

ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Рассчитать и спроектировать тарельчатую ректификационную колонну непрерывного действия для выделения легкой бензиновой фракции из нефти (западно-сибирской, среднетрубной) на установки АТ.

В атмосферной трубчатой установке (АТ) применяется технологическая схема с предварительной отбензинивающей колонной и основной ректификационной колонной. Смесь западно-сибирских нефтей содержит: 1,0 % газа, 8 % бензиновых фракций, выкипающих до 120 °С или 12,0 % фракций, выкипающих до 150 °С. Содержание в нефти серы составляет 0,51 %, концентрация хлористых солей 6,9 мг/дм³.

Установка мощностью 80 000 т/год сырья (10 000 кг/час) (продолжительность работы 8 000 часов).

Ректификационная колонна ($D = 600$, $H = 9500$) представляет собой вертикальный аппарат, состоящий из:

- укрепляющей части - 7 колпачковых тарелок (односливная) (отсчет ведется от верха колоны);
- исчерпывающей части 3 секции нерегулярной насадки (кольцо Рашига).

Температура внизу колонны – 150 °С, питание колонны производится двумя потоками: основной 220 °С (расход 7 800 кг/час) и дополнительный 80 °С (расход 2 150 кг/час), в верху колонны – 90 °С. Подача тепла осуществляется горячей струей полуотбензиненной нефти с температурой 160 °С.

Давление вверху колонны составляет 0,05 МПа.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Теоретические основы первичной переработки нефти.....	6
1.1 Анализ существующих схем первичной переработки нефти.....	6
1.2 Типы ректификационных аппаратов.....	12
1.3 Типы контактных устройств	14
1.4 Описание технологической схемы процесса.....	17
1.5 Постановка проектной задачи.....	17
1.6 Описание технологического процесса и схемы работы установки	18
2 Технологический расчет.....	21
2.1 Исходные данные к расчету	21
2.2 Расчет материального баланса колонны.....	22
2.3 Расчет температур по колонне.....	24
2.4 Расчет флегмового числа.....	28
2.5 Определение потоков по колонне	33
2.6 Тепловой баланс колонны	37
3 Конструктивный расчет.....	40
3.1 Определение диаметра колонны и характеристик тарелки	40
3.2 Расчет числа тарелок.....	41
3.3 Расчет высоты колонны.....	42
3.4 Расчет штуцеров аппарата.....	44
3.5 Определение толщины тепловой изоляции.....	46
3.6 Расчет колпачковой тарелки	46
3.7 Описание конструкции аппарата.....	50
4 Механический расчет.....	52

					vector-study.ru					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Колонна ректификационная Пояснительная записка			Лист	Лист	Листов
Разраб.										
Проверил										
Н.контр.										
Утв.										

ВВЕДЕНИЕ

В ряде производств химической, нефтяной, пищевой и других отраслей промышленности в результате различных технологических процессов получают смеси жидкостей, которые необходимо разделить на составные части.

Для разделения смесей жидкостей и сжиженных газовых смесей в промышленности применяют способы простой перегонки (дистилляции), перегонки под вакуумом и с водяным паром, молекулярной перегонки и ректификации.

Сущность процесса ректификации сводится к выделению из смеси двух или в общем случае нескольких жидкостей с различными температурами кипения одной или нескольких жидкостей в более или менее чистом виде. Процесс ректификации осуществляют в ректификационной установке, включающей ректификационную колонну, дефлегматор, холодильник-конденсатор, подогреватель исходной смеси, сборники дистиллята и кубового остатка. Основным аппаратом установки является ректификационная колонна, в которой пары перегоняемой жидкости поднимаются снизу, а навстречу парам сверху стекает жидкость, подаваемая в верхнюю часть аппарата в виде флегмы.

Ректификационные колонны широко применяются на технологических установках НПЗ и НХЗ для разделения смесей. Целью расчета ректификационных колонн является определение параметров технологического режима и размеров аппарата. К параметрам режима относятся: рабочее давление в аппарате, температуры входа и выхода различных материальных потоков. Вопросам расчета ректификационных колонн посвящена обширная литература [1—17].

В проекте предусмотрена замена существующего колонного оборудования, установка новых контактных устройств. Применение проектируемого колонного аппарата позволило повысить производительность установки, обеспечить четкость ректификации и выработку продукции требуемого качества

Целью курсового проекта является проектирование ректификационной колонны непрерывного действия, в которой происходит разделение бензиновой фракции от сырой нефти.

и тяжелую, в которой содержится меньше низкокипящих компонентов, чем в исходном сырье, т. е. при перегонке происходит обогащение одной фазы низкокипящими, а другой высококипящими компонентами. При этом достичь требуемого разделения компонентов нефти и получить конечные продукты, кипящие в заданных температурных интервалах, с помощью перегонки нельзя. В связи с этим после однократного испарения нефтяные пары подвергают ректификации.

Ректификация – диффузионный процесс разделения жидкостей, различающихся по температурам кипения, за счет противоточного многократного контактирования паров и жидкости [37].

На установках первичной перегонки нефти однократное испарение и ректификация, как правило, совмещаются. Для перегонки нефти используют одноступенчатые и двухступенчатые трубчатые установки. Теплоту, необходимую для проведения процесса, получают в трубчатых печах.

Первичная перегонка нефти осуществляется на трубчатых установках. В зависимости от общей схемы нефтеперерабатывающего завода и свойств поступающей для переработки нефти перегонку ведут либо на атмосферных трубчатых установках, либо на установках, сочетающих атмосферную и вакуумную перегонку, – атмосферно-вакуумных трубчатых установках [37].

Схема атмосферно-вакуумной установки для перегонки нефти приведена на рисунке 1.1 [38]. Нефть подается на перегонку через теплообменники, где она нагревается до 170–175 °С теплотой продуктов перегонки (утилизация теплоты), и поступает в трубчатую печь 1. Нагретая до 350 °С нефть подается в испарительную часть колонны 2, работающей под атмосферным давлением. Здесь происходит так называемое однократное испарение нефти.

При впуске в испаритель нефть, нагретая в трубчатой печи, мгновенно испаряется вследствие резкого снижения давления; при этом расходуется часть теплоты. Пары низкокипящих фракций устремляются вверх навстречу стекающей вниз жидкости – флегме, при соприкосновении с которой они охлаждаются и конденсируются. Жидкость нагревается и из нее испаряются более летучие фракции, т. е. жидкость обогащается труднолетучими углеводородами, а пары – легколетучими.

условий испарения легких компонентов и для снижения температуры в нижней части колонны.

Ассортимент продуктов вакуумной перегонки мазута зависит от варианта переработки – масляной или топливной. По масляной схеме получают несколько фракций – легкий, средний и тяжелый масляные дистилляты; по топливной схеме получают одну фракцию, называемую вакуумным газойлем, используемым как сырье каталитического крекинга или гидрокрекинга.

Дистилляты, получаемые по первой схеме, подвергают специальной очистке и затем смешивают в различных соотношениях для получения тех или иных сортов масел. Из нижней части колонны выводится гудрон – остаток перегонки нефти. Гудрон используется как сырье для термического крекинга, коксования, производства битума и высоковязких масел.

Выход продукции на установках прямой перегонки зависит от состава исходной нефти и от технологической схемы установки. На одном и том же заводе из одинакового сырья на разных перегонных установках получают различное количество товарных продуктов.

1.1.3 Деструктивные способы переработки нефти

Помимо перегонки также используются деструктивные способы переработки нефти. В результате первичной перегонки нефти из нее в виде отдельных фракций удается выделить вещества, которые в ней уже присутствовали. Применение деструктивных методов переработки нефти позволяет получать новые вещества, являющиеся товарными продуктами, необходимыми в различных отраслях народного хозяйства [37].

Термический крекинг осуществляется при 470–540 °С под давлением 2–7 МПа. Термическое разложение углеводородов начинается при 380–400 °С. С увеличением температуры скорость крекинга сильно увеличивается, поскольку процесс протекает в кинетической области. Также используется каталитический крекинг, что позволяет увеличить выход бензина до 45–50% без ухудшения других показателей процесса.

Вступающие в контакт пары и жидкость при ректификации не находятся в равновесии, но в результате контакта фазы стремятся достичь его или приблизиться к этому состоянию. При этом происходит выравнивание температур и давлений в фазах и перераспределение компонентов между ними. Контакт пара и жидкости, при котором система достигает состояния равновесия, называется идеальным или теоретическим, а устройство, обеспечивающее такой контакт – теоретической тарелкой.

Сущность процесса ректификации смеси заключается в следующем [37]. На каждую, например, n -ю тарелку с вышележащей тарелки стекает жидкость и с нижерасположенной тарелки поднимаются пары. При теоретическом контакте на n -й тарелке система достигает состояния равновесия, при этом пары и жидкость будут иметь одинаковую температуру.

Для осуществления процесса ректификации температурный режим в колонне должен быть таким, чтобы температура убывала в направлении движения потока паров (возрастала в направлении движения потока жидкости). При контакте фаз в результате массообменных процессов температура паровой фазы снизится, часть паров конденсируется и концентрация НКК в них возрастет, а температура жидкой фазы увеличится, часть ее испарится, и концентрация НКК в ней уменьшится.

Изменение состава паров и жидкости удобно проследить по изобарным температурным кривым, приведенным на рисунке 1.3. Схема движения потоков в колонне показана на рисунке 1.4. На n -й теоретической тарелке в результате контакта концентрация НКК в паровой фазе увеличилась, а в жидкой фазе уменьшилась, тем самым концентрация ВКК в жидкости увеличилась.

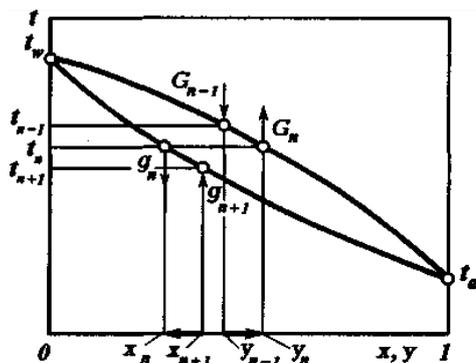


Рисунок 1.3 – Схема изменения состава пара и жидкости на тарелке

Изм.	Лист	N докum.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

мазута, колонны установок вторичной перегонки бензинов, каталитического крекинга, установок газоразделения, установок регенерации растворителей при депарафинизации масел и др.

По типу внутренних контактных устройств различают тарельчатые, насадочные и пленочные колонные аппараты (рисунок 1.5).

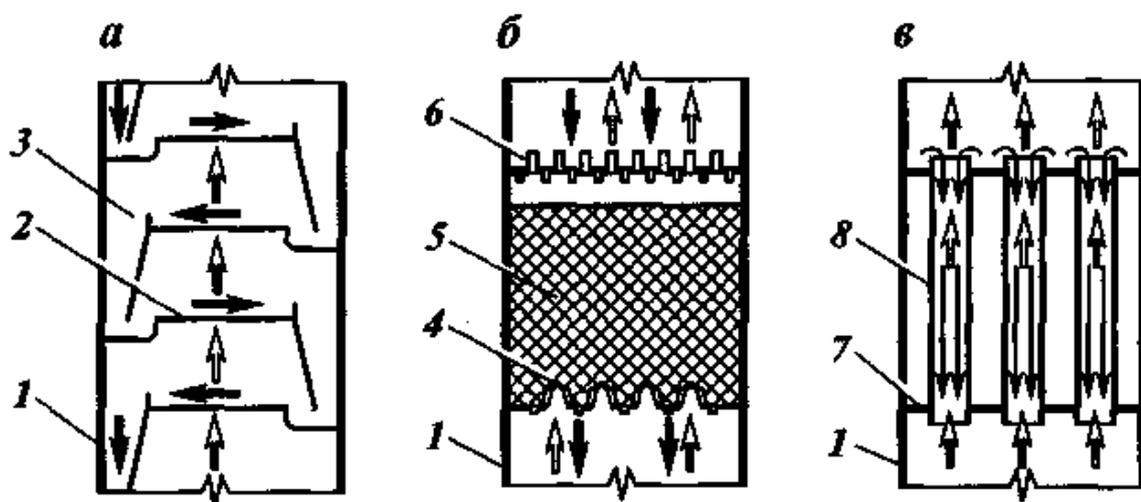


Рисунок 1.5 – Схемы основных типов колонных аппаратов:

а – тарельчатый; б – насадочный; в – пленочный; 1 – корпус колонны; 2 – полотно тарелки; 3 – переточное устройство; 4 – опорная решетка; 5 – насадка; 6 – распределитель; 7 – трубная решетка; 8 – трубка.

Области применения контактных устройств определяются свойствами разделяемых смесей, рабочим давлением в аппарате, нагрузками по пару (газу) и жидкости и т.п. В тарельчатых аппаратах (рисунок 1.5, а) контакт между фазами происходит при прохождении пара (газа) сквозь слой жидкости, находящейся на контактном устройстве (тарелке) жидкостью осуществляется на поверхности специальных насадочных тел, а также в свободном пространстве между ними [35].

В ректификационных колоннах применяются тарелки различных конструкций (колпачковые, клапанные, струйные, провальные и т.п.), существенно различающиеся по своим рабочим характеристикам и технико-экономическим данным.

При выборе конструкции контактного устройства учитывают как их гидродинамические и массообменные характеристики, так и экономические показатели работы колонны при использовании того или иного типа контактных устройств.

Жидкость поступает на полотно тарелки из переливного устройства и течет от приточной стороны тарелки к сточной, при этом на тарелке возникает градиент уровня жидкости. Стенка переливного устройства погружена в жидкость, находящуюся на нижележащей тарелке, что обеспечивает в колонне соответствующий гидравлический затвор, исключающий возможность прохождения паров через переливное устройство.

Уровень жидкости в переливном устройстве выше уровня жидкости на тарелке, что обеспечивает необходимый расход жидкости. Высота слоя жидкости на полотне тарелки определяется высотой сливной перегородки и подпором жидкости над гребнем слива. Изменяя высоту сливной перегородки, можно менять уровень жидкости на тарелке [35].

Поток паров при поступлении в слой жидкости прорезями колпачков разбивается на большое число отдельных струй, которые с большой скоростью входят в жидкость. В пространстве между смежными колпачками паровые и жидкостные струи, сталкиваясь, деформируются, образуя слой газожидкостной системы (пены) с сильно развитой поверхностью контакта фаз (рисунок 1.6, б).

Бесколпачковые барботажные тарелки (из S-образных элементов, клапанные, струйные, ситчатые), снабженные переливными устройствами, по принципу работы аналогичны работе колпачковой тарелки.

Тарелки провального типа перекрывают все сечение колонны и состоят из отдельных секций, укрепленных на опорном кольце и балках каркаса. На тарелках провального типа паровая и жидкая фазы контактируют по схеме противотока. Тарелки этого типа гораздо более чувствительны к изменению нагрузок по жидкости и пару и имеют более узкий диапазон рабочих нагрузок.

Чтобы избежать этого, прибегают к различным приемам, позволяющим локализовать (скомпенсировать) прямоточное движение фаз и не допустить его распространения на всю тарелку. Примером может служить установка поперечных секционирующих перегородок; создание движения фаз в пересекающихся направлениях, когда оси соседних лепестков расположены во взаимно перпендикулярном направлении или образуют пучок прямых и т.п.

Широко распространена насадка в виде тонкостенных керамических колец высотой, равной диаметру (кольца Рашига), который изменяется в пределах 15—150 мм. Кольца малых размеров засыпают в абсорбер навалом. Большие кольца укладывают правильными рядами, сдвинутыми друг относительно друга.

Использование насадки обусловлено простой конструкции колонны, удобством монтажа и обслуживания. Насадочная колонна обладает сравнимой эффективностью с тарельчатой. Насадка дешевле тарельчатых контактных устройств.

Вместе с тем, насадочные колонны имеют ряд недостатков. В частности, сложности с регулированием нагрузки, насадка эффективно работает только в диапазоне оптимальной смачиваемости. При снижении расхода жидкости появляется тенденция к стеканию жидкой фазы вдоль внутренней поверхности обечайки колонны, это вынуждает ставить специальные распределительные тарелки. Увеличение паровой нагрузки вызывает захлебывание насадки, резкое увеличение гидравлического сопротивления и снижение эффективности разделения [37].

1.4 Описание технологической схемы процесса

При анализе технологии существующей первичной переработки нефти мощностью 6,5 т/ч выявлено, что производительность установки можно увеличить за счет замены сложной колонны с тарельчатой и насадочными частями на более простую, содержащую только тарельчатые части.

В проекте предусмотрена замена существующего колонного оборудования, установка новых контактных устройств. Применение проектируемого колонного аппарата позволило повысить производительность установки, обеспечить четкость ректификации и выработку продукции требуемого качества.

1.5 Постановка проектной задачи

Тарельчатые колонны допускают большой диапазон регулирования производительности установки без значительного снижения эффективности разделения. В современных экономических условиях возможность получать качественный продукт при различных количествах является важным конкурентным преимуще-

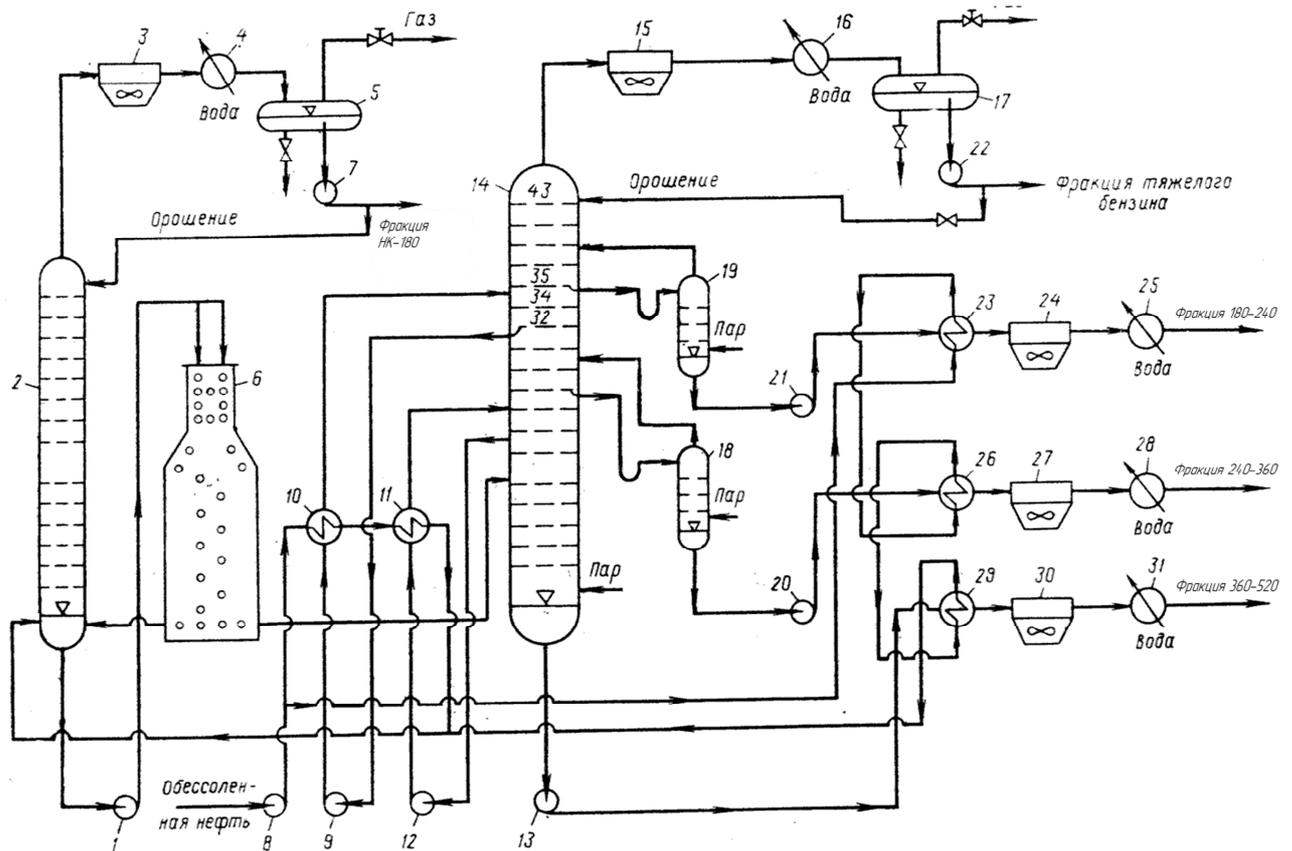


Рисунок 1.8 – Технологическая схема установки атмосферной перегонки нефти

1, 7, 8, 9, 12, 13, 20, 21, 22 – насосы; 2, 14 – ректификационные колонны; 3, 15, 24, 27, 30 – аппараты воздушного охлаждения; 4, 16, 25, 28, 31 – холодильники; 10, 11, 23, 26, 29 – теплообменники; 5, 17 – газосепараторы-водоотделители; 6 — трубчатая печь; 18, 19 – отпарные колонны

Часть нижнего продукта стабилизационной колонны циркулирует между печью и первой колонной, этим достигается снабжение ее отгонной секции дополнительным количеством тепла.

Обессоленная нефть, нагнетаемая насосом 8 проходит двумя параллельными потоками группу теплообменников 10, 11, 23, 26, 29 и нагретая до температуры 200–220 °С поступает в кубовую часть колонны 2. Ректификационная колонна 2 работает при избыточном давлении, достигающем на некоторых установках 0,45 МПа.

Пары НК-180 по выходе из колонны 2 конденсируются в аппарате воздушного охлаждения 3. Далее конденсат и сопутствующие газы, охлажденные в вода-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

2.1 Исходные данные к расчету

Сырая нефть представляет собой сложную смесь, поэтому для расчета ректификации в общем случае следует представлять сырьё как многокомпонентную смесь, состоящую из отдельных фракций, выкипающих каждая в своём интервале температур. Для упрощения расчетов и оценки размеров колонны примем следующие допущения [1]:

- сырьё представляем как бинарную смесь из двух фракций, выкипающую в интервале температур НКК «28-120» и ВКК «120-412», средняя температура кипения НКК и ВКК соответственно 80 °С и 250 °С;
- небольшая доля газов в ректификации не участвует и отбирается сверху колонны вместе с парами дистиллята.

Согласно заданию на проектирование и принятым допущениям, исходными данными для расчета ректификационной колонны являются:

- массовая производительность колонны по сырью $G_{Mf} = 10000$ кг/ч;
- массовая доля НКК (бензин)
 - в сырьё $X_{Mf} = 8,9\%$
 - в дистилляте $Y_{Mp} = 99,0\%$
 - в остатке $X_{Mw} = 0,1\%$
- условная температура начала кипения нефти $t_n = 80$ °С;
- условная температура конца кипения НКК $t_c = 120$ °С;
- условная температура конца кипения нефти $t_k = 250$ °С;
- относительная плотность НКК и ВКК $\rho_{4_20} = 0,680$ и $0,750$;
- давление вверху колонны $P_p = 0,035$ МПа.

Расчет ректификационной колонны требует большого количества расчетов, особенно в вопросе определения составов продуктов и расчета числа тарелок [1]. Выполним расчет с использованием ЭВМ. Ниже приведен алгоритм расчетов и основные результаты.

Мольная масса компонентов определяется по формуле [28]

$$M_1 = \frac{41,12 \rho_{4,20}}{1 - \rho_{4,20}} = \frac{41,12 \cdot 0,680}{1 - 0,680} = 87,38 \text{ кг/кмоль}; \quad (2.1)$$

$$M_2 = \frac{41,12 \rho_{4,20}}{1 - \rho_{4,20}} = \frac{41,12 \cdot 0,750}{1 - 0,750} = 123,60 \text{ кг/кмоль}. \quad (2.2)$$

Для расчета материального баланса выполним перерасчет массового расхода в мольный. Воспользуемся формулой

$$X_f = \frac{X_{Mf}}{M_1 \left(\frac{X_{Mf}}{M_1} + \frac{1 - X_{Mf}}{M_2} \right)} = \frac{0,0890}{87,38 \cdot \left(\frac{0,0890}{87,38} + \frac{1 - 0,0890}{123,60} \right)} = 0,1212; \quad (2.3)$$

$$Y_p = \frac{Y_{Mp}}{M_1 \left(\frac{Y_{Mp}}{M_1} + \frac{1 - Y_{Mp}}{M_2} \right)} = \frac{0,9900}{87,38 \cdot \left(\frac{0,9900}{87,38} + \frac{1 - 0,9900}{123,60} \right)} = 0,9929; \quad (2.4)$$

$$X_w = \frac{X_{Mw}}{M_1 \left(\frac{X_{Mw}}{M_1} + \frac{1 - X_{Mw}}{M_2} \right)} = \frac{0,0010}{87,38 \cdot \left(\frac{0,0010}{87,38} + \frac{1 - 0,0010}{123,60} \right)} = 0,0014. \quad (2.5)$$

Мольный расход каждого компонента исходной смеси

$$G_{f1} := \frac{G_{Mf} \cdot X_{Mf}}{M_1} = \frac{10000 \cdot 0,0890}{87,38} = 10,19 \text{ кмоль/ч}; \quad (2.6)$$

$$G_{f2} := \frac{G_{Mf} \cdot (1 - X_{Mf})}{M_2} = \frac{10000 \cdot (1 - 0,0890)}{123,60} = 73,85 \text{ кмоль/ч}. \quad (2.7)$$

Мольный расход сырья

$$G_f = G_{f1} + G_{f2} = 10,19 + 73,85 = 84,03 \text{ кмоль/ч}. \quad (2.8)$$

Количество дистиллята

$$G_p = \frac{X_f - X_w}{Y_p - X_w} G_f = \frac{0,1212 - 0,0014}{0,9929 - 0,0014} \cdot 84,03 = 10,15 \text{ кмоль/ч}. \quad (2.9)$$

Расход каждого компонента в дистилляте

$$G_{p1} = G_p \cdot Y_p = 10,15 \cdot 0,9929 = 10,08 \text{ кмоль/ч}; \quad (2.10)$$

$$G_{p2} = G_p (1 - Y_p) = 10,15 \cdot (1 - 0,9929) = 0,07 \text{ кмоль/ч}. \quad (2.11)$$

Количество остатка

$$G_w = G_f - G_p = 84,03 - 10,15 = 73,88 \text{ кмоль/ч}. \quad (2.12)$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

$$\frac{Y_p}{k_1} + \frac{1 - Y_p}{k_2} = 1, \quad (2.17)$$

где k_1 и k_2 – константы фазового равновесия компонентов:

$$k_1 = \frac{P_{v1}}{P}; k_2 = \frac{P_{v2}}{P}, \quad (2.18)$$

P_{v1} и P_{v2} – давление насыщенных паров компонентов.

Для определения давления насыщенных паров отдельных фракций воспользуемся формулой

$$\log(P) = 2,68 \left(1 - \frac{f(T)}{f(T_k)} \right) - 1, \quad (2.19)$$

где T и T_k соответственно температура смеси и температура кипения компонента, выраженная в Кельвинах;

f – функция от температуры

$$f_p(T) := \frac{1250}{\sqrt{T^2 + 108000} - 307.6} - 1. \quad (2.20)$$

Изотерма состояния паровой и жидкой фазы для верха колонны

$$\Sigma_p(t) := P_p \cdot \left(\frac{Y_p}{P_{v1}(t)} + \frac{1 - Y_p}{P_{v2}(t)} \right); \quad (2.21)$$

$$\Sigma_r(t) := \frac{P_{v1}(t) \cdot X_p + P_{v2}(t) \cdot (1 - X_p)}{P_p}. \quad (2.22)$$

Графическое изображение изотерм состояния паровой и жидкой фаз для верха колонны при изменении температуры показано на рисунке 3.1. Температура верха колонны и максимальной температуры флегмы есть абсцисса точки пересечения графика с горизонталью $y = 1$

$$t_p = 114,2 \text{ } ^\circ\text{C}; t_r = 111,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

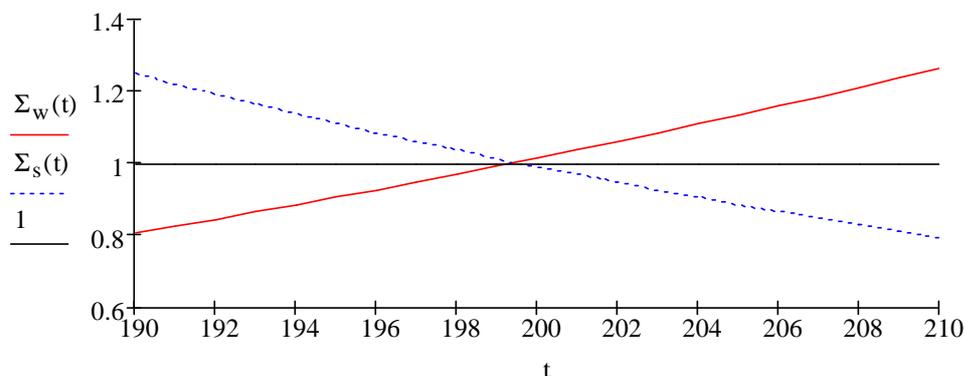


Рисунок 2.3 – Изотерма состояния фаз для низа колонны

Расчет температуры в секции питания. Принимаем долю отгона $e = 0,05$. Давление в секции питания принимаем равным среднему арифметическому давлений вверху и внизу колонны

$$P_f := \frac{P_w + P_p}{2} = (0,0400 + 0,0350) / 2 = 0,0375 \text{ МПа.} \quad (2.27)$$

Для определения температуры воспользуемся уравнением состояния изотермы парожидкой смеси

$$\Sigma_f(t) := \frac{X_f}{1 + e \cdot \left(\frac{P_{v1}(t)}{P_f} - 1 \right)} + \frac{1 - X_f}{1 + e \cdot \left(\frac{P_{v2}(t)}{P_f} - 1 \right)} \quad (2.28)$$

Графическое изображение изотермы состояния парожидкой смеси для питательной секции показано на рисунке 2.4.

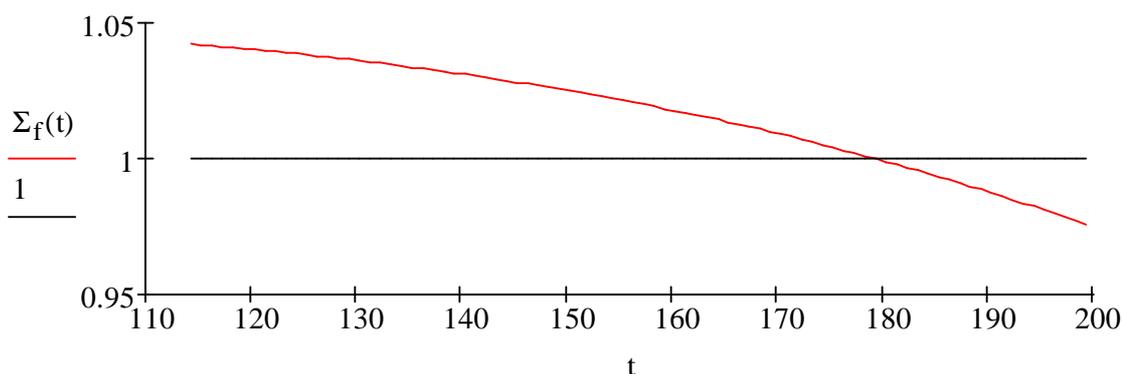


Рисунок 2.4 – Изотерма состояния парожидкой смеси для питательной секции

Температура в питательной секции есть абсцисса точки пересечения графика с горизонталью $y = 1$

$$t_f = 178,8 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

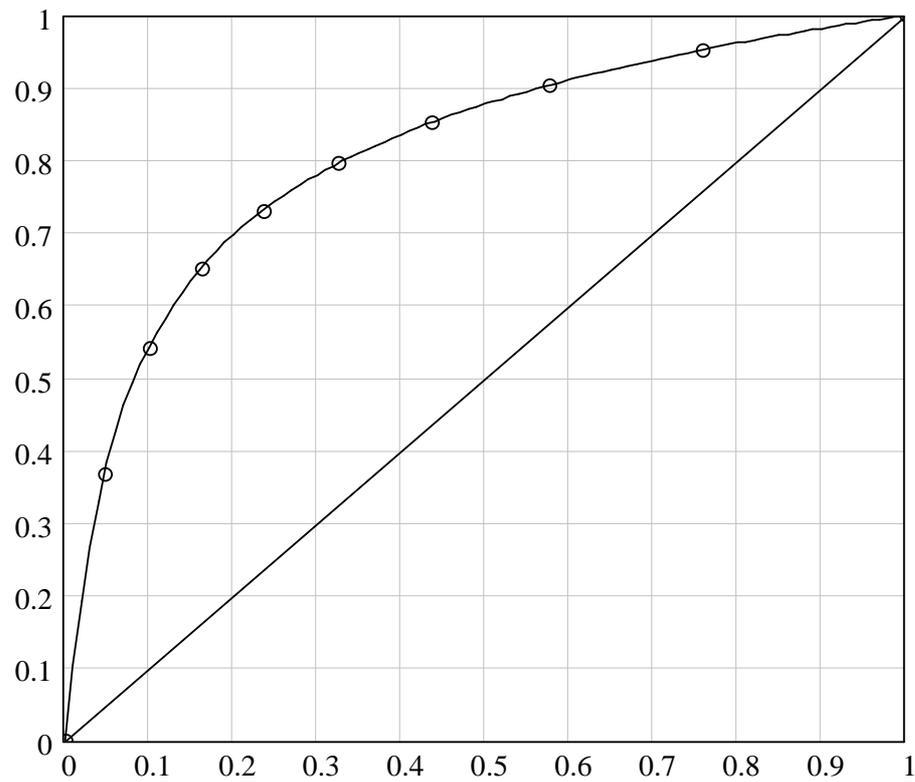


Рисунок 2.5 – Равновесная кривая бинарной смеси

Рабочая линия в режиме полного орошения приведена на рисунке 3.5.

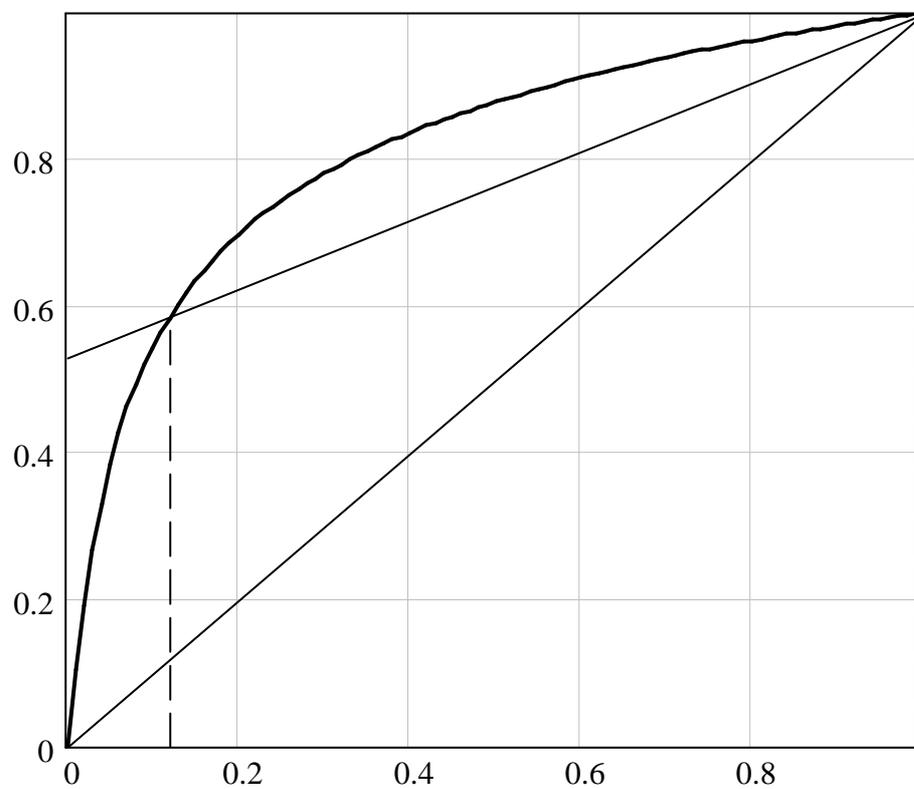


Рисунок 2.6 – Рабочая линия в режиме полного орошения

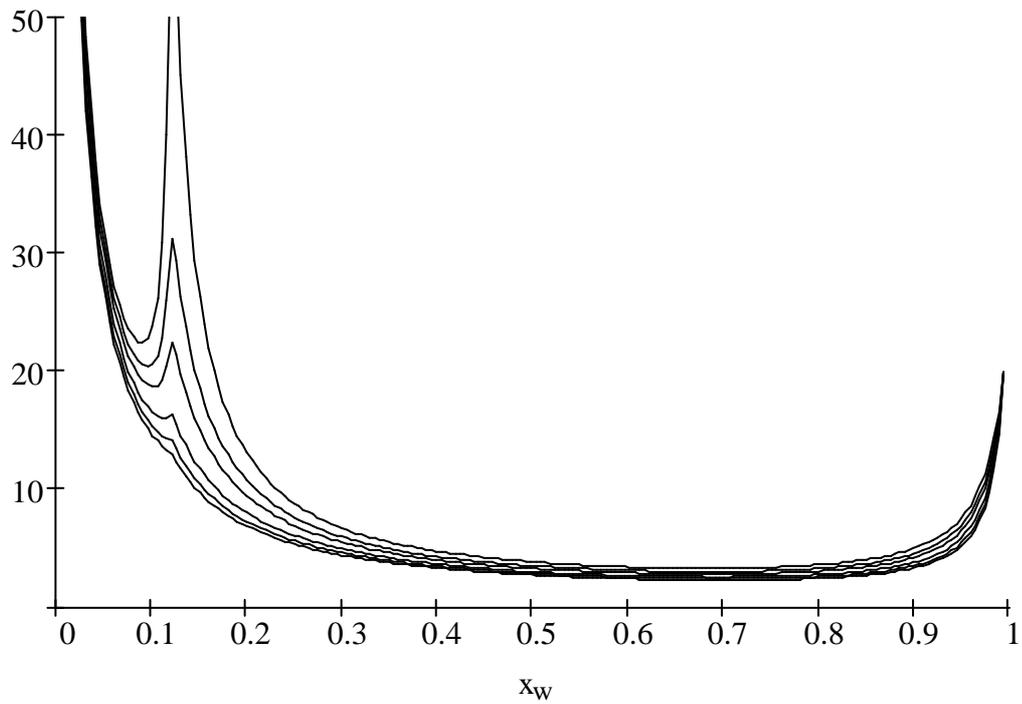


Рисунок 2.8 – К определению ЧЕП колонны при различных флегмовых числах

Для определения оптимального размера колонны необходимо дополнительно построить график, приведенный на рисунке 3.8. Минимум этого графика будет соответствовать оптимальному флегмовому числу.

$$m_x(R) := \int_{X_w}^{X_p} F(R, x) dx \quad (2.34)$$

$$F(R) := m_x(R) \cdot (R + 1) \quad (2.35)$$

Графическое изображение полученных данных функции $F(R)$

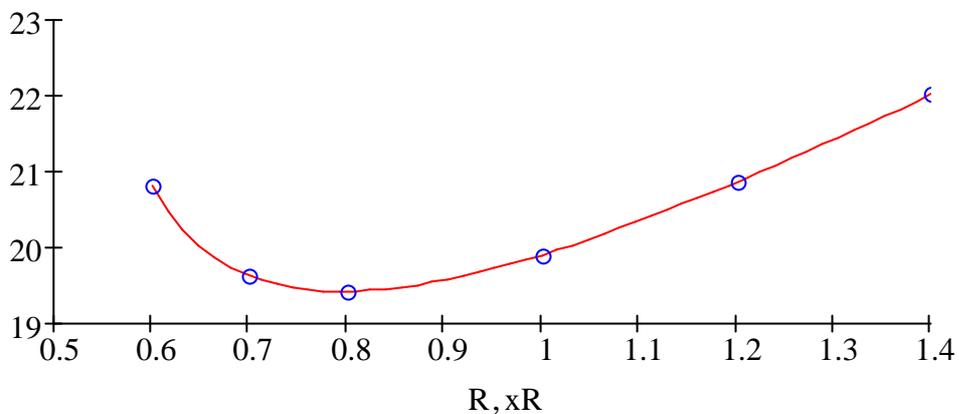


Рисунок 2.9 – К определению оптимального флегмового числа

2.5 Определение потоков по колонне

Схема к расчёту потоков по колонне показана на рисунке 2.11.

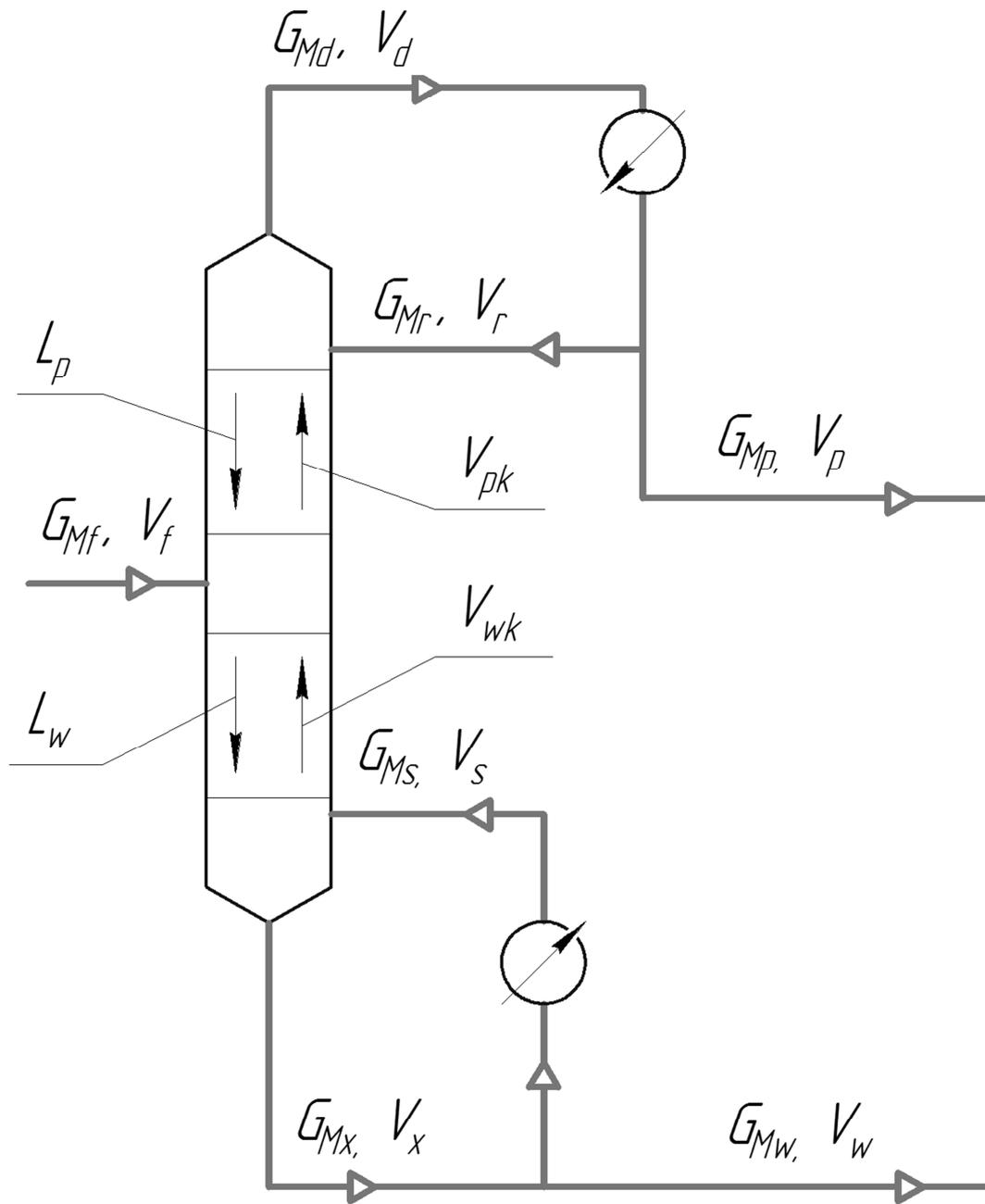


Рисунок 2.11 – Схема к расчету потоков колонны

$V_F, V_D, V_R, V_S, V_X, V_P, V_W$ – объемный расход питания, паров дистиллята, флегмы, горячего орошения, остатка, дистиллята-продукта и остатка-продукта;
 $G_{Mf}, G_{Md}, G_{Mr}, G_{Ms}, G_{Mx}, G_{Mp}, G_{Mw}$ – массовый расход питания, паров дистиллята, флегмы, горячего орошения, остатка, дистиллята-продукта и остатка-продукта;
 L_p, V_{pk} – мольный расход жидкости и объемный расход пара в верхней секции; L_w, V_{wk} – мольный расход жидкости и объемный расход пара в нижней секции;

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Пересчитаем температуру по колонне в Кельвинах

$$T_p = t_p + 273,2 = 114,2 + 273,2 = 387,2 \text{ К}; \quad (2.43)$$

$$T_w = t_w + 273,2 = 199,3 + 273,2 = 472,3 \text{ К}; \quad (2.44)$$

$$T_f = t_f + 273,2 = 178,9 + 273,2 = 451,9 \text{ К}. \quad (2.45)$$

Мольная масса дистиллята

$$\begin{aligned} M_p &:= M_1 \cdot Y_{Mp} + M_2 \cdot (1 - Y_{Mp}) = \\ &= 87,4 \cdot 0,9900 + 123,4 \cdot (1 - 0,9900) = 87,7 \text{ кг/кмоль}. \end{aligned} \quad (2.46)$$

Мольная масса остатка

$$\begin{aligned} M_w &:= M_1 \cdot X_{Mw} + M_2 \cdot (1 - X_{Mw}) = \\ &= 87,4 \cdot 0,0010 + 123,4 \cdot (1 - 0,0010) = 123,3 \text{ кг/кмоль}. \end{aligned}$$

Мольная масса питания

$$\begin{aligned} M_f &:= M_1 \cdot X_{Mf} + M_2 \cdot (1 - X_{Mf}) = \\ &= 87,4 \cdot 0,0890 + 123,4 \cdot (1 - 0,0890) = 120,2 \text{ кг/кмоль}. \end{aligned}$$

Мольная газовая постоянная $R_f = 8314 \text{ Дж / (кмоль} \cdot \text{К)}$. Плотность паров дистиллята

$$\rho_{yp} := \frac{M_p \cdot P_p}{R_f \cdot T_p} = \frac{87,7 \cdot 0,0350}{8314 \cdot 387,2} = 1,072 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (2.47)$$

Плотность паров остатка

$$\rho_{yw} := \frac{M_w \cdot P_w}{R_f \cdot T_w} = \frac{123,3 \cdot 0,0400}{8314 \cdot 472,3} = 1,400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (2.48)$$

Плотность паров питания

$$\rho_{yf} := \frac{M_f \cdot P_f}{R_f \cdot T_f} = \frac{120,2 \cdot 0,0375}{8314 \cdot 451,9} = 1,352 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (2.49)$$

Объемный расход паров в верхней части колонны при рабочих условиях

$$V_{pk} := \frac{2 \cdot G_{Md}}{\rho_{yp} + \rho_{yf}} = \frac{2 \cdot 1602}{1,072 + 1,352} = 1321 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,367 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Объемный расход паров в нижней части колонны при рабочих условиях

$$V_{wk} := \frac{2G_{Ms}}{\rho_{yw} + \rho_{yf}} = \frac{2 \cdot 1102}{1,400 + 1,352} = 801 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,222 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата

2.6 Тепловой баланс колонны

Схема к расчету теплового баланса приведена на рисунке 2.12.

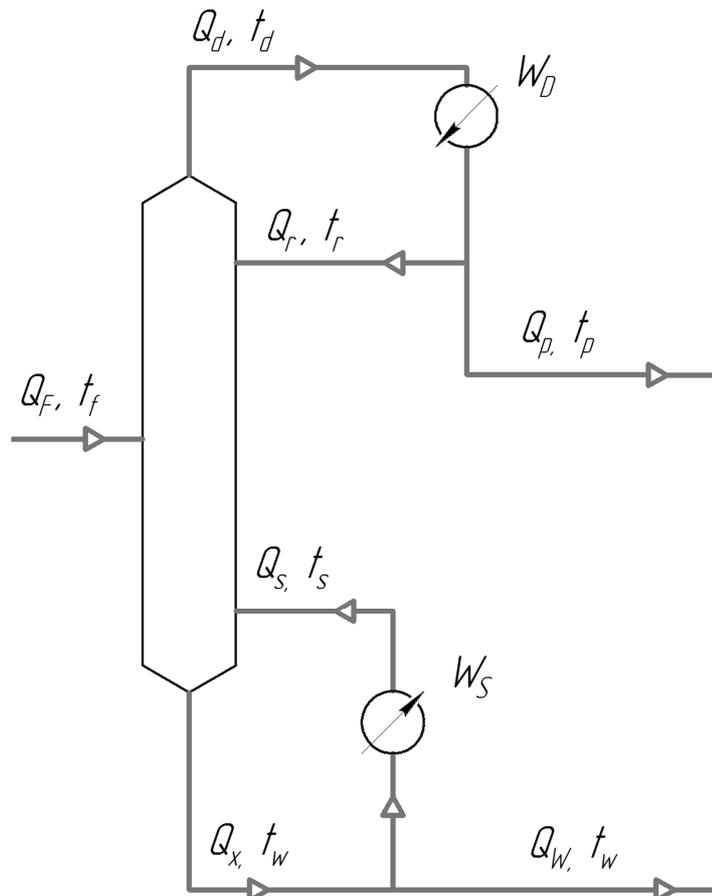


Рисунок 2.12 – Схема к тепловому расчету колонны

$t_f, t_d, t_r, t_s, t_x, t_p, t_w$ – температура питания, паров дистиллята, флегмы, горячего орошения, остатка, дистиллята-продукта и остатка-продукта; $Q_f, Q_d, Q_r, Q_s, Q_x, Q_p, Q_w$ – количество теплоты питания, паров дистиллята, флегмы, горячего орошения, остатка, дистиллята-продукта и остатка-продукта; W_D, W_S – тепловая нагрузка дефлегматора и кипятильника;

Средняя удельная теплоемкость нефти из справочных данных

$$c_{\phi} := 2.9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}. \quad (2.50)$$

Теплота испарения нефти из справочных данных

$$r_{\phi} := 300 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}. \quad (2.51)$$

Расчётная температура флегмы

$$t_{\phi} := \frac{Q_R}{G_{Mf} \cdot c_f} = \frac{35}{0,198 \cdot 2,900} = 97,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Общий приход тепла в колонну с учетом новой температуры флегмы

$$Q_{\text{прих}} := Q_F + Q_S + Q_R = 1072 + 375 + 35 = 1482 \text{ кВт}.$$

Расход тепла с дистиллятом

$$Q_P := G_{Mp} \cdot c_r \cdot t_{\phi} = 0,247 \cdot 2,900 \cdot 97,5 = 44 \text{ кВт}.$$

Расход тепла с остатком

$$Q_W := G_{Mw} \cdot c_w \cdot t_w = 2,531 \cdot 2,900 \cdot 199,3 = 1107 \text{ кВт}.$$

Тепловая нагрузка дефлегматора

$$W_D := G_{Md} \cdot [I_p + c_r \cdot (t_p - t_{\phi})] = 0,445 \cdot (300 + 2,900 \cdot (114,2 - 97,5)) = 146 \text{ кВт}.$$

Общий баланс установки

$$Q_{\text{вх}} := Q_F + W_S = 1072 + 241 = 1313 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{вых}} := Q_P + Q_W + Q_{\text{пот}} + W_D = 44 + 1107 + 16 + 146 = 1313 \text{ кВт}.$$

Тепловой баланс установки сходится в пределах допустимой погрешности, сводные результаты приведены в таблице 3.1.

Таблица 2.3 – Тепловой баланс ректификационной установки

Приход, кВт		Расход, кВт	
Приход с питанием	1072	Расход с дистиллятом	44
Нагрузка кипятильника	241	Расход с остатком	1107
		Нагрузка дефлегматора	146
		Потери	16
Всего	1313	Всего	1313

Расчетный диаметр верхней секции колонны

$$D_w := \sqrt{\frac{4V_{wk}}{\pi \cdot \omega_{\text{раб}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2224}{3,14 \cdot 1,164}} = 0,493 \text{ м.} \quad (3.4)$$

Принимаем диаметр колонны

$$D_w = 0,6 \text{ м.} \quad (3.5)$$

Действительная скорость движения газа

$$\omega_w := \frac{4V_{wk}}{\pi \cdot D_w^2} = \frac{4 \cdot 0,2224}{3,14 \cdot 0,6^2} = 0,7866 \text{ м/с.} \quad (3.6)$$

3.2 Расчет числа тарелок

Рабочая линия ректификационной колонны приведена на рисунке 4.2. На этой же схеме графически выполнен расчет числа тарелок верхней секции.

Для определения числа теоретических тарелок необходимо от точки, соответствующей составу в питательной секции, построить ломаную линию между равновесной кривой и рабочей линией до точек, соответствующих составу дистиллята и остатка. Количество шагов будет равно числу теоретических тарелок.

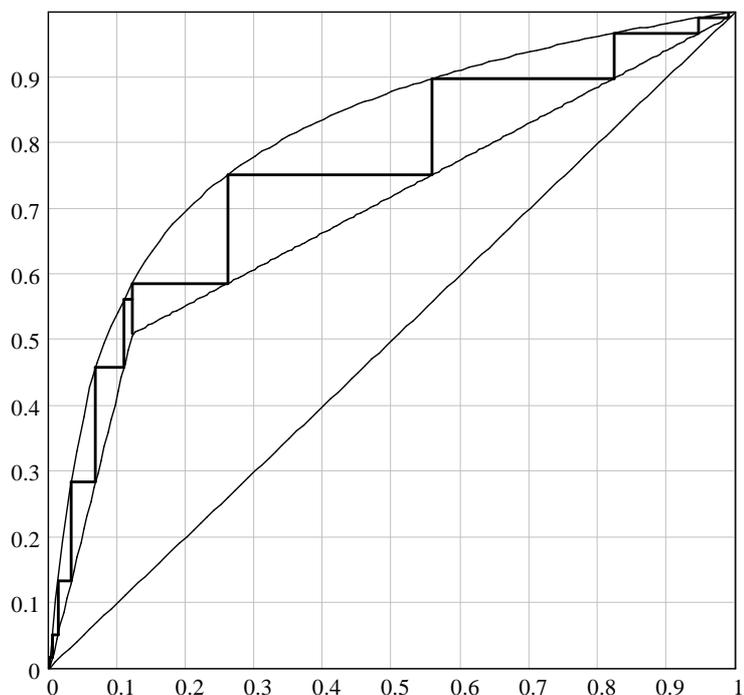


Рисунок 3.1 – Схема к определению числа тарелок ректификационной колонны

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

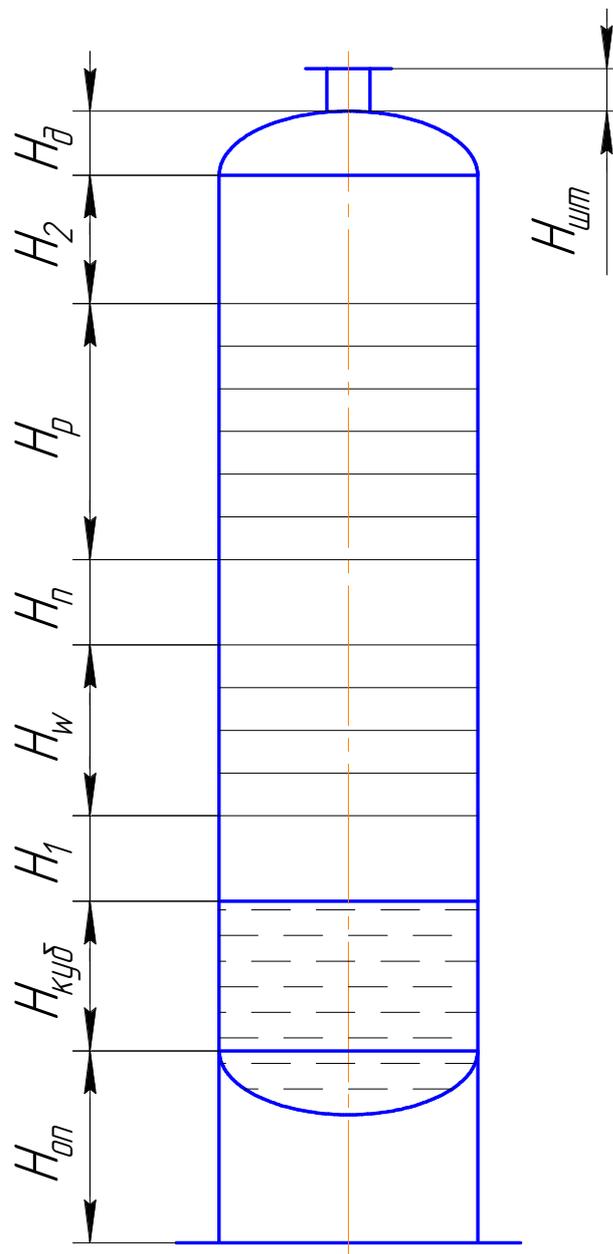


Рисунок 3.2 – Схема к определению высоты колонны

H_2 – высота от верхней тарелки, до верхнего днища, 0,45 м;

$H_{дн}$ – высота верхней крышки (выбираем заглушку 610×12,5 09Г2С ГОСТ 17379-2001, эту же заглушку принимаем для днища колонны), $H_{дн} = 0,305$ м;

$H_{шт}$ – высота штуцера вывода дистиллята, $H_{шт} = 0,20$ мм.

Итого ориентировочная высота колонны

$$H = 1,1 + 1,25 + 0,30 + 4,05 + 0,80 + 3,15 + 0,45 + 0,305 + 0,20 = 11,605 \text{ м.}$$

Принимаем

$$H = 11,65 \text{ м.}$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Принимается стандартный диаметр

$$D_r = 0,025 \text{ м.}$$

Тогда действительная скорость движения потока в штуцере

$$\omega_{рж} := \frac{4V_p \cdot R}{\pi \cdot D_p^2} = \frac{4 \cdot 2,905 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 0,025^2} = 0,592 \text{ м/с.}$$

Штуцер вывода паров дистиллята. Скорость движения газов при небольшом давлении принимать 10,0 ... 20,0 м/с

$$\omega_p := 18,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Тогда расчетный диаметр штуцера вывода паров дистиллята

$$D_p := \sqrt{\frac{4V_p}{\pi \cdot \omega_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,415}{3,14 \cdot 18,0}} = 0,171 \text{ м.}$$

Принимается стандартный диаметр

$$D_p = 0,200 \text{ м.}$$

Тогда действительная скорость движения потока в штуцере

$$\omega_p := \frac{4V_{pk}}{\pi \cdot D_p^2} = \frac{4 \cdot 0,415}{3,14 \cdot 0,200^2} = 13,2 \text{ м/с.}$$

Штуцер ввода горячего орошения. Скорость движения газов при небольшом давлении принимать 10,0 ... 20,0 м/с

$$\omega_w := 15,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Тогда расчетный диаметр штуцера ввода горячего орошения

$$D_w := \sqrt{\frac{4 \cdot V_s}{\pi \cdot \omega_w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,219}{3,14 \cdot 15,0}} = 0,136 \text{ м.}$$

Принимается стандартный диаметр

$$D_s = 0,150 \text{ м.}$$

Тогда действительная скорость движения потока в штуцере

$$\omega_w := \frac{4V_{wk}}{\pi \cdot D_{wг}^2} = \frac{4 \cdot 0,150}{3,14 \cdot 0,200^2} = 12,6 \text{ м/с.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

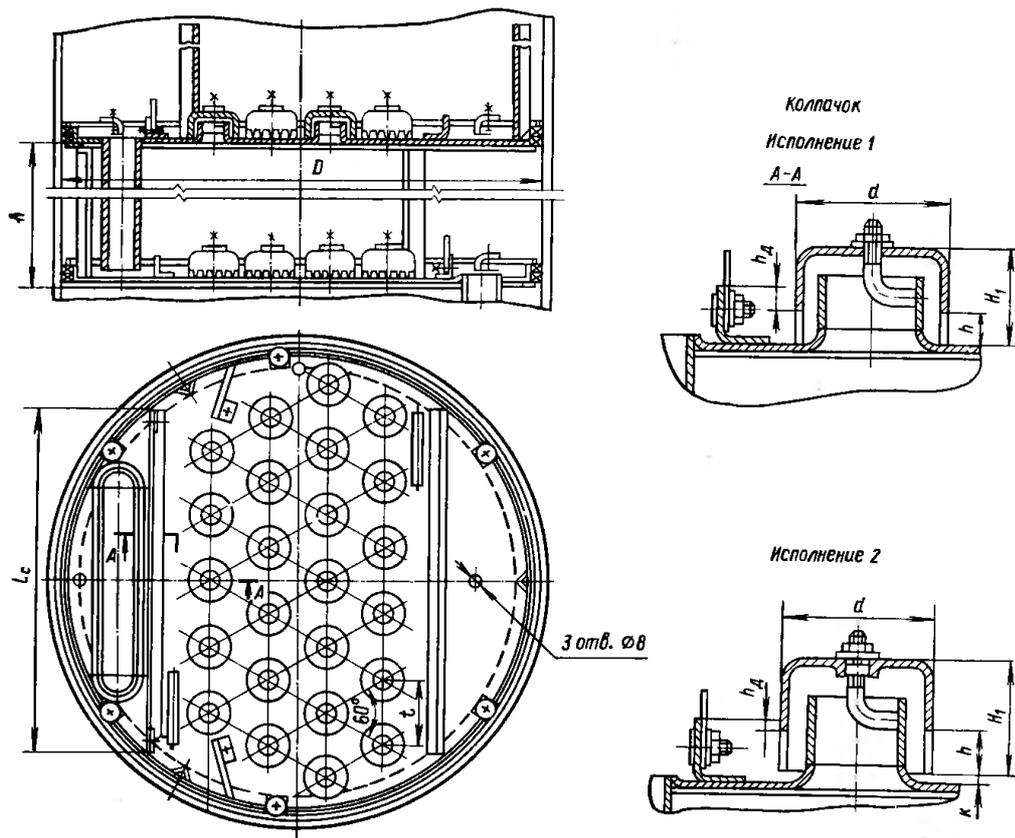


Рисунок 3.3 – Схема к расчету колпачковой тарелки

Площадь сечения одного патрубка

$$s_1 := \frac{S_{\Pi}}{n_K} = 0,027 / 13 = 2,077 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (3.12)$$

Внутренний диаметр патрубков

$$d_{\Pi} := \sqrt{\frac{4 \cdot s_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,077 \cdot 10^{-3}}{3,14}} = 51,4 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Принимаем стандартное значение

$$d_{\Pi} = 52 \text{ мм.} \quad (3.14)$$

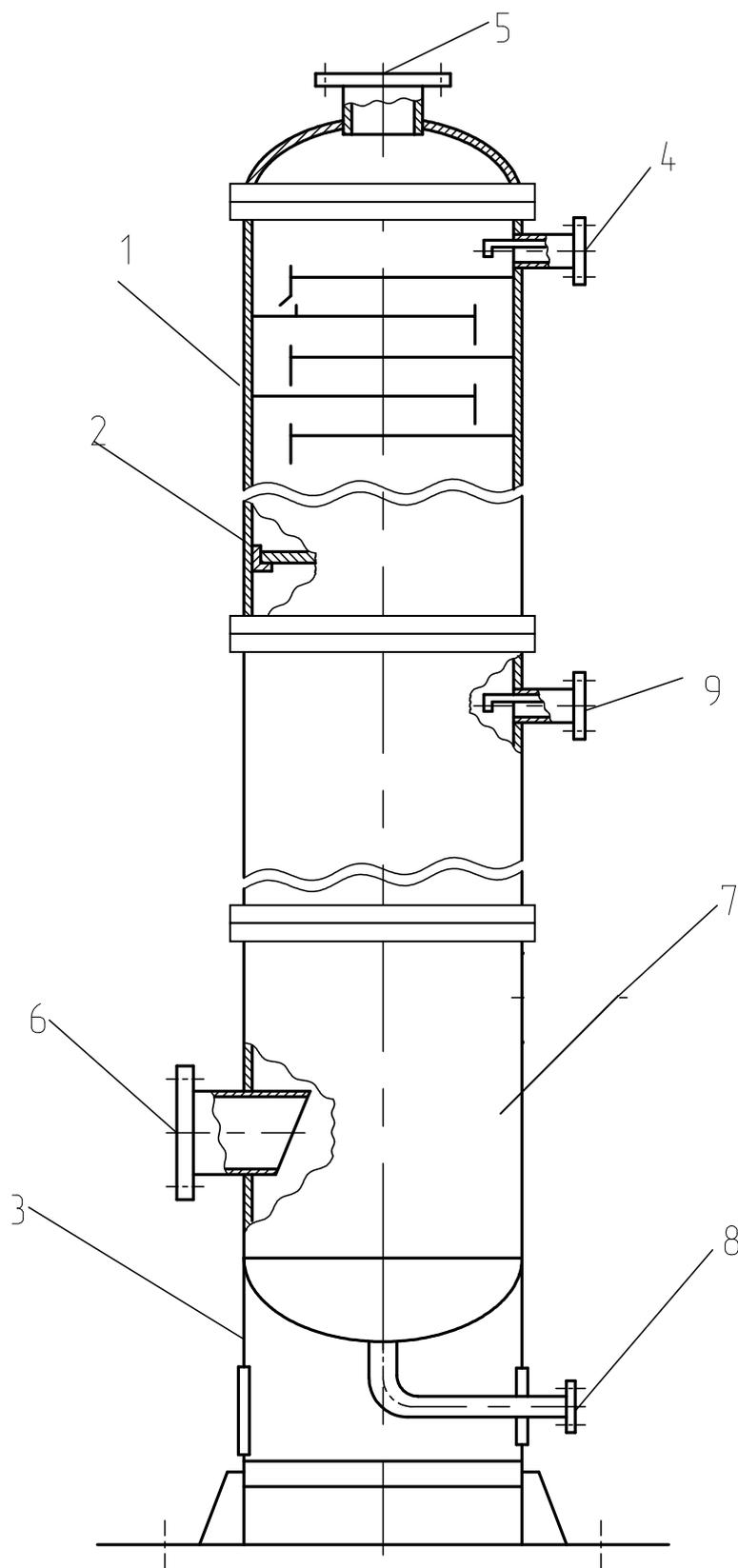
Определение размеров колпачка. Расчетная высота прорези колпачка

$$h := \frac{s_1}{\pi \cdot d_{\Pi}} = \frac{2,077 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,052} = 12,7 \text{ мм.} \quad (3.15)$$

Принимаем стандартную высоту

$$h = 15 \text{ мм.} \quad (3.16)$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------



1 – корпус колонны; 2 – тарелка; 3 – опора; 4 – штуцер ввода холодного орошения; 5 – штуцер отвода дистиллята; 6 – штуцер ввода горячего орошения; 7 – куб; 8 – штуцер отвода остатка; 9 – штуцер ввода исходного сырья.

Рисунок 3.4 – Конструкция колонны отбензинивания нефти

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

Допускаемое напряжение при статических однократных нагрузках для рабочего состояния выбранного материала составляют

$$[\sigma] = \eta \sigma^*; [\sigma]_{20} = \eta \sigma_{20}^*, \quad (4.6)$$

где η – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки, для листового проката $\eta = 1,0$ [25]. Подставляя числовые значения, получим

$$[\sigma] = 1,0 \cdot 163,5 = 163,5 \text{ МПа}; [\sigma]_{20} = 1,0 \cdot 186,2 = 186,2 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

$$[\sigma]_{и} = \sigma_{Т20} / 1,1 = 328,0 / 1,1 = 298,2 \text{ МПа}.$$

4.2 Определение расчетных давлений

Технологическое давление в ректификационной колонне

$$p_T = p_{ТГ} + p_c, \quad (4.7)$$

где p_c – давление среды в аппарате, $p_c = 0,040$ МПа;

$p_{ТГ}$ – гидростатическое давление столба жидкости.

При аварийном заполнении колонны или при гидроиспытании

$$p_{ТГ} = \rho_T g H; p_{иГ} = \rho_{и} g H, \quad (4.8)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$;

H – высота столба жидкости в аппарате, $H = 11,0$ м;

ρ_T – плотность среды в рабочем режиме, $\rho_T = \rho_{xw} = 750 \text{ кг/м}^3$;

$\rho_{и}$ – плотность воды при испытании, $\rho_{и} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Соответственно

$$p_{ТГ} = 750 \cdot 9,81 \cdot 11,0 = 0,0809 \text{ МПа};$$

$$p_{иГ} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 11,0 = 0,1079 \text{ МПа};$$

Технологическое давление в аппарате

$$p_T = 0,0809 + 0,040 = 0,1209 \text{ МПа}.$$

Согласно [25, табл. 14.1], для аппаратов, предназначенных для хранения и переработки пожаро-взрывоопасных сред под избыточным давлением от 0,07 МПа до 0,3 МПа расчетное давление в аппарате

$$p_p = \max(1,2p_T; 0,300) = \max(1,2 \cdot 0,1209; 0,3000) = \quad (4.9)$$

$$[p]_{и} = \frac{2\phi[\sigma]_{и}(s - c)}{D + 0,5(s - c)} = \frac{2 \cdot 1,00 \cdot 298,2 \cdot (10,00 - 2,85)}{600 + 0,5 \cdot (10,00 - 2,85)} = 7,605 \text{ МПа.} \quad (4.22)$$

Проверка прочности днища из условий давления

$$p_T \leq [p]; 0,1209 \leq 5,002; p_{и} \leq [p]_{и}; 0,4271 \leq 9,124. \quad (4.23)$$

Днище удовлетворяет условию прочности.

4.5 Определение весовых характеристик корпуса колонны

Плотность материала аппарата из справочных данных

$$\rho = 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Ориентировочный вес обечайки

$$G_{об} := \frac{\pi \cdot [(D + 2s)^2 - D^2]}{4} H \cdot \rho \cdot g = \quad (4.24)$$

$$= \frac{3,14 \cdot [(0,600 + 2 \cdot 0,010)^2 - 0,600^2]}{4} \cdot 11,0 \cdot 7,850 \cdot 9,81 = 0,0162 \text{ МН.}$$

Вес тарелок

$$G_T := m_T \cdot N_T \cdot g = 0,014 \cdot 18 \cdot 9,81 = 0,0025 \text{ МН.} \quad (4.25)$$

Суммарная масса вспомогательных устройств, днищ, опоры аппарата

$$G_{бу} := 0,1 G_{об} = 0,1 \cdot 0,0162 = 0,0016 \text{ МН.} \quad (4.26)$$

Монтажный вес аппарата

$$G_{монт} := G_{бу} + G_{об} = 0,0016 + 0,0162 = 0,0179 \text{ МН.} \quad (4.27)$$

Масса аппарата в работе увеличивается на массу жидкости в аппарате. Высота слоя жидкости из технологического расчёта

$$h_{ж} := 30 \cdot \text{мм.}$$

Вес жидкости на тарелках

$$G_{ж} := N_T \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h_{ж} \cdot \rho_{ж} \cdot g = \quad (4.28)$$

$$T_{\text{МОНТ}} := 1,79 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{МОНТ}} \cdot H}{E_t \cdot J \cdot g}} = \quad (4.31)$$

$$= 1,79 \cdot 11,0 \cdot \sqrt{\frac{0,0179 \cdot 11,0}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 9,359 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81}} = 0,204 \text{ с};$$

$$T_{\text{раб}} := 1,79 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{раб}} \cdot H}{E_t \cdot J \cdot g}} = \quad (4.32)$$

$$1,79 \cdot 11,0 \cdot \sqrt{\frac{0,0190 \cdot 11,0}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 9,359 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81}} = 0,210 \text{ с}.$$

4.6.3 Определение изгибающего момента от ветровой нагрузки

Разбиваем аппарат равномерно по высоте на участки, количество участков

$$n := 10.$$

Высота каждого участка

$$\Delta h := \frac{H}{n} = 11,0 / 10 = 1,1 \text{ м}. \quad (4.33)$$

Высоты центров тяжести каждого участка

$$h_i := \left(i + \frac{1}{2} \right) \cdot \Delta h$$

$h^T =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	М
	0.55	1.65	2.75	3.85	4.95	6.05	7.15	8.25	9.35	10.45	

Нормативный скоростной напор ветра на высоте 10м для III географического района в соответствии со справочными данными [25, табл. 29.14]

$$q_0 := 0,045 \cdot 10^{-2} \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}.$$

График для определения коэффициента динамичности в зависимости от периода свободных колебаний приведен на рисунке 5.4.

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Коэффициент увеличения скоростного напора ветра при монтаже и эксплуатации аппарата для каждой секции

$$\beta_{\text{МОНТ}} := 1 + \varepsilon_{\text{МОНТ}} \cdot m; \quad (4.37)$$

$$\beta_{\text{МОНТ}}^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.459	1.459	1.459	1.459	1.459	1.459	1.459	1.459	1.459	1.459

$$\beta_{\text{РАБ}} := 1 + \varepsilon_{\text{РАБ}} \cdot m; \quad (4.38)$$

$$\beta_{\text{РАБ}}^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46

График для определения поправочного коэффициента на увеличение скоростного напора ветра в зависимости от высоты приведен на рисунке 5.6.

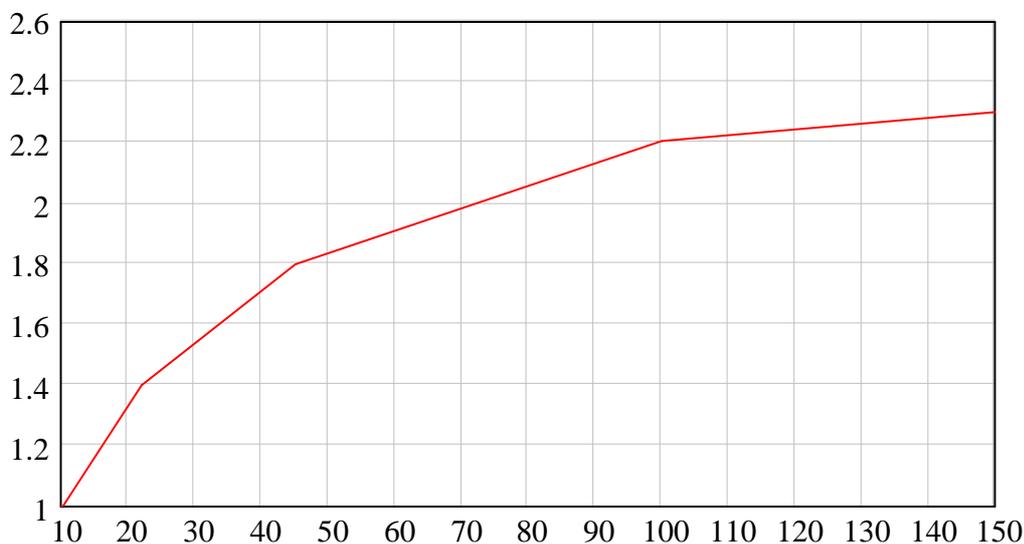


Рисунок 4.5 – График для определения коэффициента пульсаций ветра

Поправочный коэффициент на увеличение скоростного напора ветра для проектируемого аппарата в соответствии с этим графиком

$$\theta := \Omega_{\theta}(h); \quad (4.39)$$

$$\theta^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.015

Нормативный скоростной напор ветра для участков аппарата

$$q := q_0 \cdot \theta; \quad (4.40)$$

$$q^T =$$

	0	1	2	3	4	5	$\frac{\text{МН}}{\text{М}^2}$
0	$4.5 \cdot 10^{-4}$						

График для определения коэффициента динамичности при $H/D > 15$ приведен на рисунке 5.8 [25, рис. 29.23].

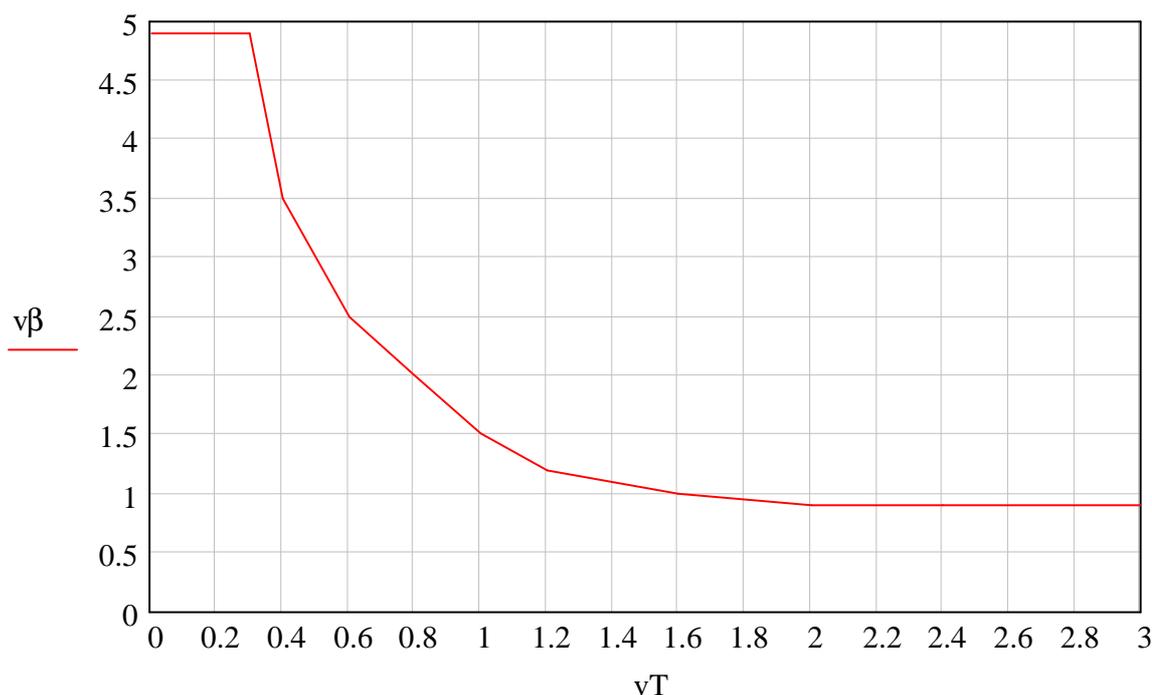


Рисунок 4.7 – Действующая сила от ветровой нагрузки

Коэффициент динамичности при монтаже и для рабочих условий

$$\beta_{\text{МОНТ}} := f_{\beta}(T_{\text{раб}}) = f_{\beta}(0,204) = 4,9 \text{ МН}; \quad (4.44)$$

$$\beta_{\text{МОНТ}} := f_{\beta}(T_{\text{раб}}) = f_{\beta}(0,210) = 4,9 \text{ МН}. \quad (4.45)$$

Момент считается сверху колонны, расстояние от верха колонны до центра масс каждого сегмента

$$x := H - h \quad (4.46)$$

Колонну считаем равномерно нагруженной, вес каждого сегмента

$$Q_{\text{раб}_i} := \frac{G_{\text{раб}}}{n}; \quad Q_{\text{МОНТ}_i} := \frac{G_{\text{МОНТ}}}{n}. \quad (4.47)$$

Величина сейсмической силы в середине i -го участка для $H/D > 15$.

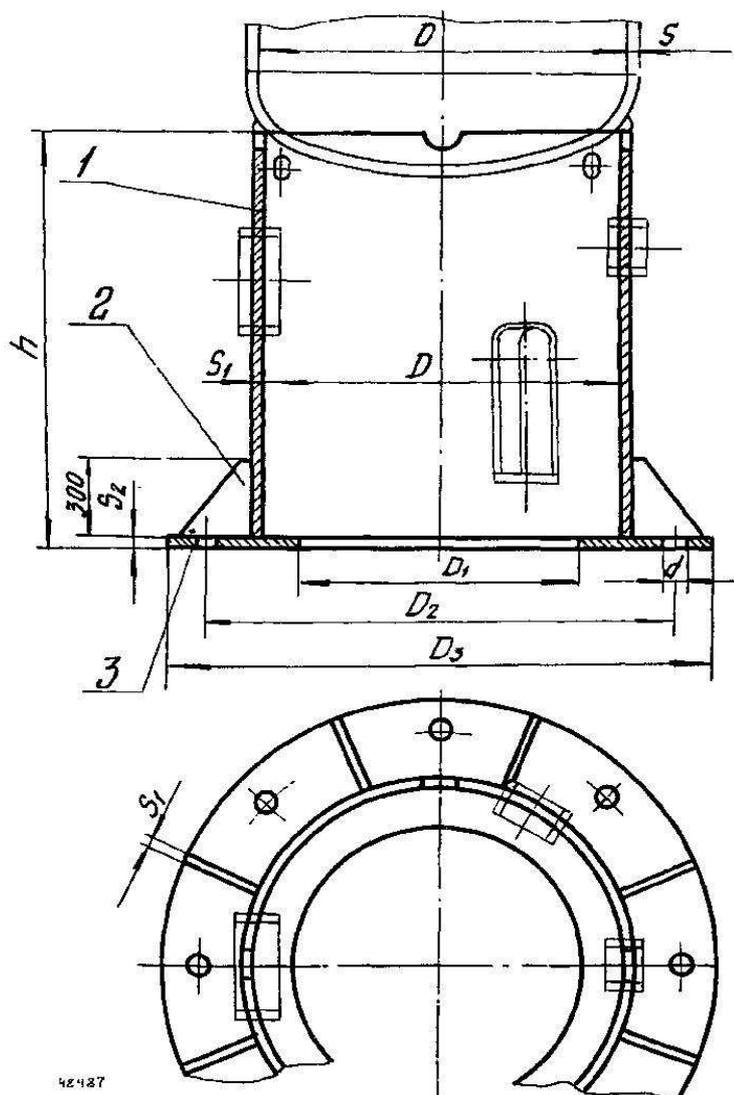
$$\sum_i \left[Q_{\text{раб}_i} \cdot (x_i)^2 \right] = 0.763 \text{ МН} \cdot \text{м}^2; \quad \sum_i \left[Q_{\text{раб}_i} \cdot (x_i)^2 \right] = 0.763 \text{ МН} \cdot \text{м}^2 \quad (4.48)$$

$$\sum_i \left[Q_{\text{раб}_i} \cdot (x_i)^4 \right] = 55.097 \text{ МН} \cdot \text{м}^4; \quad \sum_i \left[Q_{\text{МОНТ}_i} \cdot (x_i)^4 \right] = 51.836 \text{ МН} \cdot \text{м}^4 \quad (4.49)$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

4.7 Подбор и расчет опоры

Для проектируемого аппарата выбираем опору тип 1 по ОСТ 26-467-84. Конструкция опоры приведена на рисунке 5.10.



1 – обечайка; 2 – косынка; 3 – кольцо нижнее

Рисунок 4.9 – Опора цилиндрическая с местными косынками

Суммарный изгибающий момент от действия ветровой и сейсмической нагрузки

$$M_{\text{МОНТ}} := M_{\text{В_МОНТ}} + M_{\text{С_МОНТ}} = 0,0955 + 0,0100 = 0,1055 \text{ МН}\cdot\text{м}; \quad (4.52)$$

$$M_{\text{РАБ}} := M_{\text{В_РАБ}} + M_{\text{С_РАБ}} = 0,0956 + 0,0107 = 0,1062 \text{ МН}\cdot\text{м}. \quad (4.53)$$

Максимальный изгибающий момент

$$M_{\text{МАХ}} := \max(M_{\text{МОНТ}}, M_{\text{РАБ}}) = \max(0,1055; 0,1062) = 0,1062 \text{ МН}\cdot\text{м}. \quad (4.54)$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Следовательно, фундамент для аппарата должен быть изготовлен бетона марки 200, для которого допускаемое напряжение [25]

$$\sigma_{\text{дф}} := 14 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение на изгиб для материала опоры

$$\sigma_{\text{ид}} := 450 \text{ МПа.}$$

Номинальная расчетная толщина опорного кольца

$$s_{\text{к}} := 1,73 \cdot l_{\text{нар}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_{\text{ид}}}} = 1,73 \cdot 0,094 \cdot \sqrt{\frac{0,264}{450}} = 18,6 \text{ мм.} \quad (4.63)$$

Опора изготавливается с толщиной кольца $s_{\text{к}} = 20$ мм, следовательно, она удовлетворяет условию прочности. Наибольшее напряжение на опорной поверхности кольца

$$\sigma_{\text{x1}} := \frac{G_{\text{max}}}{F} - \frac{M_{\text{max}}}{W} = \frac{0,0190}{1,991} - \frac{0,1062}{0,417} = -2,650 \text{ МПа;} \quad (4.64)$$

$$\sigma_{\text{x2}} := \frac{G_{\text{min}}}{F} - \frac{M_{\text{min}}}{W} = \frac{0,0179}{1,991} - \frac{0,1055}{0,417} = -2,636 \text{ МПа.} \quad (4.65)$$

Поскольку расчетные значения меньше 0, то аппарат является неустойчивым, необходима установка фундаментных болтов. Расчетное напряжение для болтов

$$\sigma_{\text{б}} := \max(|\sigma_{\text{x1}}|, |\sigma_{\text{x2}}|) = \max(|-2,650|; |-2,636|) = 2,650 \text{ МПа.} \quad (4.66)$$

Общая условная расчетная нагрузка на фундаментные болты

$$P_{\text{б}} := \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot \sigma_{\text{б}} = \frac{3,14}{4} (0,800^2 - 0,550^2) \cdot 2,650 = 0,702 \text{ МН.} \quad (4.67)$$

Количество болтов определяется конструктивно

$$z_{\text{б}} = 6.$$

Нагрузка на один болт

$$P_{\text{б1}} := \frac{P_{\text{б}}}{z} = 0,702 / 6 = 0,117 \text{ МН.} \quad (4.68)$$

Допускаемое напряжение для материала болтов

$$[\sigma]_{\text{б}} = 350 \text{ МПа.}$$

Прибавка на коррозию для болтов

Расчет поперечного сечения корпуса в месте присоединения опорной обечайки. Приведенное напряжение от внутреннего давления

$$\sigma_n := \frac{p_p \cdot [D_B + (s - c)]}{2 \cdot \varphi \cdot (s - c)} = \frac{0,300 \cdot [0,600 + (10,00 - 2,30)]}{2 \cdot 1,0 \cdot (10,00 - 2,30)} = 11,8 \text{ МПа.} \quad (4.76)$$

Допускаемое напряжение из условия устойчивости обечайки, работающей под совместным действием внутреннего давления, осевой силы, изгибающего и крутящего момента

$$\sigma_{\max} := 0,87 \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{1,2 - \left(\frac{\sigma_n}{\sigma_d}\right)} = 0,87 \cdot 163,5 \cdot \sqrt{1,2 - \left(\frac{11,8}{163,5}\right)^2} = 155,4 \text{ МПа.} \quad (4.77)$$

Осевой момент сопротивления сечения колонны

$$W_{\text{об}} := \frac{\pi \cdot (D_B + s)^2 \cdot (s - c)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,600 + 10,00)^2 \cdot (10,00 - 2,30)}{4} = 2,250 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (4.78)$$

Напряжение изгиба от внешнего изгибающего момента

$$\sigma_{\text{и}} := \frac{M_{\max}}{W} = \frac{0,1062}{2,250 \cdot 10^{-3}} = 47,209 \text{ МПа.} \quad (4.79)$$

Напряжение кручения в обечайке от внешнего крутящего момента

$$\tau_{\text{к}} := \frac{2M_{\text{к}}}{W}, \quad (4.80)$$

где $M_{\text{к}}$ – крутящий момент, принимаем $M_{\text{к}} = 0$, соответственно $\tau_{\text{к}} = 0$.

Напряжение сжатия в обечайке от внешней осевой силы

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{сж}} &:= \frac{G_{\max}}{\pi \cdot (D_B + s) \cdot (s - c)} = \\ &= \frac{0,0190}{3,14 \cdot (0,600 + 10,00) \cdot (10,00 - 2,30)} = 1,286 \text{ МПа.} \end{aligned} \quad (4.81)$$

Эквивалентное напряжение в самом нагруженном сечении обечайки (куб колонны)

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{э}} &:= \sqrt{(\sigma_{\text{сж}} + 0,8\sigma_{\text{и}})^2 + 3\tau_{\text{к}}^2} = \\ &= \sqrt{(1,286 + 0,8 \cdot 47,209)^2 + 3 \cdot 0,0^2} = 39,053 \text{ МПа.} \end{aligned} \quad (4.82)$$

Условие устойчивости сечения обечайки

Удельная нагрузка и коэффициент, зависящий от материала и конструкции прокладки (для плоской неметаллической прокладки из паронита) [25, табл. 20.28]

$$q := 20 \text{ МПа}; k := 2.5. \quad (4.95)$$

Патрубок изготавливается из трубы

$$d_{\text{п}} = 25 \text{ мм}; s_{\text{п}} = 2,5 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр патрубка

$$d_{\text{нп}} := d_{\text{п}} + 2s_{\text{п}} = 25 + 2 \cdot 3,5 = 32 \text{ мм.} \quad (4.96)$$

Принимаем внутренний диаметр фланца

$$D_{\text{в}} := d_{\text{нп}} + 1 \text{ мм} = 32 + 1 = 33 \text{ мм.} \quad (4.97)$$

Конструктивная прибавка для размещения уплотнительной поверхности для обтюрации типа III при внутреннем диаметре фланца до 50 мм [25, табл. 20.22]

$$a = 4 \text{ мм.}$$

Внутренний диаметр прокладки

$$D_{\text{пв}} := D_{\text{в}} + 2a = 33 + 4 = 41 \text{ мм.} \quad (4.98)$$

Наружный диаметр прокладки

$$D_{\text{нп}} := D_{\text{пв}} + 2b = 41 + 2 \cdot 5 = 51 \text{ мм.} \quad (4.99)$$

Средний диаметр уплотнения

$$D_{\text{н}} := D_{\text{нп}} - b = 51 - 5 = 46 \text{ мм.} \quad (4.100)$$

Расчетная сила осевого сжатия для прокладки типа 1 в обтюрации типа III при давлении менее 10 МПа [25, ф. 20.1]

$$P_{\text{н}} := \pi \cdot D_{\text{н}} \cdot b_{\text{э}} \cdot k \cdot p_{\text{р}} = \\ = 3,14 \cdot 0,046 \cdot 0,005 \cdot 2,5 \cdot 0,300 = 5,419 \cdot 10^{-4} \text{ МН.} \quad (4.101)$$

Расчетная сила от давления среды в круглых фланцевых соединениях

$$P_{\text{с}} := \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{н}}^2 \cdot p_{\text{р}} = \frac{3,14}{2} \cdot 0,046^2 \cdot 0,300 = 4,986 \cdot 10^{-4} \text{ МН.} \quad (4.102)$$

Константа жесткости соединения, из справочных данных при плоской неметаллической прокладке [25, ф. 21.3] $\alpha = 1,45$. Изгибающий момент от действия внешних нагрузок отсутствует

$$M_{\text{и}} = 0 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

$$x_2 := 0.0192 \cdot \frac{D_n}{m} + 9.2 \cdot 10^{-4} = 0,0192 \cdot 0,046 + 9,2 \cdot 10^{-4} = 1,803 \cdot 10^{-3}. \quad (4.109)$$

Проверка условия выбора формулы

$$x_1 < x_2 = 1 .$$

Выбираем диаметр болтов по таблице [25, табл. 21.6]

$$x_2 / x_1 = 1,803 \cdot 10^{-3} / 6,021 \cdot 10^{-5} = 29.9 > 8,3;$$

$$d_6 = 10 \text{ мм.}$$

Коэффициент, учитывающий дополнительные напряжения в болтах диаметром менее 24 мм на кручение при затяжке соединения из таблицы [25, табл. 21.6]

$$K = 0,3.$$

Площадь поперечного сечения болта М10×1,5 по таблице [25, табл. 21.1]

$$F_6 = 0,509 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Расчетное количество болтов исходя из затяжки соединения

$$z := \frac{P_6}{K \cdot \sigma_6 \cdot F_6} = \frac{7,226 \cdot 10^{-3}}{0,3 \cdot 120 \cdot 0,509 \cdot 10^{-4}} = 3,9. \quad (4.110)$$

Принимаем число болтов кратное четырем $z = 4$. Диаметр болтовой окружности для круглых наружных фланцев со сквозными болтами

$$a_6 := 15 \text{ мм}; D_6 := D_{\text{нп}} + d_6 + a_6 = 51 + 10 + 15 = 76 \text{ мм.} \quad (4.111)$$

Принимаем $D_6 = 75$ мм. Расчёт других штуцеров выполняется аналогично.

4.11 Расчет тарелки на прочность и жесткость

Тарелки аппарата испытывают вертикальную нагрузку от собственного веса и от веса находящейся на них жидкости.

Определим расчетную толщину тарелки и необходимость установки укрепляющего каркаса.

Выбираем предварительно тарелку облегченной конструкции [25, табл. 24.1]:

- диаметр тарелки $D_T = 580$ мм;
- масса пустой тарелки с колпачками $m_T = 17,5$ кг;
- толщина полотна тарелки $s_T = 2,5$ мм;

Модуль продольной упругости, принимаем для стали

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Цилиндрическая жесткость

$$N := \frac{E \cdot s_T^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,0025^3}{12 \cdot (1 - 0,3^2)} = 1,502 \cdot 10^3 \text{ Нм.} \quad (4.118)$$

Радиус пластины тарелки, для тарелки из одного полотна

$$R := \frac{D_T}{2} = 0,580 / 2 = 0,290 \text{ м.} \quad (4.119)$$

Фактический прогиб в центре тарелки

$$\omega := 4,08 \cdot \frac{p \cdot R^4}{64N} = 4,08 \cdot \frac{870 \cdot 0,290^4}{64 \cdot 1,502 \cdot 10^3} = 0,261 \text{ мм.} \quad (4.120)$$

Максимально допустимый прогиб тарелки

$$D_T / 2000 = 580 / 2000 = 0,290 \text{ мм.} \quad (4.121)$$

Отношение диаметра к прогибу

$$D_T / \omega = 580 / 0,261 = 2221. \quad (4.122)$$

Установка дополнительных ребер не требуется.

4.12 Расчет фланца царги

4.12.1 Определение геометрических размеров

Для соединения элементов корпуса между собой выбираем фланцы, приварные встык (см. рисунок 5.12). Тип обтюрации – «выступ-впадина». Расчет выполнен с использованием программы MathCAD. Далее приводится алгоритм расчета и основные результаты. Программа приведена в приложении Б.

Диаметр болтовой окружности фланцев

$$D_{\text{б}} := D + 2 \cdot (s_0 + d_{\text{б}} + u); D_{\text{б}} = 698 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр болтовой окружности

$$D_{\text{б}} := 700 \text{ мм.}$$

Конструктивная добавка для размещения гаек по периметру

$$a := 40 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр фланца

$$D_{\text{н}} := D_{\text{б}} + a; D_{\text{н}} = 740.00 \text{ мм.}$$

Нормативный параметр, зависящий от типа прокладки, для плоских прокладок и принятого диаметра болтов

$$e := 35 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр прокладки

$$D_{\text{нп}} := D_{\text{б}} - e; D_{\text{нп}} = 665.00 \text{ мм.}$$

Принимаем для зазора обтюрации

$$D_{\text{нп}} := 663 \text{ мм.}$$

Ширина прокладки обтюрации для плоских металлических прокладок

$$b := 13 \text{ мм.}$$

Средний диаметр прокладки

$$D_{\text{сп}} := D_{\text{нп}} - b; D_{\text{сп}} = 650.00 \text{ мм.}$$

Рекомендуемый шаг расположения болтов

$$t_{\text{ш}} := 75 \text{ мм.}$$

Минимальное количество болтов, необходимое для обеспечения герметичности соединения

$$n_{\text{б}} := \frac{\pi \cdot D_{\text{б}}}{t_{\text{ш}}}; n_{\text{б}} = 29.32 \text{ .}$$

Принимаем число болтов, кратное четырём $n_{\text{б}} = 32$. Коэффициенты для определения ориентировочной высоты фланца

$$\lambda_{\text{ф}} := 0.47; \beta_1 := 1.51;$$

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата		79

Определение угловой податливости фланца. Коэффициенты отношения диаметра аппарата и наружного диаметра фланца

$$\psi_1 := 1.28 \cdot \log\left(\frac{D_H}{D}\right); \psi_1 = 0.12 ;$$

$$\psi_2 := \frac{D_H + D}{D_H - D}; \psi_2 = 9.57 ;$$

$$\lambda_{\phi 2} := \frac{h_{\phi}}{\sqrt{D \cdot s_{\text{ЭК}}}}; \lambda_{\phi 2} = 0.48 ;$$

$$v := \frac{1}{1 + 0.9 \cdot \lambda_{\phi 2} \cdot \left[1 + \psi_1 \cdot \left(\frac{h_{\phi}}{s_{\text{ЭК}}} \right)^2 \right]}; v = 0.52 .$$

Модуль упругости материала фланца

$$E_{\phi} := 2 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Угловая податливость фланца

$$y_{\phi} := \frac{1 + v \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda_{\phi 2}) \cdot \psi_2}{h_{\phi}^3 \cdot E_{\phi}}; y_{\phi} = 4.46 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{мм}}.$$

Определение линейной податливости болтов. Расчетная длина болтов

$$l_{\phi 0} := 2 \cdot (h_{\phi} + h_{\text{П}}); l_{\phi 0} = 92.40 \text{ мм.}$$

Принятая длина болтов $l_{\phi 0} = 100$ мм. Расчетная длина болтов с учетом длины свинчивания

$$l_{\phi} := l_{\phi 0} + 0.28 \cdot d_{\phi}; l_{\phi} = 106.16 \text{ мм.}$$

Принятая длина болтов с учетом длины свинчивания

$$l_{\phi} := 110 \text{ мм.}$$

Модуль упругости материала болтов

$$E_{\phi} := 1.91 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Площадь поперечного сечения болтов

$$f_{\phi} := \pi \frac{d_{\phi}^2}{4}; f_{\phi} = 380.13 \text{ мм}^2.$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Расчетное напряжение материала болтов при рабочей температуре

$$\sigma_{\delta} := \frac{F_{\delta 2}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}}; \sigma_{\delta} = 62.98 \text{ МПа.}$$

Расчетное напряжение материала болтов при монтаже

$$\sigma_{\delta 20} := \frac{F_{\delta 1}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}}; \sigma_{\delta 20} = 56.45 \text{ МПа.}$$

Проверка условия прочности болтов при рабочих условиях

$$\frac{\sigma_{\delta}}{\sigma D_{\delta}} = 44.35 \% - \text{выполняется;}$$

$$\frac{\sigma_{\delta 20}}{\sigma D_{\delta 20}} = 38.40 \% - \text{выполняется.}$$

4.12.5 Условие герметичности.

Приведенный изгибающий момент (максимальный из двух)

$$M_0 := \left[\begin{array}{c} 0.05 \cdot (D_{\delta} - D_{\text{сп}}) \cdot F_{\delta 1} \\ 0.05 \cdot [(D_{\delta} - D_{\text{сп}}) \cdot F_{\delta 2} + (D_{\text{сп}} - D - s_{\text{эк}}) \cdot F_{\text{д}}] \cdot \frac{\sigma D_{20}}{\sigma D} \end{array} \right];$$

$$M_0 = \left(\begin{array}{c} 1.72 \\ 2.38 \end{array} \right) \text{ МН} \cdot \text{мм}; M_0 = 2.38 \text{ МН} \cdot \text{мм.}$$

Кольцевые напряжения фланца

$$\sigma_{\text{к}} := M_0 \cdot \left[1 - \nu \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda_{\text{ф}2}) \right] \cdot \frac{\psi_2}{D \cdot h_{\text{ф}}^2}; \sigma_{\text{к}} = 4.80 \text{ МПа.}$$

Угловое перемещение фланца

$$\theta := \frac{\sigma_{\text{к}} \cdot D}{E_{\text{ф}} \cdot h_{\text{ф}}}; \theta = 3.20 \times 10^{-4} .$$

Допускаемое угловое перемещение $\theta_0 = 0,013$. Проверка условия герметичности

$$\frac{\theta}{\theta_0} = 2.46 \% . - \text{выполняется.}$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

тельность установки, обеспечить четкость ректификации и выработку продукции требуемого качества.

Задачами является расчет производственной программы, расчет капитальных вложений, расчёт показателей по труду и заработной плате, расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования и общепроизводственных расходов, расчет себестоимости продукции, обоснование экономической эффективности проектного решения.

Требуемые производственные мощности для непрерывного производства рассчитываются следующим образом:

$$M = P_{\text{час}} T_{\text{эфф}} n \quad (5.1)$$

где $P_{\text{час}}$ – часовая производительность ведущего оборудования;

$T_{\text{эфф}}$ – эффективное время оборудования;

n – количество однотипного оборудования;

Производственная мощность объекта до усовершенствования:

$$M_1 = 6,5 \cdot 8000 \cdot 1 = 52000 \text{ т/год.}$$

Производственную мощность объекта (цеха) после усовершенствования рассчитываем по формуле:

$$M_2 = 10 \cdot 8000 \cdot 1 = 80000 \text{ т/год.}$$

Использование проектной мощности характеризуется выпуском продукции. Уровень этого использования определяется с учетом конкретных условий производства, ресурсов и потребностей.

При этом стремятся к возможно более полному использованию мощностей оборудования.

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{н}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}}, \quad (5.2)$$

где $T_{\text{н}}$ – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период (для расчета $T_{\text{ППР}}$ необходимо построить график ППР с указанием времени работы между ремонтами и временем простоя в ремонте);

$T_{\text{ТО}}$ – время технологических остановок.

График ППР построен в таблице 5.1.

маркетинговых исследований рынка с производственными возможностями предприятия.

Производственная программа предприятия планируется на три года 2017, 2018 и 2019. Базовым годом взят 2017 год. Показатели 2018, 2019 годы рассчитаны с учетом индекса инфляции 5%.

Таблица 5.3 – Производственная программа выпуска продукции

Наименование показателя	Величина показателя по годам		
	2017	2018	2019
1. Этапы загрузки мощности, %	80%	90%	100%
2. Объем производства, тонн/год	64000	72000	80000
3. Цена за единицу продукции, руб./т.	1750	1750	1750
4. Объем продаж, тыс. руб.	112000	126000	140000

Определим сумму инвестиций для осуществления инновационного проекта. Итоговые данные обобщим в форме таблицы 5.4.

Таблица 5.4 – Объекты и направления инвестиций

Наименование объекта	Кол-во	Цена за единицу	Общая стоимость	Подробно
1. Строительство (аренда) производственных помещений, м ²	-	-	-	Новые помещения не строятся
2. Приобретение оборудования и других основных фондов, тыс. руб.	1	1870	1870	табл. 5.9
3. Расходы на монтаж и наладку оборудования, тыс. руб.	1	437	437	табл. 5.10
4. Расходы на оборотные средства	-	-	8415,2	табл. 5.11
5. Организационные расходы		130,9	130,9	7% от стр.2
6. Затраты на проектирование	1	700	700	-
Всего инвестиций	-	-	11553,1	-

Для осуществления проекта необходимая сумма привлеченных средств может быть получена в банке под определенные % годовых. Необходимо привести условия возврата заемных средств.

Таблица 5.6 – Потребность в оборотных средствах

Годы	Наименование оборотных средств	Объем выпуска продукции в год, нат.ед.	Норма расхода на 1 продукции, нат.ед.	Цена за единицу сырья, материалов, топлива, энергии, руб.	Кол-во оборотных средств на весь годовой выпуск, п.	Затраты на оборотные средства, руб.
2017 год						
1	Жидкое топливо для огневого нагрева	64000	200	4500	1752	7884
2	Стоимость переработанного сырья	64000	20	190	1280	243,2
3	Газообразный азот в баллонах	64000	12	1000	288	288
Итого		-	-	-	-	8415,2
2018 год						
1	Жидкое топливо для огневого нагрева	72000	200	4500	1752	7884
2	Стоимость переработанного сырья	72000	20	190	1440	273,6
3	Газообразный азот в баллонах	72000	12	1000	288	288
Итого		-	-	-	-	8445,6
2019 год						
1	Жидкое топливо для огневого нагрева	80000	200	4500	1752	7884

Условно-переменные затраты	тыс. руб.	тыс. руб.	-	-	0,173	13831,8	
Условно-постоянные затраты	тыс. руб.	тыс. руб.	-	-	1,080	86419,2	

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала проводится на основании следующих данных (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Порядок расчета годового фонда заработной платы цехового персонала

Этапы расчета	Содержание расчетов	Подробно
1. Расчет численности персонала: основных рабочих; вспомогательных рабочих; ИТР; служащих; МОП	Явочная и списочная численность	табл. 5.14
2. Баланс эффективного годового времени одного среднесписочного работника	Таблица расчета $T_{\text{эфф}}$ в днях и часах	табл. 5.15
3. График сменности	Таблица	табл. 5.16
4. Расчет сменооборота и количества выходных дней в году	$T_{\text{СО}}, T_{\text{ВЫХ}}$	табл. 5.15, 5.16
5. Расчет тарифного фонда заработной платы	$Z_{\text{ТАР}} = T_{\text{СТ}} T_{\text{эфф}}$, где $T_{\text{СТ}}$ - тарифная ставка соответствующего разряда рабочего	
6. Премииальные (ДПРЕМ)	20 – 80 % от $Z_{\text{ТАР}}$	
7. Доплата за работу в ночное время (ДНВ)	40 % от ($T_{\text{СТ}} t_{\text{НВ}}$), где $t_{\text{НВ}}$ – время ночной работы (определяется по графику сменности)	
8. Доплата за работу в праздничные дни (ДПР)	$T_{\text{ПР}} * T_{\text{СТ}} * N_{\text{ЯВ}}$, где $T_{\text{ПР}}$ – количество праздников в году; $N_{\text{ЯВ}}$ – явочная численность рабочих	
9. Доплата из фонда мастера (ДФМ)	3% от $Z_{\text{ТАР}}$	
10. Доплата за бригадирство (ДБР)	Полагается только бригадирам	
11. Основная зарплата (ЗОСН)	$Z_{\text{ТАР}} + D_{\text{ПРЕМ}} + D_{\text{НВ}} + D_{\text{ПР}} + D_{\text{ФМ}} + D_{\text{БР}}$	

Для дневного персонала установлена 5-тидневная рабочая неделя по 8 часов. Эффективное время работы персонала определяется из баланса рабочего времени (таблица 5.10).

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов согласно штатному расписанию, принимая число рабочих месяцев в году 11 (для ИТР) и 11,3 (для служащих и МОП).

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из графика сменности (пример графика сменности - в таблице 5.11).

Таблица 5.10 – Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника для сменного персонала

Фонд времени		Дни	Часы
Календарный фонд времени		365	8760
Нерабочие дни:			
- выходные		105	2520
- праздничные		14	336
Номинальный фонд времени		246	5904
Невыходы на работу:			
- очередной отпуск		28	672
- по болезни		5	120
- ученический отпуск		2	48
- выполнение гос. обязанностей		3	72
- прочие невыходы		1	24
Итого невыходов		39	936
Эффективный фонд рабочего времени, дн.		207	1656
Месяцев		10.7	

Таблица 5.11 – График сменности

Номер смены	Часы работы	Дни месяца															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0-8	A	A	A	D	C	C	C	D	B	B	B	D	A	A	A	D

гической уст.										
Технолог	1	38000	34833	383 166,7	191583					574 750,0
Начальник товарно-сырьевой базы	1	38000	34833	383 166,7	191583					574 750,0
Начальник лаб.	1	3000	2750	30 250,0	15125					45 375,0
Главный энергет.	1	38000	34833	383 166,7	191583					574 750,0
Главный метролог	1	35000	32083	352 916,7	176458					529 375,0
Начальник участка ЖД путей	1	30000	27500	302 500,0	151250					453 750,0
Начальник смены	5	37000	33917	373 083,3	186542	41974,9	15441,7			559 625,0
Служащие										
Бухгалтер	4	28000	26367	297943	148972					446915
Младший обслуживающий персонал										
Охранник	15	19000	17892	202176	101088	22142,55	62037,52			387443,82
Итого										11715227,8

Таблица 5.13 – Расчет основного и дополнительного фонда оплаты труда, руб.

Профессия, специальность	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Итого фонд заработной платы	Заработная плата с учетом районного коэффициента 1,3 для Омска	Начисления на зарплату 30%
Основные рабочие					
Оператор технологической установки	662587,5	124835,3	787422,8	1023650	307094,9
Слесарь технологической установки	891826,2	168025,2	1059851,4	1377807	413342
Слесарь по ремонту	401568,2	75657,8	477226,0	620393,8	186118,1
Лаборант химического анализа	461803,4	87006,4	548809,9	713452,8	214035,8
Лаборант химического анализа	401568,2	75657,8	477226,0	620393,8	186118,1
Вспомогательные рабочие					
Дежурный электрик	453640,5	85468,5	539109,0	700841,7	210252,5
ИТР					
Генеральный директор	756250,0	142481,9	898731,9	1168351	350505,4
Главный бухгалтер	605000,0	113985,5	718985,5	934681,2	280404,3
Технический директор	605000,0	113985,5	718985,5	934681,2	280404,3
Заместитель генерального директора по общим вопросам	529375,0	99737,3	629112,3	817846	245353,8
Заместитель генерального директора по безопасности	574750,0	108286,2	683036,2	887947,1	266384,1
Начальник отдела кадров	423500,0	79789,9	503289,9	654276,8	196283
Главный специалист по ОТ и ПБ	378125,0	71240,9	449365,9	584175,7	175252,7
Механик технологической установки	423500,0	79789,9	503289,9	654276,8	196283
Технолог	574750,0	108286,2	683036,2	887947,1	266384,1
Начальник товарно-сырьевой базы	574750,0	108286,2	683036,2	887947,1	266384,1
Начальник лаборатории	45375,0	8548,9	53923,9	70101,09	21030,33

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Начальник лаборатории	1	84,1	84,1	25,2	88,3	26,5	92,7	27,8
Главный энергетик	1	1065,5	1065,5	319,7	1118,8	335,6	1174,8	352,4
Главный метролог	1	981,4	981,4	294,4	1030,5	309,1	1082,0	324,6
Начальник участка железнодорожных путей	1	841,2	841,2	252,4	883,3	265,0	927,4	278,2
Начальник смены	5	1037,5	5187,5	1556,2	5446,9	1634,1	5719,2	1715,8
Итого		14104,3	19039,5	5711,8	19991,4	5997,4	20991,0	6297,3
Служащие		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Бухгалтер	4	828,5	3314,2	994,2	3479,9	1044,0	3653,9	1096,2
Итого		828,5	3314,2	994,2	3479,9	1044,0	3653,9	1096,2
Младший обслуживающий персонал		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Охранник	15	5,0	74,8	22,4	78,6	23,6	82,5	24,7
Итого специалисты, служащие, МОП		14937,9	22428,4	6728,5	23549,9	7065,0	24727,4	7418,2

Сумма амортизационных отчислений (АО) определяется по формуле:

$$AO = C_{\text{оф}} N / 100\%, \quad (5.3)$$

где $C_{\text{оф}}$ – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

N – норма амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов, % к их балансовой стоимости.

Результаты расчетов необходимо свести в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Расчет амортизационных отчислений и остаточной стоимости основных фондов

№№ п/п	Наименование основных фондов	Норма амортизации, %	$C_{\text{оф}}$, тыс.руб	АО за 5 лет, тыс.руб	Остаточная стоимость	Стоимость ОФ после модернизации
1	Здания	1,02	47692738	2432330	45260408	45260408
2	Сооружения	1,47	29105032	2139220	26965812	26965812
3	Передаточные устройства	6	974546	292364	682182	682182
4	Машины и оборудование	9	3248487	1461819	1786668	3656668
5	Измерительные регулирующие приборы	16	324849	259879	64970	64970
6	Транспортные средства	5	162424	40606	121818	121818
7	Прочие основные фонды	20	162424	162424	0	0
8	Итого	-	81670500	6788642	74881858	76751858

5.3 Финансовый план

В этом разделе обобщаются все предыдущие материалы и представляются в стоимостном выражении. Цель этого плана – определение эффективности предлагаемого проекта на основе оценки текущей финансовой информации.

		1-ый год	2-ой год	3-ий год
1. Налоги, относящиеся на финансовые результаты:				
1.1 на имущество	2% от остаточной стоимости имущ.	1497,7	1572,6	1651,2
1.2 на уборку территории	1,5% от ФОТ	48,2	50,6	53,1
1.3 на нужды образования	1% от ФОТ	32,1	33,7	35,4
1.4 целевой сбор	(3% от МОТ* численность)*4	217,1	228,0	239,4
2. Налог на прибыль	20% от налогооблагаемой прибыли	1990,8	3770,3	5498,8

5.4 Анализ безубыточности

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. Это означает, что выручка от реализации продукции (В) должна быть равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$Q \cdot C_i = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер}} \cdot Q, \quad (5.4)$$

где $Z_{\text{пост}}$ – постоянные затраты на весь выпуск продукции, руб.;

$Z_{\text{пер}}$ – переменные затраты на единицу продукции, руб./т;

C_i – цена единицы продукции, руб./т.

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{тб}} = \frac{Z_{\text{пост}}}{C_i - Z_{\text{пер}}} - T = \frac{95277,2}{1,750 - 15249,5/80000} = 61100 \text{ т.}$$

Выручка при безубыточном объеме производства составит

$$B = 61100 \cdot 1,750 = 106924 \text{ тыс. руб.}$$

Графически точка безубыточности определяется согласно рисунку 6.1.

тыс. руб. Следовательно, усовершенствование оборудования экономически выгодно.

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		101

6.1.2 Недостаточное освещение рабочей зоны

Через зрительный анализатор к нам поступает большая часть информации. Следовательно, рационально устроенное производственное освещение на прямую связаны с производительностью труда и сохранением работоспособности. Недостаточная освещенность приводит к утомлению зрения, может создать опасную ситуацию, привести к травмам. Слишком большая яркость источников света (блескость) приводит к временному нарушению зрительной функции.

Согласно [45, 1.5] гигиеническая оценка освещения общественных зданий проведена для установления соответствия настоящим санитарным правилам.

В помещении ЦПУ и в производственных помещениях используются люминесцентные лампы. Освещенность и коэффициент пульсации поддерживаются согласно санитарным правилам и нормам.

6.1.3 Пожарная опасность

Пожаробезопасность при эксплуатации установки отбензинивания нефти обеспечивается согласно федеральному закону [49].

Площадка, на которой установлено оборудования переработки нефти, снабжена системой специализированного пожаротушения с учётом специфики горючих веществ (нефть, продукты переработки). Приборы КИПиА и электрооборудование используется во взрывобезопасном исполнении. При ведении технологического процесса используются противоаварийные блокировки и сигнализации.

В операторской и в производственных помещениях установлены переносные и передвижные огнетушители типа ОВП и ОП. Поставка и испытание производится согласно нормам [50]. Производственные помещения оборудованы запасом асбестового полотна и контейнерами с песком. Также в помещении ЦПУ хранятся противогазы ИП-4МР. При возникновении аварийной ситуации оператор немедленно оповещает местную пожарную часть и начальника смены цеха.

Оператор ректификационной колонны для отбензинивания нефти в установке атмосферной переработки попадает во вторую квалификационную группу. Вторая квалификационная группа присваивается квалификационной комиссией не электротехническому персоналу, обслуживающему установки и оборудование с электроприводом, электросварщики (без права подключения), термисты установок ТВЧ, машинисты грузоподъемных машин, передвижные машины и механизмы с электроприводом, работающим с ручными электрическими машинами и другими переносными электроприемниками и т. д.

6.1.5 Воздействие нефтепродуктов

При попадании нефти на тело человека возможно свертывание белков, возникает так называемый сухой некроз тканей. Кроме того, под воздействием водорода расщепляется гемоглобин, что придает участкам воздействия сероватокоричневый или желтовато-коричневый цвет. В местах длительного воздействия ткани уплотняются, а по периферии уплотнений наблюдаются воспалительные явления. Тяжесть отравления зависит от дозы, концентрации и многих других факторов.

Наиболее опасным соединением являются пары бензиновой фракции, так как они вследствие своей медленной растворимости во влаге, покрывающей слизистые оболочки дыхательных путей, имеет значительный скрытый период между моментами поступления ядовитых газов в организм и началом развития болезненных явлений, преимущественно в глубоких отделах органов дыхания.

После вдыхания паров у пострадавшего во многих случаях возникает кашель, отдышка, загрудинные боли; эти первичные явления часто проходят при выходе пострадавшего из загазованного помещения на свежий воздух, а затем через час или несколько часов снова нарастает отдышка, появляются кашель, боли в груди, всё более усиливающееся затруднение дыхания.

Систематическое воздействие превышающих предельно допустимые концентрации, но ещё не способных острое отравление концентраций ведёт к развитию тяжёлых хронических заболеваний дыхательных путей – хронических бронхитов,

При $K \geq 2$ ориентировочное избыточное давление ΔP_{ϕ} , кПа ударной волны определяется по формуле:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{22}{K \cdot \sqrt{\lg K + 0,158}}; \quad (6.2)$$

$$\Delta P_{\phi} = \frac{22}{2,69 \cdot \sqrt{\lg 2,69 + 0,158}} = 10,7 \text{ кПа.}$$

Для разрушения деревянного строения достаточно 10...20 кПа, кирпичных зданий 25...30 кПа, для железобетонных конструкций стен цеха 100...150 кПа. Таким образом, оценив степень разрушения, необходимо позаботиться о безопасности эксплуатации промышленного объекта.

Рассчитаем предохранительную мембрану для аварийного снижения давления в аппарате. Широко используются разрывные мембраны, изготавливаемые из тонколистового проката. Конструктивное оформление зажима мембраны может быть различным шип – паз, конический или линзовый зажим (рисунок 6.1).

При нагружении рабочим давлением мембрана испытывает большие пластические деформации и приобретает ярко выраженный купол, по форме очень близкий к сферическому сегменту. Чаще всего куполообразную форму мембране придают заранее при изготовлении, подвергая ее нагружению давлением, составляющим около 90 % разрывного. При этом фактически исчерпывается почти весь запас пластических деформаций материала, поэтому еще больше увеличивается быстродействие мембраны.

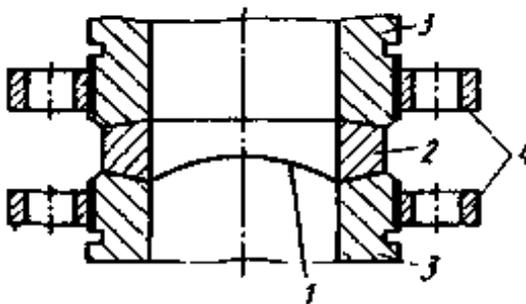


Рисунок 6.1 – Линзовый зажим разрывной мембраны:

1 – мембрана, 2 – коническая шайба, 3 – торцы сбросной магистрали, 4 – соединительные фланцы.

Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

6.2 Экологическая безопасность

В результате производственной деятельности установки атмосферной переработки нефти образуются вредные химические вещества, в основном, продукты переработки, находящиеся в жидком и газообразном состоянии.

Охрана окружающей среды включает в себя комплекс технических средств и организационно-технических мероприятий, обеспечивающих тщательную очистку загрязняющих веществ перед выбросом в атмосферу и сбросом в открытую гидрографическую сеть в пределах установленных норм. Используется специализированный цех биохимической очистки.

Общая структура мероприятий по предотвращению выбросов в окружающую среду на опасных предприятиях представлена на рисунке 6.2. Благодаря такому сочетанию представленных на схеме мер достигается снижение отрицательного воздействия вредных веществ на окружающую среду.



Рисунок 6.2 – Схема мероприятий по снижению выбросов вредных веществ

Эффективность собственно технологических мероприятий по снижению выбросов в окружающую среду определяется экологической чистотой процессов. Экологически чистым процессом является такое производство или совокупность производств, в результате практической деятельности которых негативное воздействие на окружающую среду не происходит или сводится к минимуму. Такие малоотходные технологические системы обеспечивают максимальное и комплексное использование сырья и энергии.

большой емкости, что дает значительную экономию капитальных затрат на их сооружение, а также дополнительно сокращаются потери продукта при малых «дыханиях»;

- обеспечение стабилизации вырабатываемых на заводах бензиновых компонентов и других легких фракций, направляемых для хранения в резервуары. Причинами неудовлетворительной работы системы стабилизации бензиновых компонентов могут быть: низкое давление в стабилизаторах и недостаточное число фракционирующих тарелок, малый диаметр аппарата, низкая температура нагрева продукта, нарушения технологического режима работы и т.п.;

- оборудование действующих резервуарных парков специальными системами улавливания испаряющихся из резервуаров паров нефтепродуктов: адсорбцией паров на активированных углях с циклической вакуумной регенерацией последних и поглощением десорбированных паров потоком бензина; абсорбцией паров бензином при пониженных температурах; сжиганием выделяющихся паров.

Новые технологические установки с малыми удельными потерями, системой утилизации факельного газа, например, установки для выпуска высокооктанового бензина и очистки дизельных топлив от серы, а также ввод в действие нового производства полипропилена позволили сократить выбросы вредных веществ в атмосферу в 10 раз. С химическими методами переработки углеводородного сырья, особенно каталитическими, помимо вышеуказанных загрязнителей атмосферы, связан выброс твердых пылеобразующих веществ.

Уровень выбросов вредных веществ в окружающую среду в значительной степени зависит от параметров технологических установок. Так, например, при переработке дистиллятного сырья на установке каталитического крекинга эффективность работы катализатора зависит от кратности его циркуляции.

6.2.2 Мониторинг воздушного бассейна

Необходимость и значимость мониторинга воздушного бассейна предприятий по переработке углеводородных систем связаны с насыщенностью источниками выделения и опасностью выбрасываемых в атмосферу вредных веществ.

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		111

- отбор проб, проведение анализа на стационарных постах и передача полученной информации в автоматическом режиме в центр сбора и обработки информации (автоматизированные системы мониторинга).

Использование методов дистанционного мониторинга оказывается чрезвычайно дорогим. Основными недостатками лабораторной сети наблюдений за состоянием загрязнения окружающей среды является ее неоперативность и периодичность. Запаздывание получения результата от момента отбора проб составляет в среднем 5–6 ч. При такой системе отсутствует постоянная достоверная информация о состоянии атмосферы промышленной и санитарно-защитной зон и нет возможности в полной мере реализовывать цели и задачи, предъявляемые к мониторингу окружающей среды.

Решением данной проблемы является создание автоматизированных систем мониторинга окружающей среды (СМОС), которые позволяют увязать все наблюдения за состоянием загрязнения атмосферы, водного бассейна, почвы и станут необходимым звеном системы экологического менеджмента (СЭМ).

Внедрение СМОС в качестве подсистемы в интегрированную информационную управляющую систему (ИИУС) предприятия обеспечит в перспективе объединение с информационной системой городского или регионального уровня. СМОС заводов по переработке УВС станут элементами отраслевых подсистем ЕГСЭМ.

Одним из наиболее важных элементов систем мониторинга окружающей среды будет система управления базами данных, работающая в режиме реального времени.

Наибольшую опасность для окружающей среды представляют выбросы нефтяных углеводородов и разливы нефти. Особенно остро загрязнение окружающей среды сказывается на малых народах в местах нефтедобычи и нефтепереработки.

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- эффективное, устойчивое, научно обоснованное, социально и экономически сбалансированное развитие комбината с обеспечением охраны труда работников в соответствии с требованиями законодательных и иных нормативных правовых актов;
- реализация федеральных и отраслевых целевых программ улучшения условий и охраны труда;
- постоянное улучшение условий и охраны труда работников, за счет совершенствования технологических процессов, технического оснащения, повышения уровня квалификации работников;
- материально-техническое обеспечение мероприятий по охране труда;
- профилактика несчастных случаев и нанесения вреда здоровью работников;
- расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с действующими законами, правилами, с объективным определением причин и установлением виновных в происшедших несчастных случаях;
- защита законных интересов работников, пострадавших при несчастных случаях на производстве;
- обеспечение работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателя;
- реализация установленных государственным законодательством компенсаций за тяжелую работу и работу с вредными и опасными условиями труда;
- принятие решений по вопросам охраны труда по согласованию с профсоюзными органами работников;
- обучение и повышение квалификации работников по охране труда;

6.3.3 Мероприятия работодателя для решения поставленных целей и задач

Для решения поставленных целей и задач работодатель обеспечивает:

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата		115

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте была спроектирована ректификационная колонна для отбензинивания нефти. В ходе курсового проекта были проведены технологический расчет и расчет вспомогательного оборудования. В ходе расчетов были определены размеры некоторых элементов аппарата.

Рассчитанная ректификационная колонна удовлетворяет техническому заданию и может быть использована в производстве.

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		117

14. ГОСТ Р 52857.2-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.

15. ГОСТ Р 52857.3-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.

16. ГОСТ Р 52857.4-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.

17. ГОСТ Р 52857.5-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.

18. ГОСТ Р 52857.9-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение напряжений в местах пересечений штуцеров с обечайками и днищами при воздействии давления и внешних нагрузок на штуцер.

19. ГОСТ Р 52630-2006. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.

ГОСТ Р 53684-2009. Аппараты колонные. Технические требования.

20. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973.

21. Каталог «Колонные аппараты». Изд. 2-е, исправленное и дополненное. УкрНИИХИММАШ, 29 с.

22. Кафаров В.В. Основы массопередачи. Системы газ - жидкость, пар - жидкость, жидкость - жидкость : учебное пособие для хим.-технол. вузов / В. В. Кафаров. — Москва: Высшая школа, 1962. — 655 с.:

23. Кузнецов А.А. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности : учебное пособие / А. А. Кузнецов, С. М. Кагерманов, Е. Н. Судаков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Ленинград: Химия, 1974. — 344 с.

24. Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен Н. Г., Общая химическая технология, изд. 2-е, перераб. и доп., М.: «Высшая школа», 1990. – 522 с.

38. Технологические расчеты установок переработки нефти: Учебное пособие для вузов / А.М. Танатаров, М.Н. Ахметшина, Р.А. Фасхутдинов и др. М.: Химия, 1987. 352 с.

39. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа : учебное пособие / С. А. Ахметов [и др.]. — СПб.: Недра, 2006. — 868 с.

40. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа : учебное пособие / С. А. Ахметов [и др.]; под ред. С. А. Ахметова. — Москва: Химия, 2005. — 736 с.

41. Тимонин А.С. основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002. Т.1, 852 с., т.2, 1028 с., т.3, 968 с.

42. Эмирджанов Р.Т. Основы технологических расчетов в нефтепереработке – Ленинград: Химия, 1965. 353 с.

43. Эмирджанов, Рауф Таирович. Основы технологических расчетов в нефтепереработке и нефтехимии: учебное пособие для ВУЗов / Р. Т. Эмирджанов, Р. А. Лемберанский. — Москва: Химия, 1989. — 192 с.: ил.

44. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

45. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

46. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2014 - 2016 годы

47. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.2523-09.

48. Технический регламент ТР «О безопасности средств индивидуальной защиты» от 24 декабря 2009г. №1213.

49. Технический регламент ТР «О требованиях пожарной безопасности» №123-ФЗ от 22 июля 2008г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. РАСЧЕТ В MATHCAD НА ВЕТРОВУЮ НАГРУЗКУ

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		123

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б. РАСЧЕТ В МАТНСАД ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ
ЦАРГИ**

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		135