

**ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

Методические указания

для студентов

по выполнению практической работы

по теме «Расчет ректификационной колонны для

Разделения бинарной смеси»

по МДК 01. 01. «Технологическое оборудование и коммуникации»

«ПМ.01 Эксплуатация технологического оборудования»

программы подготовки специалистов среднего звена

18.02.09 Переработка нефти и газа

Методические указания для выполнения практической работы разработаны в соответствии рабочей программой профессионального модуля ПМ.01 Эксплуатация технологического оборудования на основе ФГОС СПО по специальности 18.02.09 «Переработка нефти и газа» и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов практической работы.

Методические указания по выполнению практической работы адресованы студентам очной формы обучения.

РАЗРАБОТЧИКИ:

Л.А. Коростылева - преподаватель профессионального цикла высшей категории

А.А. Гарейшина - преподаватель профессионального цикла высшей категории

Данные методические указания

являются собственностью

© ЧПОУ «Газпром Техникум Новый Уренгой»

Рассмотрены на заседании ПЦК/кафедры и рекомендованы к применению

Протокол № 5 от « 10 » д/ж 2017г.

Председатель/заведующий Б.И.Мурзин И.О.Ф.

Зарегистрированы в реестре банка программной, оценочной и учебно-методической документации 148.Мурзин).Г.Н.В.и.д. Кир. 001-14

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Требования к оформлению отчётов по практическим работам.....	7
2. Критерии оценки практической работы.....	9
3. Практические работы.....	10
3.1 Практическая работа «Расчёт ректификационной колонны для разделения бинарной смеси».....	10
3.2 Методика решения.....	12
3.2.1 Технологический расчёт.....	13
3.2.1.1 Материальный баланс колонны.....	13
3.2.1.2 Определение давления и температуры в колонне.....	14
3.2.1.3 Построение диаграмм фазового равновесия и кривых изобар.....	14
3.2.1.4 Определение флегмового числа и числа теоретических тарелок.....	16
3.2.1.5 Тепловой баланс колонны.....	17
3.2.1.6 Определение внутренних материальных потоков в ректификационной колонне.....	18
3.2.2 Гидравлический расчёт колонны.....	20
3.2.2.1 Выбор расстояния между тарелками.....	20
3.2.2.2 Определение диаметра колонны.....	20
3.2.2.3 Основные размеры тарелки.....	21
3.2.2.4 Диапазон устойчивости работы тарелки.....	22
3.2.2.5 Гидравлическое сопротивление тарелки.....	22
3.2.2.6 Определение межтарельчатого уноса жидкости.....	22
3.2.2.7 Расчёт переливного устройства.....	23
3.2.2.8 Определение числа реальных тарелок.....	23
3.2.2.9 Расчёт высоты колонны.....	24
Список использованной литературы.....	25
Лист согласования.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент!

Методические указания по МДК 01. 01. «Технологическое оборудование и коммуникации» для выполнения практических работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами третьего поколения (ФГОС-3), ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к практической работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о практической работе Вы должны выполнить по приведенной форме, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения зачета по МДК и допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую работу Вы должны найти время для ее выполнения или передачи.

Выполнение практических работ направлено на достижение следующих **целей**:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;
- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к

результатам освоения профессионального модуля. Освоенные на практических занятиях умения в совокупности с усвоенными знаниями и полученным практическим опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;

- совершенствование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;

- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации, которые соответствуют общим компетенциям, перечисленным в ФГОС СПО.

Предусмотрено проведение 24 часов для выполнения практической работы **«Расчет ректификационной колонны для разделения бинарной смеси»** для очной формы обучения.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения практических работ -

в ходе освоения МДК 01. 01. «Технологическое оборудование и коммуникации» и выполнения практических работ у студента формируются *практический опыт и компетенции*:

ПК.1.1. Контролировать эффективность работы оборудования.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

OK.8 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя или посмотреть на двери его кабинета.

Желаем Вам успехов!!!

1 Требования к оформлению отчетов по практическим работам

Требования к порядку выполнения практических работ:

1. Прежде чем приступить к работе обучающийся должен ознакомиться с методикой проведения расчетов.
2. Определиться с номером варианта согласно списка учащихся на начало учебного года по учебному журналу.
3. Необходимо аккуратно письменно оформить выполненное задание по форме приведенной ниже в тетради для практических работ.
4. Расчет необходимо вести с применением графиков, таблиц, справочных данных или ссылок на справочную литературу.
5. Работа засчитывается после устного ответа на контрольные вопросы и в случае неубедительности ответов студента, ещё и на вопросы по лекции соответствующей данной теме.
6. Контрольные вопросы даны в конце каждой практической работы.
7. Сдать отчет на проверку преподавателю.

Форма отчета:

– ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №

– Тема:

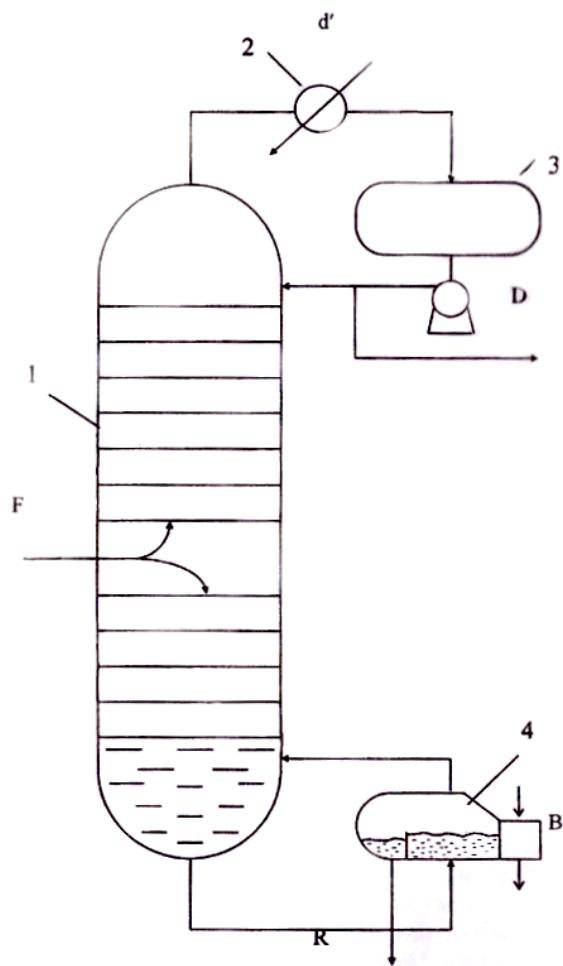
– Цель:

– Задание:

– Определить:

– Исходные данные:

– Схема включения аппарата (при наличии), указать все входящие и выходящие потоки.



F – сырьё; D – дистиллят; R – остаток;

1 – ректификационная колонна; 2 – конденсатор – холодильник; 3 – ёмкость орошения; 4 -кипятильник

Рисунок 1 – Технологическая схема установки с полной ректификационной колонной.

- Решение:
- Вывод по практической работе.

2 Критерии оценки практической работы

Таблица 1 – Критерии оценки практической работы

Оценка	Критерии
«Отлично»	1. Выполнена работа без ошибок и недочетов; 2. Допущено не более одного недочета.
«Хорошо»	1. Допущено не более одной негрубой ошибки и одного недочета; 2. Допущено не более двух недочетов.
«Удовлетворительно»	1. Допущено не более двух грубых ошибок; 2. Допущены не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; 3. Допущено не более двух-трех негрубых ошибок; 4. Допущены одна негрубая ошибка и три недочета; 5. При отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
«Неудовлетворительно»	1. Допущено число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»; 2. Если правильно выполнил менее половины работы.

3 Практические работы

3.1 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

РАСЧЕТ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ БИНАРНОЙ СМЕСИ

Тема: Ректификационная колонна.

Цель: Определить технологический режим, основные размеры аппарата и его внутренние устройства.

Задание: По данным вариантов, приведенных в таблице выполнить задание.

Задание.

Выполнить расчёт тарельчатой ректификационной колонны непрерывного действия для разделения смеси при заданных исходных данных.

Исходные данные:

- Производитель колонны, кг/ч G

- Требуемое содержание легколетучего компонента I, % масс:

в исходной смеси x_{F_I}

в дистилляте x_{D_I}

- Требуемое содержание компонента II, % масс:

в исходной смеси $x_{F_{II}}$

в кубовом остатке $x_{W_{II}}$

- Давление греющего пара, кгс/см² P_{изб}

- Массовая доля отгона e

Исходная смесь перед подачей в колонну подогревается до температуры кипения.

Ректификация происходит при атмосферном давлении.

Таблица 2 – Исходные данные

Вар.	Исходная смесь	G, кг/ч	x_{F_I} , % масс	x_{D_I} , % масс	$x_{F_{II}}$, % масс	$x_{W_{II}}$, % масс	$P_{изб}$, кгс/см ²	Тип колонны	Массовая доля отгона
1	Ацетон-вода	25100	38	95	62	3,0	3,0	Колпачковая	0,2
2	Вода-уксусная кислота	23400	30	94	70	3,6	4,0	Ситчатая	0,4

Контрольные вопросы:

1. Чем простая колонна отличается от сложной?
2. Дайте определение флегмовому числу. Запишите формулу.
3. Дайте определение паровому числу. Запишите формулу.
4. Каких тарелок больше теоретических или реальных? Почему?
5. Как влияет способ ввода сырья в колонну сырьевого потока на организацию процесса ректификации?
6. Четкость погоноразделения. Дайте определение.
7. Режимы контактирования жидкости внутри колонны.

3.2 Методика решения

Исходные данные для расчета

Выполнить расчет тарельчатой ректификационной колонны непрерывного действия для разделения смеси бензол – толуол при следующих исходных данных:

– содержание бензола в исходном сырье 50% масс., в дистилляте – 95% масс., в остатке – 3% масс.;

- сырье подается в колонну в парожидкостном состоянии при массовой доле отгона $e = 0,3$;
- производительность колонны 10000 кг/час;
- тип тарелки – клапанная.

Целью расчета колонны при заданной производительности и чёткости разделения является определение технологического режима, основных размеров аппарата и его внутренних устройств. Технологический режим колонны определяется рабочим давлением в аппарате, температурами всех внешних потоков, удельным расходом тепла на частичное испарение остатка, холода на конденсацию паров в верхней части колонны и флегмовым числом. Основными размерами аппарата являются его диаметр и высота, зависящие главным образом от типа контактных устройств и расстояния между ними.

При проведении расчета колонны его условно разделяют на 2 части: технологическую, основным содержанием которой является определение технологического режима разделения, и гидравлическую, поскольку основные размеры аппарата определяются на основе гидравлических зависимостей взаимодействия двухфазных потоков пар – жидкость.

3.2.1 Технологический расчет

Основой технологического расчета тарельчатых колонн является термодинамический расчет процессов разделения, который выполняется на базе понятия о теоретической тарелке. Под теоретической тарелкой понимается такая ступень контакта, на которой осуществляется изменение концентраций фаз от рабочего до равновесного состояния. Термодинамический расчет позволяет определить максимальную разделяющую способность колонны, поскольку теоретическая тарелка характеризует предельное состояние массообмена при контакте фаз.

Истинное распределение концентраций и потоков по высоте аппарата, оптимальное место ввода питания, количество реальных тарелок и другие пока-

затели, характеризующие работу аппарата, могут быть найдены только при помощи кинетического расчета, т.е. с учетом реально протекающего процесса массопередачи между газом и жидкостью.

При выполнении технологического расчета процессов ректификации рекомендуется следующая последовательность расчета: расчет материального баланса колонны по внешнему контуру, выбор рабочего давления в колонне, определение флегмового числа и числа теоретических тарелок, составление теплового баланса колонны, определение внутренних материальных потоков в колонне.

3.2.1.1 Материальный баланс колонны

Из уравнений материального баланса колонны по потокам и низкокипящему компоненту (НКК) определяются массовые расходы получаемых дистиллята D и кубового остатка W.

$$D = L \frac{x_L - x_W}{y_D - x_W} \quad (1)$$

$$W = L - D, \quad (2)$$

где L = 10000 кг/час (2,778 кг/с) – массовый расход сырья;

$y_D = 0,95$; $x_W = 0,03$; $x_L = 0,5$ – массовые доли НКК соответственно в дистилляте, остатке и сырье.

$$D = 10000 \frac{0,05 - 0,03}{0,95 - 0,03} = 5100 \frac{\text{кг}}{\text{час}} \left(1,417 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$$

$$W = 10000 - 5100 = 4900 \frac{\text{кг}}{\text{час}} \left(1,361 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$$

3.2.1.2 Определение давления и температуры в колонне

Давление и температура являются основными параметрами технологического режима в ректификационной колонне. Чем выше принимаемое давление, тем больше должна быть температура в колонне, так как с повышением давления увеличивается температуры кипения и конденсации разделяемых смесей.

Температура кипения (конденсации) бензола 80,5°C, толуола 110,5°C при атмосферном давлении. Следовательно, процесс ректификации в рассматриваемом случае можно проводить при атмосферном давлении. Однако для преодоления потерь напора парового потока через шлемовую трубу и конденсатор – холодильник примем давление в верху колонны несколько выше атмосферного, например 900 мм. рт. ст.

3.2.1.3 Построение диаграмм фазового равновесия и кривых изобар

В случае ректификации бинарных смесей для расчета числа теоретических тарелок широко используется графический метод, известный в литературе как метод Мак – Кеба и Тиле (диаграмма $y - x$). Диаграмма кривых изобар позволяет легко определить температуры внешних потоков ректификационной колонны.

Кривые равновесия и изобары строятся в пределах температур кипения низкокипящего и высококипящего компонентов при принятом давлении в колонне.

В этом интервале температур принимается ряд значений температуры, для каждой температуры определяется по опытным (справочным) данным или рассчитываются (например, по уравнению Антуана) давления насыщенных паров компонентов (или константы фазового равновесия компонентов).

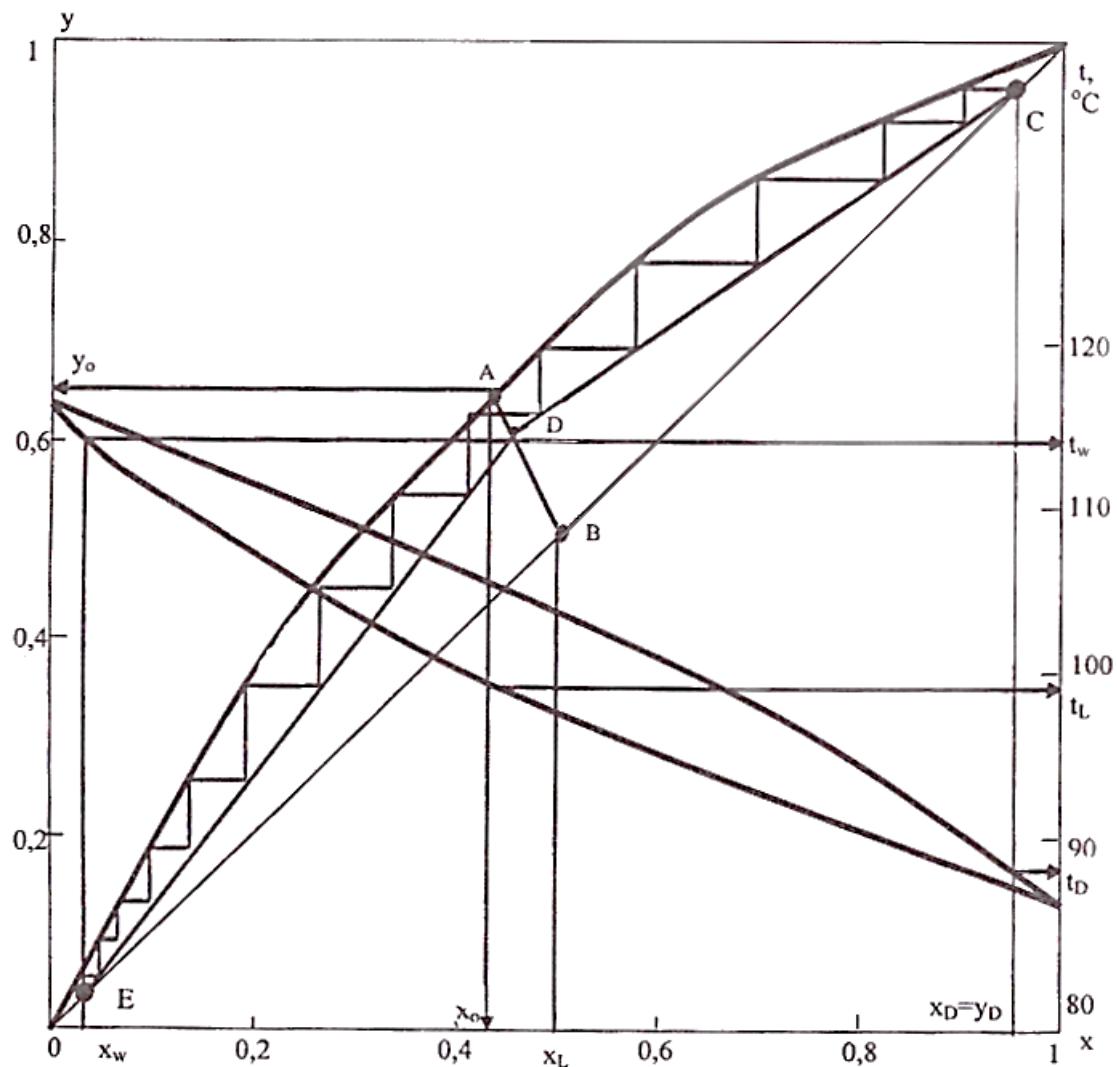


Рисунок 2 – Кривые равновесия и изобар. Графическое определение температур внешних потоков и числа теоретических тарелок в колонне.

где $\pi = 900$ мм рт.ст. – давление в колонне;

При построении кривых равновесия и изобар использованы массовые концентрации (рисунок 2).

3.2.1.4 Определение флегмового числа и числа теоретических тарелок

Флегмовое число или отношение количества горячего орошения к количеству дистиллята, вместе с числом тарелок является основным параметром, определяющим заданное разделение в процессе ректификации.

При увеличении флегмового числа необходимое число тарелок уменьшается, и наоборот. Предельные значения флегмового числа ($R = R_{min}$ и $R = \infty$) определяют характерные условия разделения. Минимальное сечение колонны движущая сила процесса разделения равна нулю. Часто таким сечением является питательная секция колонны.

При минимальном флегмовом числе количество тарелок, потребное для разделения, будет равно бесконечности. При бесконечном флегмовом числе, т.е. когда нет отбора дистиллята, потребное количество тарелок становится минимальным. Таким образом, предельными условиями работы колонны являются с одной стороны, минимальное флегмовое число при бесконечном количестве тарелок и, с другой стороны, минимальное количество тарелок при бесконечном флегмовом числе. Реальные условия работы колонны соответствуют оптимальному флегмовому числу и оптимальному количеству тарелок.

Оптимальное флегмовое число определяется техноэкономическим расчётом. Для приблизительной его оценки можно воспользоваться рекомендациями Джиллиленда

$$R = 1,35R_{min} + 0,35 \quad (3)$$

Тогда $R = 1,35 \cdot 1,476 + 0,35 = 2,34$

Число теоретических тарелок находим графическим путём [3].

3.2.1.5 Тепловой баланс колонны

Тепловой баланс колонны составляется с целью определения необходимых затрат тепла и холода.

При остром испаряющемся орошении уходящий с верха колонны дистиллят отводится из системы в жидкому состоянии. Уравнение теплового баланса для этого случая имеет следующий вид:

$$L(e \cdot r_L + c_L \cdot t_L) + B = D \cdot c_x \cdot t_x + W \cdot c_w \cdot t_w + \dot{d}, \quad (4)$$

где L, D, W - массовые расходы сырья, дистиллята и остатка, кг/с;

r_L – теплота испарения сырья, кДж/кг;

c_L, c_x, c_w – удельные теплоемкости сырья, холодного орошения и остатка, кДж/кг·град;

t_L, t_x, t_w – температуры ввода сырья, холодного орошения и остатка, °C;

B – тепло кипятильника, кВт;

\dot{d} – тепло отводимое в конденсаторе – холодильнике, кВт.

В любом сечении колонны мы имеем смесь компонентов, теплофизические свойства которой зависят от состава смеси и её температуры и определяются по правилу аддитивности.

$$r_{\text{см}} = \sum x_i r_i, \quad (5)$$

$$c_{\text{см}} = \sum x_i c_i \quad (6)$$

где x_i, r_i, c_i – массовая доля, теплота испарения, удельная теплоемкость i -того компонента в рассматриваемом сечении при соответствующей температуре.

Теплофизические свойства бензола, толуола и их смесей, необходимые для расчёта теплового баланса колонны, представлены в таблице 2.

Результаты расчёта теплового баланса сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Тепловой баланс колонны

Поток	Температура, °C	Расход, кг/с	Количество тепла, кВт
<u>Приход</u>			
С сырьём	99	2,778	887,9
В кипятильнике	-	-	1684,3
Итого	-	-	2572,2
<u>Расход</u>			
С дистиллятом	35	1,417	89,3
С остатком	114	1,361	326,1
В конденсаторе			
-холодильнике	-	-	2003,7
Потери	-	-	153,1
Итого	-	-	2572,2

Количество холодного орошения (O_x) определяется по уравнению:

$$O_x = \frac{d}{q_{\Pi}^{88} - q_{ж}^{35}} \quad (7)$$

где $d = R \cdot D \cdot r_D$ - тепло орошения, кВт;

$q_{\Pi}^{88} = r_D + c_D \cdot t_D$ - энталпия пара, уходящего с веха колонны, кДж/кг;

$q_{ж}^{35} = c_x \cdot t_x$ - энталпия холодного орошения, подаваемого на верхнюю тарелку, кДж/кг.

$$O_x = \frac{2,34 \cdot 1,417 \cdot 388}{388 + 2,058 \cdot 88 - 1,8 \cdot 35} = 2,54 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

В качестве теплоносителя в кипятильнике колонны принимаем насыщенный водяной пар с абсолютным давлением 3 атм. При этом давлении будет достаточный температурный напор (не менее 15-20°C). Такой пар имеет температуру 132,9°C и теплоту конденсации 2171 кДж/кг.

3.2.1.6 Определение внутренних материальных потоков в ректификационной колонне.

Количество жидкости в верхней секции колонны определяется в зависимости от принятого флегмового числа

$$O = R \cdot D = 2,34 \cdot 1,417 = 3,316 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Расход пара в верхней секции колонны определяется как сумма количеств орошения и дистиллята

$$V = O + D = 3,316 + 1,417 = 4,733 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Объемный расход пара рассчитывается по уравнению (12):

$$V_{\Pi} = \frac{22,4 \cdot V \cdot (273 + t) \cdot P_o}{M_{cp} \cdot 273 \cdot \pi}, \quad (8)$$

где $P_o = 760$ мм рт. ст. - атмосферное давление;

M_{cp} - средняя мольная масса смеси компонентов в паре при средней температуре рассматриваемой секции колонны.

Средняя температура верхней части колонны равна

$$0,5(t_D + t_L) = 0,5(88 + 99) = 93,5^{\circ}\text{C}$$

Массовый расход жидкой фазы:

$$0^H = 0 + (1 - e)L = 3,316 + (1 - 0,3) \cdot 2,778 = 5,261 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Массовый расход паровой фазы:

$$V^H = 0^H - W = 5,261 - 1,361 = 3,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Объемный расход пара

$$V_{\Pi}^H = \frac{22,4 \cdot 3,9(273 + 106,5) \cdot 760}{86,1 \cdot 273 \cdot 900} = 1,2 \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

где $M_{cp} = 0,42 \cdot 78 + (1 - 0,42) \cdot 92 = 86,1$ – средняя мольная масса паров при температуре $106,5^{\circ}\text{C}$. $[0,5(t_L + t_W)]$

Плотность паров

$$\rho_{\Pi} = \frac{3,9}{1,2} = 3,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Плотность жидкости в этом сечении колонны

$$\rho_{ж} = \frac{785 \cdot 781}{785 \cdot 0,786 + 781 \cdot 0,214} = 782 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где 0,214 и 0,786 – массовые доли бензола и толуола в рассматриваемом сечении;

785 и 781 – их плотности при температуре $106,5^{\circ}\text{C}$.

Объемный расход жидкости

$$V_{\Pi}^H = \frac{5,261}{782} = 0,00673 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

3.2.2 Гидравлический расчет колонны.

Гидравлический расчет колонн проводится с целью определения основных размеров аппарата – диаметра, высоты, конструктивных размеров контактных устройств, которые должны обеспечить заданное разделение исходного количества сырья в колонне.

Если нагрузки по пару и жидкости значительно отличаются в верхней и нижней частях колонны, то гидравлический расчет проводят как для верхней, так и для нижней секции колонны. В этом случае, возможно, потребуется принимать неодинаковые диаметры колонны для верхней и нижней секции или изменять конструктивные размеры тарелок в этих секциях (свободное сечение, число потоков жидкости, например).

3.2.2.1 Выбор расстояния между тарелками

Расстояние между тарелками выбирается, исходя из условия, что во время работы тарелки между верхним уровнем вспененной жидкости и лежащей выше тарелки обеспечивается сепарационное пространство, достаточное для отделения основной массы брызг и выбросов жидкости из слоя. Выбор межтарелочного расстояния может также определяться и другими соображениями - удобством монтажа, осмотра и ремонта тарелок и внутренних устройств, общей стоимостью или металлоёмкостью колонны и т.д.

3.2.2.2 Определение диаметра колонны.

Диаметр колонны определяется по максимально допустимой скорости пара w_{\max} и объему паров V ($\text{м}^3/\text{с}$) из уравнения 14:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w_{\max}}}, \text{ м.} \quad (9)$$

По расчетной величине D и нормальному ряду диаметров колонн выбирается ближайшее значение, которое и используется в дальнейших расчётах.

Согласно расчету, диаметры концентрационной и отгонной частей колонны незначительно отличаются друг от друга. Поэтому в соответствии с нормальным рядом диаметров колонн примем диаметр колонны равным 1,4 м и одинаковым для обеих частей колонны.

3.2.2.3 Основные размеры тарелки

Примем однопоточные клапанные тарелки типа ТКП модификации Б. При диаметре клапана 50 мм, отверстии под клапаном 40 мм и расстоянии между центрами отверстий 75 мм такая тарелка имеет согласно ОСТ:

– диаметр колонны, D	1,4 м
– свободное сечение колонны, F_k	1,52 м ²
– рабочее сечение тарелки, F_p	1,3 м ³
– периметр слива, П	0,93 м
– сечение перелива, F_Π	0,12 м ²
– относительное свободное сечение тарелки, ε	10,12%
– число кланов, n	124

3.2.2.4 Диапазон устойчивой работы тарелки

Диапазон устойчивой работы тарелки (колонны) определяется как отношение максимально допустимой к минимально допустимой скорости паров

$$d = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}}. \quad (10)$$

Минимально допустимую скорость паров определяют по формуле (11):

$$\omega_{\min} = \frac{5 \cdot F_{\text{cb}}}{\sqrt{\rho_\Pi}}, \quad (11)$$

где ρ_Π – плотность пара в рассматриваемом сечении, кг/м³;

$$F_{\text{cb}} = \frac{\varepsilon}{100} – \text{свободное сечение тарелки.}$$

Следовательно, производительность колонны может быть уменьшена в 2,5 раза без заметного понижения эффективности разделения.

3.2.2.5 Гидравлическое сопротивление тарелки

Гидравлическое сопротивление тарелки ΔP есть сумма сопротивлений сухой тарелки ΔP_c и слоя жидкости на тарелки $\Delta P_{ж}$ и сопротивления, обусловленного силой поверхностного натяжения ΔP_σ .

Для большинства тарелок величиной ΔP_σ можно пренебречь и определять ΔP по упрощенной формуле:

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_{ж} \quad (12)$$

3.2.2.6 Определение межтарельчатого уноса жидкости

Оптимальный унос, соответствующий минимальным затратам, может быть сравнительно велик - от 0,2 до 0,4 кг жидкости на 1 кг пара. Однако для технических расчётов оптимальный унос выше допустимого, необходимо увеличивать расстояние между тарелками или уменьшать скорость паров, увеличивая ситчатых унос жидкости рассчитывают по уравнению:

$$e = \frac{A \cdot (0,052h_6 - 1,72)}{H^\beta \cdot \varphi^2} \left(\frac{\omega}{\varepsilon_{0T} \cdot m} \right)^{3,7}, \quad (13)$$

где h_6 – глубина барботажа, мм; m – коэффициент, определяемый по уравнению (25):

$$m = 1,15 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\sigma_{ж}}{\rho_{ж}} \right)^{0,295} \cdot \left(\frac{\rho_{ж} - \rho_{п}}{\mu_{п}} \right)^{0,425} \quad (14)$$

φ и A – коэффициенты : при $H < 400$ мм $A = 9,48 \cdot 10^7$; $\beta = 4,36$

при $H \geq 400$ мм $A = 0,159$; $\beta = 0,95$

$\varepsilon_{0T} = \frac{F_p}{F_k}$ – относительная рабочая площадь тарелки, т.е отношение площади собственно тарелки к площади сечения колонны;

$\sigma_{ж}$ – поверхностное натяжение на границе жидкость - пар, Н/м

μ – динамическая вязкость паров, Па·с.

3.2.2.7 Расчет переливного устройства

Для нормальной работы переливного устройства без «захлебывания» необходимо, чтобы выполнялись следующие условия:

$$H' < H + h_{\Pi},$$

$$y < x,$$

где H' – высота вспененного слоя жидкости в сливном устройстве;

y – величина вылета ниспадающей струи;

x – максимальная ширина сливного устройства (принимается по каталогу)

С учетом вспенивания уровень жидкости в сливном устройстве определяется равенством:

$$H' = \frac{h'}{\rho'_{\Pi}},$$

где h' – высота слоя светлой невспененной жидкости в сливном устройстве;

ρ'_{Π} – средняя относительная плотность вспененной жидкости в переливном устройстве.

В колоннах разделения углеводородных газов интенсивность пенообразования слабая и при расходах жидкости меньше $65 \text{ м}^3/\text{м} \cdot \text{ч}$ принимают $\rho'_{\Pi} = 0,65$.

Для колпачковых тарелок градиент уровня жидкости определяется по nomogramme, для остальных тарелок им можно пренебречь

3.2.2.9 Расчет высоты колонны

Высота колонны рассчитывается по уравнению (30):

$$H_k = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5, \text{ м} \quad (15)$$

где H_1 – высота сепарационного пространства – расстояние от верхней тарелки до выпуклой части крышки;

H_2 – высота концентрационной части колонны;

H_3 – высота эвапорационной части колонны

H_4 – высота отгонной части колонны;

H_5 – высота низа колонны – расстояние от нижней тарелки до выпуклой части днища.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сугак А.В. Оборудование нефтеперерабатывающего производства: учеб.пособие. М.: Академия, 2012. 336 с.
2. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты – М.: Химия, 1971. – 296 с.
3. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты – М.: Химия, 1978. – 278 с.
4. Плановской А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1968. – 847 с.
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
6. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 273 с.
7. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.% Физматгиз, 1963. – 708 с.
8. Вид Р. и другие свойства газов и жидкостей. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.
9. Танатаров М.А. и др. технологические расчёты установок переработки нефти. – М.: Химия, 1987. – 352 с.
- 10.Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.:Недра, 2000 – 678 с.
- 11.Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. – М.: Химия, 1980. – 256 с.
- 12.Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Под ред. В.Н. Соколова. – Л. Машиностроение, 1982 – 384 с.
- 13.Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб.пособие для вузов. М.: Альянс, 2007. 576 с.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист

Лоне

М.В. Отс

Методист по ИТ

Сергеев -

Т.А. Сергеева