конденсации пара, будут несколько отличаться от состава начальной смеси: легколетучего компонента в паре будет содержаться больше, чем в перегоняемой жидкости. Очевидно, что в неиспарившейся жидкости концентрация труднолетучего компонента при этом должна увеличиться.

Технологический расчёт колонны

В колонну поступает 76000 кг/ч сырья (мазута).Продуктами перегонки являются:

1. Фракция НК-350 оС (пары и газы разложения).
2. Фракция 350-500 оС (вакуумный погон).
3. Фракция 500-КК оС (гудрон).

Давление в колонне равно 

## Материальный баланс колонны

 Материальный баланс колонны составляем на основе данных о выходах (табл. 1) продуктов из сырья.

Таблица 1.

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование продукта** | **Выход, % масс.** |
| Вакуумный погон (фр. 350 – 500 oC) | 34,3 |
| Гудрон (фр. свыше 500 oC) | 62,7 |
| Газы разложения | 3 |
| **Итого:** | **100** |

Расчёт:

1. Расход вакуумного погона:



2. Расход гудрона:



3. Расход паров и газов разложения:



 Все результаты расчёта по колонне заносим в таблицу 2.

Таблица 2.

#### **Материальный баланс по колонне**

|  |  |
| --- | --- |
| **Приход** | **Расход** |
| **Наименование** | **Расход, кг/ч** | **Наименование** | **Расход, кг/ч** |
| Мазут | 76000 | Пары разложения | 2280 |
|   |  | Вакуумный погон | 26068 |
|   |  | Гудрон | 47652 |
| **Итого:** | **76000** | **Итого:** | **76000** |

Считаем материальный баланс по каждой секции:

Таблица 3.

#### **Материальный баланс 1-й секции**

|  |  |
| --- | --- |
| **Приход** | **Расход** |
| **Наименование** | **%** | **кг/ч** | **Наименование** | **%** | **кг/ч** |
| Мазут |  |  | (пар.фаза) |  |  |
| (пар.фаза) |  |  | Пары разложения | 37,30 | 2280 |
| Пары разложения | 37,30 | 2280 | Вакуумный погон | 26068 |
| Вакуумный погон | 26068 | (жидкая фаза) |  |  |
| Гудрон | 62,70 | 47652 | Гудрон | 62,70 | 47652 |
| **Итого:** | **100** | **76000** | **Итого:** | **100** | **76000** |

Таблица 4.

#### **Материальный баланс 2-й секции**

|  |  |
| --- | --- |
| Приход | **Расход** |
| **Наименование** | **%** | **кг/ч** | **Наименование** | **%** | **кг/ч** |
| (пар.фаза) |  |  | (пар.фаза) |  |  |
| Пары разложения | 8,04 | 2280 | Пары разложения | 8,04 | 2280 |
| Вакуумный погон | 91,96 | 26068 | (жидкая фаза) |  |  |
|   |  |  | Вакуумный погон | 91,96 | 26068 |
| **Итого:** | **100** | **28348** | **Итого:** | **100** | **28348** |

## Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок для 1-й секции.

 Для выполнения расчёта заменяем имеющиеся фракции углеводородов на простые алканы нормального строения:

1. Фракция НК-350 оС. Так как данная фракция состоит преимущественно из паров диз. топлива, то за НК примем температуру равную 240 оC. Средняя температура равна: (350+240)/2=295 оС.

Принимаем: н-гексадекан (С16Н34 ), tкип=287 оС, М=226 кг/кмоль.

2. Фракция 350-500 оС. tср=(350+500)/2 = 425 оС.

Принимаем: н-гексакозан (С26Н54 ), tкип=417 оС, М=366 кг/кмоль.

3. Фракция 500-КК оС

Принимаем: н-пентатриаконтан (С35Н72), tкип=511 оС, М=492 кг/кмоль.

 Заменяем перегоняемую смесь углеводородов в 1-й секции на бинарную смесь. В качестве низкокипящеко (НК) компонента принимаем н-гексакозан (С26Н54 ), а в качестве выкокипящего (ВК) - н-пентатриаконтан (С35Н72).

Производим расчёт мольных концентрация на входе и на выходах из секции.

 Мольную концентрацию на входе определяем на основе массовой концентрации, которую рассчитали в материальном балансе 1-й секции (табл. 3).



 Состав куба дистиллята определяется на основе ср. температур кипения фракции и рассчитывается по формуле:



где Pатм- атмосферное давление, PНК  и PВК –давление насыщенных паров индивидуальных компонентов при температуре фракции, определяются по уравнению Антуана:

, [Па.]

где A, В, С – параметры Антуана для каждого компонента. t- температура, оС.

Параметры уравнения для каждого компонента приведены в таблице 5.

Таблица 5.

##### Параметры уравнения Антуана

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование** | **Коэф-нты** |
| **А** | **В** | **С** |
| н-гексадекан | 7,03044 | 1831,317 | 154,528 |
| н-гексакозан | 7,62867 | 2434,747 | 96,1 |
| н-пентатриаконтан | 5,778045 | 1598,23 | 40,5 |

Расчёт состава куба: PНК  и PВК рассчитываются при температуре равной 500 оС.



Расчёт состава дистиллата: PНК  и PВК рассчитываются при температуре равной 425 оС.



 Температуры на выходе из дистиллата и куба определяем по формуле методом последовательного приближения:



Температура на выходе из дистиллата равна: tD=363 оС

Температура на выходе из куба равна: tW=408 оС

Температура на входе равна: tF=376 оС

 Определяем относительную летучесть  по формуле:



 При температуре tD=363 оС 

 При температуре tW=408 оС 

 Средняя относительная летучесть:

 Строим кривую равновесия по формуле:





**Рис.1 Кривая равновесия**

Состав пара уходящего с питательной тарелки равен yf=0,738 мол.дол.

Рассчитываем минимальное флегмовое число:



 Оптимальное (рабочее) флегмовое число определяем на основе критерия оптимальности :, где . Зависимость критерия оптимальности от коэффициента избытка флегмы изображена на рисунке 2.



### Рис.2 Зависимость критерия оптимальности от коэф-та избытка флегмы

 По графику определяем что . Отсюда находимо рабочее флегмовое число: 

 Исходя из рабочего флегмового числа строим рабочую линию и определяем теоретическое число тарелок в верхней и нижней части секции.



### Рис.3 Теоретические ступени

 Число теоретических тарелок NТТ=6

 Число теоретических тарелок в нижней части NН=4

 Число теоретических тарелок в верхней части NВ=2

## Расчёт физико-химических свойств смеси в верхней и нижней частях.

### Расчёт средних концентраций жидкости:





### Расчёт средних концентраций пара:





**Средние температуры верха и низа:**

Определяются по той же формуле что и температуры на выходе из дистиллата и куба.





**Средние молекулярные массы пара:**





**Средние молекулярные массы жидкости:**





**Средние плотности пара:**

****

****

**Средние массовые доли:**

****

****

**Средние плотности жидкости:**

Плотность НК компонента при температур tН=388 оС равна 

Плотность ВК компонента при температур tН=388 оС равна 



Плотность НК компонента при температур tВ=369 оС равна 

Плотность ВК компонента при температур tВ=369 оС равна 



**Средние вязкости жидкости:**

Вязкость НК компонента при температур tН=388 оС равна 

Вязкость ВК компонента при температур tН=388 оС равна 



Вязкость НК компонента при температур tВ=369 оС равна 

Вязкость ВК компонента при температур tВ=369 оС равна 



**Средние коэффициенты диффузии жидкости и пара:**

Для низа колонны:









Для верха колонны:









## Гидравлический расчёт колпачковых тарелок 1-й секции.

 Определяем количество пара поднимающегося вверх по колонне. Примем допущение, что расход пара во всей колонне является величиной постоянной и находится:



 Определяем расход жидкости в верхней и нижней части колонны:





 Для расчёта диапазон колебания нагрузки принимаем равными:

 К3=0,8 – коэффициент уменьшения нагрузки

 К4=1,1 – коэффициент увеличения нагрузки

 1. Диапазон колебания нагрузки.



 Такое значение приемлемо для колпачковых тарелок.

 2. Расчёт оценочной скорости для нижней части:



 Для верхней части:



 3. Диаметр нижней части:



 Верхней части:



 4. Так как диаметры оказались одинаковыми принимаем колонну одного диаметра DК=2,4 м

 Действительную скорость пара в нижней части находим:



 В верхней части:



 5. По таблице 6 [1] периметр слива и относительное сечение перелива . Относительная активная площадь тарелки:



 6. Фактор нагрузки для нижней части колонны:



 Для верхней части:



 Коэффициент поверхностного натяжения для нижней части колонны:



 Для верхней части:



 Принимая минимальное расстояние между тарелками , по табл. 6.7 [1] определяем комплекс В1 для верхней и нижней частей колонны:



 Допустимая скорость пара в рабочем сечении колонны для нижней части:



 Для верхней части:



 7. Проверяем условие допустимости скоростей пара для верхней и нижней частей колонны:





 Условие не выполняется, поэтому необходимо увеличивать межтарельчатое расстояние, а при достижении максимального значения принимать тарелку большего диаметра до тех пор пока условие не сойдётся. Расчёт для нижней и верхней частей колонны ведём раздельно.

Расчёт нижней части секции:





 Принимаем следующее диаметр:





 Принимаем следующее диаметр:





 Принимаем следующее диаметр:





 Принимаем следующее диаметр:





 Увеличиваем межтарельчатое расстояние:





 Увеличиваем межтарельчатое расстояние:





 Увеличиваем межтарельчатое расстояние:





 Условие выполнилось. Продолжаем расчёт дальше.

 8. Удельная нагрузка на перегородку в нижней части:





 Условие не выполняется. Увеличиваем диаметр колонны:





 Увеличиваем межтарельчатое расстояние:





 Условие выполнилось. Продолжаем расчёт дальше.

 Удельная нагрузка на перегородку в нижней части:



 Условие не выполняется. Увеличиваем диаметр колонны:

 



 Условие выполнилось. Продолжаем расчёт дальше.

 8. Удельная нагрузка на перегородку в нижней части:



 Условие выполнилось. Продолжаем расчёт дальше.

 9. Фактор паровой нагрузки:



Подпор жидкости над сливным порогом:



 10. Глубина барботажа hб=0,03 м (табл. 6.4. [1]), высота прорези колпачка h3=0,02 м (табл. 6.10. [1]), зазор установки колпачка h4=0,018 м (табл. 6.8. [1]).

 Высота парожидкостного слоя на тарелках:



 11. Высота сливного порога:



 12. Градиент уровня жидкости на тарелке:



 13. Динамическая глубина барботажа:



 14. Значение комплекса В2 (табл. 6.9. [1]):



 Минимально допустимая скорость пара в свободном сечении тарелок:



 Относительное свободное сечение тарелок (табл. 6.6.). Коэффициент запаса сечения тарелок:



 Так как К1 <1, то пар будет проходить лишь через отдельные колпачка. Контакт пара и жидкости окажется не достаточно эффективным, но положение можно исправить, уменьшив число колпачков.





 Выбираем площадь прорезей колпачка S3 =0,0046 м2 (табл. 6.10 [1]) и определяем скорость пара в прорезях:



 Максимальная скорость пара в прорезях колпачка:



 Коэффициент В5 берётся по табл. 6.11. [1].

 Степень открытия прорезей колпачка:



 Условие выполняется и пар проходит через все сечения прорезей и тарелка работает эффективно.

 15. Фактор аэрации:



 16. Коэффициент гидравлического сопротивления тарелки  (табл. 6.13 [1]).

 Гидравлическое сопротивление тарелок:



 17. Коэффициент вспениваемости при вакуумной перегонки мазута К5=0,75

 Высота сепарационного пространства между тарелками:



 18. Межтарельчатый унос жидкости:



 Величина не превышает 0,1 кг/кг. Продолжаем расчёт.

 19. Площадь поперечного сечения колонны:



 Скорость жидкости в переливных устройствах:



 Допустимая скорость жидкости в переливных устройствах:



 Действительные скорости жидкости меньше допустимых. Таким образом для нижней части 1-й секции принимаем данную тарелку.

 **Расчёт верхней части секции:**

Для упрощения конструкции колонны в верхней части секции принимаем тарелки того же диаметра что и в нижней DК= 3,6 м

 1.Действительную скорость пара в верхней части:



 2. По таблице 6 [1] периметр слива и относительное сечение перелива . Относительная активная площадь тарелки:



 3. Фактор нагрузки для верхней части колонны:



 Коэффициент поверхностного натяжения для верхней части секции:



 Принимая минимальное расстояние между тарелками , по табл. 6.7 [1] определяем комплекс В1:



 Допустимая скорость пара в рабочем сечении колонны:



 4. Проверяем условие допустимости скоростей пара:



 Условие не выполняется, поэтому необходимо увеличивать межтарельчатое расстояние, а при достижении максимального значения принимать тарелку большего диаметра до тех пор пока условие не сойдётся.





 Условие выполнилось. Продолжаем расчёт дальше.

 5. Удельная нагрузка на перегородку в нижней части:



 Условие выполнилось. Продолжаем расчёт дальше.

 6. Фактор паровой нагрузки:



Подпор жидкости над сливным порогом:



 7. Глубина барботажа hб=0,03 м (табл. 6.4. [1]), высота прорези колпачка h3=0,02 м (табл. 6.10. [1]), зазор установки колпачка h4=0,018 м (табл. 6.8. [1]).

 Высота парожидкостного слоя на тарелках:



 8. Высота сливного порога:



 9. Градиент уровня жидкости на тарелке:



 10. Динамическая глубина барботажа:



 11. Значение комплекса В2 (табл. 6.9. [1]):



 Минимально допустимая скорость пара в свободном сечении тарелок:



 Относительное свободное сечение тарелок (табл. 6.6. [1]). Коэффициент запаса сечения тарелок:



 Так как К1 >1, то пар будет проходить через тарелку равномерно.





 Выбираем площадь прорезей колпачка S3 =0,0046 м2 (табл. 6.10 [1]) и определяем скорость пара в прорезях:



 Максимальная скорость пара в прорезях колпачка:



 Коэффициент В5 берётся по табл. 6.11. [1].

 Степень открытия прорезей колпачка:



 Условие выполняется и пар проходит через все сечения прорезей и тарелка работает эффективно.

 12. Фактор аэрации:



 13. Коэффициент гидравлического сопротивления тарелки  (табл. 6.13 [1]).

 Гидравлическое сопротивление тарелок:



 14. Коэффициент вспениваемости при вакуумной перегонки мазута К5=0,75

 Высота сепарационного пространства между тарелками:



 15. Межтарельчатый унос жидкости:



 Величина не превышает 0,1 кг/кг. Продолжаем расчёт.

 16. Площадь поперечного сечения колонны:



 Скорость жидкости в переливных устройствах:



 Допустимая скорость жидкости в переливных устройствах:



 Действительные скорости жидкости меньше допустимых.

 Таким образом для верха и низа секции принимаем одинаковую тарелку.

 Больше всего подходит стандартная тарелка ТСК-Р, которая имеет следующие характеристики:

 Диаметр тарелки: D = 3600 мм;

 Периметр слива: lw = 2,88 м;

 Высота сливного порога: ; ;

 Свободное сечение тарелки: 

 Сечение перелива: 

 Относительная площадь для прохода паров: ;

 Межтарельчатое расстояние: ; ;

 Количество колпачков: ; ;

 Работа тарелки характеризуется следующими параметрами:

 Высота парожидкостного слоя:

 Фактор аэрации:

 Гидравлическое сопротивление тарелки:

Межтарельчатый унос:

 Скорость жидкости в переливе: 

 Скорость пара в колонне:

## Расчёт эффективности тарелок и высоты 1-й секции.

 1. Определяем значение критерия Фурье для колпачковой тарелки:









 2. Определяем общее числа единиц переноса:









 Для верха колонны:









 3. Локальная эффективность контакта:



 Для верха колонны:



 4. Эффективность тарелки по Мэрфи:





 Для верха колонны:





 5. Действительное число тарелок:



 Для верха колонны:



 6. Рабочая высота секции для низа:



 Для верха:



 Общая рабочая высота:



 7. Общая высота секции:



Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок для 2-й секции.

 Расчёт второй секции колонны производим только для верхней части.

 Заменяем перегоняемую смесь углеводородов во 2-й секции на бинарную смесь. В качестве низкокипящеко (НК) компонента принимаем н-гексадекан (С16Н34 ), а в качестве выкокипящего (ВК) - : н-гексакозан (С26Н54 ).

Производим расчёт мольных концентрация на входе и на выходах из секции.

 Мольную концентрацию на входе определяем на основе массовой концентрации, которую рассчитали в материальном балансе 2-й секции (табл. 3).



Расчёт состава дистиллата: PНК  и PВК рассчитываются при температуре равной 295 оС.



 Температуры на выходе из дистиллата и куба определяем по формуле методом последовательного приближения:



Температура на выходе из дистиллата равна: tD=235 оС

Температура на входе равна: tF=308 оС

 Определяем относительную летучесть  по формуле:



 При температуре tD=235 оС 

 При температуре tW=308 оС 

 Средняя относительная летучесть:

 Строим кривую равновесия по формуле:





**Рис.1 Кривая равновесия**

Состав пара уходящего с питательной тарелки равен yf=0,501 мол.дол.

Рассчитываем минимальное флегмовое число:



 Оптимальное (рабочее) флегмовое число определяем на основе критерия оптимальности :, где . Зависимость критерия оптимальности от коэффициента избытка флегмы изображена на рисунке 2.



### Рис.2 Зависимость критерия оптимальности от коэф-та избытка флегмы

 По графику определяем что . Отсюда находимо рабочее флегмовое число: 

 Исходя из рабочего флегмового числа строим рабочую линию и определяем теоретическое число тарелок в верхней и нижней части секции.



### Рис.3 Теоретические ступени

 Число теоретических тарелок NТТ=3

## Расчёт физико-химических свойств смеси.

### Расчёт средней концентрации жидкости:



### Расчёт средней концентрации пара:



**Расчёт средней температуры:**

Определяются по той же формуле что и температуры на выходе из дистиллата.



**Средняя молекулярная масса пара:**



**Средняя молекулярная масса жидкости:**



**Средняя плотность пара:**

****

**Средняя массовая доля:**

****

**Средняя плотность жидкости:**

Плотность НК компонента при температур t =256 оС равна 

Плотность ВК компонента при температур t=256 оС равна 



**Средняя вязкость жидкости:**

Вязкость НК компонента при температур t =256 оС равна 

Вязкость ВК компонента при температур t =256 оС равна 



**Средние коэффициенты диффузии жидкости и пара:**

Для низа колонны:









## Гидравлический расчёт колпачковых тарелок 2-й секции.

 Определяем количество пара поднимающегося вверх по колонне. Примем допущение, что расход пара во всей колонне является величиной постоянной и находится:



 Определяем расход жидкости в верхней и нижней части колонны:



 1. Расчёт оценочной скорости:



 2. Определяем диаметр:



 3. Принимаем колонну диаметра DК=1,0 м

 Действительную скорость пара в нижней части находим:



 4. По таблице 6 [1] периметр слива и относительное сечение перелива . Относительная активная площадь тарелки:



 5. Фактор нагрузки:



 Коэффициент поверхностного натяжения:



 Принимая минимальное расстояние между тарелками , по табл. 6.7 [1] определяем комплекс В1:



 Допустимая скорость пара в рабочем сечении колонны:



6. Проверяем условие допустимости скоростей пара для верхней и нижней частей колонны:



 Условие не выполняется, поэтому необходимо увеличивать межтарельчатое расстояние, а при достижении максимального значения принимать тарелку большего диаметра до тех пор пока условие не сойдётся.





 Увеличиваем межтарельчатое расстояние:





 Увеличиваем межтарельчатое расстояние:





 Увеличиваем межтарельчатое расстояние:





 Увеличиваем межтарельчатое расстояние:





 Условие выполнилось. Продолжаем расчёт дальше.

 7. Удельная нагрузка на перегородку:





 Условие выполнилось. Продолжаем расчёт дальше.

 8. Фактор паровой нагрузки:



Подпор жидкости над сливным порогом:



 9. Глубина барботажа hб=0,03 м (табл. 6.4. [1]), высота прорези колпачка h3=0,02 м (табл. 6.10. [1]), зазор установки колпачка h4=0,01 м (табл. 6.8. [1]).

 Высота парожидкостного слоя на тарелках:



 10. Высота сливного порога:



 11. Градиент уровня жидкости на тарелке:



 12. Динамическая глубина барботажа:



 13. Значение комплекса В2 (табл. 6.9. [1]):



 Минимально допустимая скорость пара в свободном сечении тарелок:



 Относительное свободное сечение тарелок (табл. 6.6. [1]). Коэффициент запаса сечения тарелок:



 Так как К1 >1, то пар будет проходить через тарелку равномерно.





 Выбираем площадь прорезей колпачка S3 =0,0023 м2 (табл. 6.10 [1]) и определяем скорость пара в прорезях:



 Максимальная скорость пара в прорезях колпачка:



 Коэффициент В5 берётся по табл. 6.11. [1].

 Степень открытия прорезей колпачка:



 Условие выполняется и пар проходит через все сечения прорезей и тарелка работает эффективно.

 14. Фактор аэрации:



 15. Коэффициент гидравлического сопротивления тарелки  (табл. 6.13 [1]).

 Гидравлическое сопротивление тарелок:



 17. Коэффициент вспениваемости при вакуумной перегонки мазута К5=0,75

 Высота сепарационного пространства между тарелками:



 18. Межтарельчатый унос жидкости:



 Величина не превышает 0,1 кг/кг. Продолжаем расчёт.

 19. Площадь поперечного сечения колонны:



 Скорость жидкости в переливных устройствах:



 Допустимая скорость жидкости в переливных устройствах:



 Действительная скорость жидкости меньше допустимых. Таким образом для 2-й секции принимаем данную тарелку.

 Больше всего подходит стандартная тарелка ТСК-Р, которая имеет следующие характеристики:

 Диаметр тарелки: D = 1000 мм;

 Периметр слива: lw = 0,683м;

 Высота сливного порога: ;

 Свободное сечение тарелки: 

 Сечение перелива: 

 Относительная площадь для прохода паров: ;

 Межтарельчатое расстояние: ;

 Количество колпачков: ;

 Работа тарелки характеризуется следующими параметрами:

 Высота парожидкостного слоя:

 Фактор аэрации:

 Гидравлическое сопротивление тарелки:

Межтарельчатый унос:

 Скорость жидкости в переливном устройстве: 

 Скорость пара в колонне:

## Расчёт эффективности тарелок и высоты 2-й секции.

 1. Определяем значение критерия Фурье для колпачковой тарелки:





 2. Определяем общее числа единиц переноса:









 3. Локальная эффективность контакта:



 4. Эффективность тарелки по Мэрфи:





 5. Действительное число тарелок:



 6. Рабочая высота секции для низа:



 7. Общая высота секции:



## Тепловой баланс колонны.

 Для расчёта энтальпий углеводородов воспользуемся формулами:

 Для жидких углеводородов:



 Для газообразных углеводородов:



 Расчёт 1-й секции:

 *Приход:*

 1. Паровая фаза:

 а) фр. НК-350 оС





 б) фр. 350-500 оС





 в) Водяной пар (15 ата; t = 420 оС)





 2. Жидкая фаза:

 а) фр. 500-КК оС





 *Расход:*

 1. Паровая фаза:

 а) фр. НК-350 оС





 б) фр. 350-500 оС





в) Водяной пар (15 ата; t = 420 оС)





 2. Жидкая фаза:

 а) фр. 500-КК оС





 Результаты расчёта заносим в таблицу 6.

Таблица 6.

**Тепловой баланс 1-й секции колонны**

|  |  |
| --- | --- |
| **Приход** | **Расход** |
| **Наименование** | **t, oC** | **кг/ч** | **кДж/кг** | **кДж/ч** | **Наименование** | **t, oC** | **кг/ч** | **кДж/кг** | **кДж/ч** |
| Мазут |  |  |  |  | Паровая фаза: |  |  |  |  |
| Паровая фаза: |  |  |  |  | нк - 350 | 385 | 2280 | 1414,163 | 3224291,24 |
| нк - 350 оС | 420 | 2280 | 1516,414 | 3457423,97 | фр. 350 - 500 | 385 | 26068 | 1384,908 | 36101783,6 |
| фр. 350 – 500  | 420 | 26068 | 1485,149 | 38714861,93 | Вод. пар | 385 | 5000 | 3251,5 | 16257500 |
| Жидкая фаза: |  |  |  |  | Жидкая фаза |  |  |  |  |
| Гудрон | 420 | 47652 | 971,820 | 46309170,65 | Гудрон | 400 | 47652 | 912,462 | 43480621,5 |
| Вод. пар | 480 | 5000 | 3282,4 | 16412000 |   |  |  |  |  |
| **Итого:** |  | **81000** |  | **104893456,6** | **Итого:** |  | **81000** |  | **99064196,4** |

Избыток тепла в 1-й секции составляет:



Расчёт 2-й секции производим по такой же схеме и результаты выводим в таблицу 7.

Таблица 7.

**Тепловой баланс 2-й секции колонны**

|  |  |
| --- | --- |
| **Приход** | **Расход** |
| **Наименование** | **t, oC** | **кг/ч** | **кДж/кг** | **кДж/ч** | **Наименование** | **t, oC** | **кг/ч** | **кДж/кг** | **кДж/ч** |
| Паровая фаза: |  |  |  |  | Паровая фаза: |  |  |  |  |
| нк - 350 | 385 | 2280 | 1414,16 | 3224291,24 | нк - 350 | 100 | 2280 | 749,797 | 1709537 |
| фр. 350 - 500 | 385 | 26068 | 1384,91 | 36101783,6 | Вод. пар | 100 | 5000 | 2689,9 | 13449500 |
| Вод. пар | 385 | 5000 | 3251,5 | 16257500 | Жидкая фаза |  |  |  |  |
|   |  |  |  |  | фр. 350 - 500 | 385 | 26068 | 941,64 | 24546565 |
| **Итого:** |  | **33348** |  | **55583574,8** | **Итого:** |  | **33348** |  | **39705601,7** |

Избыток тепла в 1-й секции составляет:



Избытки тепла в секциях снимаются за счёт циркуляционных орошений.

 В качестве НЦО примем флегму 1-й секции.

 Температуру, до которой необходимо охладить флегму, найдём из энтальпии возвращаемой флегмы:



 Решая уравнение получаем значение температуры



t = 255 оС

 Избыток тепла во второй секции снимаем за счёт подачи охлаждённой флегмы до 40 оС, а так же за счёт ВЦО:

 Расход ВЦО найдём по уравнению:



## Расчёт штуцеров колонны

 Расчёт диаметров штуцеров производим на основе скорости движения потоков по формуле:



1. Внутренний диаметр штуцера для входа исходного сырья:

 Принимаем скорость движения сырья 





 Принимаем штуцер с внутренним диаметром равным D1=0,4 м

2. Внутренний диаметр штуцера для входа водяного пара:

 Принимаем скорость движения сырья 





 Принимаем штуцер с внутренним диаметром равным D2=0,2 м

3. Внутренний диаметр штуцера для выхода гудрона:

 Принимаем скорость движения сырья 





 Принимаем штуцер с внутренним диаметром равным D3=0,2 м

4. Внутренний диаметр штуцера для выхода вакуумного погона:

 Принимаем скорость движения сырья 





 Принимаем штуцер с внутренним диаметром равным D4=0,15 м

5. Внутренний диаметр штуцера для входа флегмы в 1-ю секцию:

 Принимаем скорость движения сырья 





 Принимаем штуцер с внутренним диаметром равным D5=0,125 м

6. Внутренний диаметр штуцера для выхода паров углеводородов с верха колонны:

 Принимаем скорость движения сырья 





 Принимаем штуцер с внутренним диаметром равным D6=0,25 м

7. Внутренний диаметр штуцера для входа флегмы во 2-ю секцию:

 Принимаем скорость движения сырья 





 Принимаем штуцер с внутренним диаметром равным D7=0,04 м

## Расчёт теплоизоляции

 В качестве теплоизолирующего материала примем минеральную вату.

 Принимаем температуру окружающего воздуха tо=20 оС и ветер, движущийся со скоростью w=10 м/с. Так же принимаем коэффициент теплоотдачи от изоляционного материала в окружающую среду . Температура стенки изоляционного материала по технике безопасности не должна превышать 45 оС. Принимаем её равной 

 Тепловые потери:



 Приближённо принимаем, что всё термическое сопротивление сосредоточено в слое изоляции, тогда толщина слоя изоляционного материала определяется уравнением:



 где  теплопроводность изоляционного материала при средней температуре; *q –* удельная тепловая нагрузка;  - средняя температура по колонне и температура внешней стенки изоляционного материала.



Список литературы

1. Ульянов Б.А., Асламов А.А., Щелкунов Б.И. Ректификация бинарных и многокомпонентных смесей: Уч. Пособие – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999-240 с.
2. Ульянов Б.А., Щелкунов Б. И. Гидравлика контактных тарелок: Уч. Пособие – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1996 г.
3. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: М. 1991 г.
4. Татевский А.Е. Физико-химические свойства индивидуальных углеводородов: М. 1960г. –412 с.
5. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: М. 1991г.
6. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов.: М. 1987 г.
7. Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры.: М. 1970г.