Введение

Дизельные топлива относятся к углеводородным системам, оказывающим масштабное загрязняющее действие на окружающую среду. Повышение экологического качества дизельного топлива актуально уже потому, что по существующим прогнозам потребность в этом виде топлива будет расти быстрыми темпами и к 2009 г. мировой объем производства увеличится до 30% от объема перерабатываемой нефти.

Наиболее опасными компонентами дизельного топлива являются сернистые соединения, которые сгорают в двигателях в основном до диоксида серы. Сернистый ангидрид вызывает коррозию металлов, разрушение дорог, кислотные дожди. С продуктами сгорания также выбрасываются твердые частицы, основная масса которых приходится на сажу. Экологическая опасность дизельной сажи увеличивается за счет адсорбции на ее поверхности полициклических ароматических углеводородов.

Целью данного дипломного проекта является восстановление двухпоточной схемы стабилизации очищенного дизельного топлива, как предусмотрено первоначальным проектом установки гидроочистки Л-24-6 [2]. В настоящее время схема стабилизации гидоочищенного дизельного топлива однопоточная, которая была выполнена во время реконструкции установки Л-24-6 на очистку четвертого масляного погона в 1982-1984 г. Ввиду неэкономичности процесса гидроочистки четвертого масляного погона на установке Л-24-6 в 1986 г. от данного процесса отказались и установка снова была переведена на очистку дизельного топлива, однако схема стабилизации при этом не была восстановлена по первоначальному проекту и осталась однопоточной. При этом производительность установки снизилась до 1700 т/сут. по сырью против 2800 т/сут. по первоначальному проекту [2].

В связи с постепенным внедрением в Российской Федерации стандартов на высокоочищенное дизельное топливо, соответствующее стандартам Евро-2, Евро-3, что дает значительный экологический эффект вследствие снижения содержания вредных веществ в выхлопных газах дизельных двигателей, возникает большая потребность в мощностях по гидроочистке дизтоплива.

Для повышения экономичности процесса гидроочистки и улучшения качества дизельного топлива восстанавливается двухпоточная схема блока стабилизации дизельного топлива, как предусматривалось первоначальным проектом установки Л-24-6 с доведением производительности до проектной.

Ввиду увеличения расчетной мощности установки по данному проекту (3600 т/сут по сырью против 2800 т/сут по первоначальному проекту Л-24-6 или примерно на 29%) оборудование и схема блока стабилизации нуждаются в значительной доработке.

Необходимо заменить верхние части колонн стабилизации К-2,3 с Ду=1200 мм на Ду=1400 мм, заменить желобчатые тарелки на клапанные, выполнить замену сепараторов С-9,10 на один (больших размеров), смонтировать новые теплообменники Т-23,24,25, смонтировать новые конденсаторы – холодильники ХК-1,2.

1. Технологическая часть

1.1Характеристика исходного сырья и готовой продукции

Номинальная мощность блока стабилизации дизельного топлива составляет 3600 тыс.т/год по сырью и определяется балансовым количеством сырья на предприятии и необходимостью получения товарного дизельного топлива.

В качестве сырья используется неочищенное дизельное топливо, поступающая с установок АВТ и комплекса КТ-1/1.

Характеристика исходного сырья и готовой продукции приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1

1	2	3	4	5	6
№	Наименование сырья материалов, реагентов, катализаторов, полуфабрикатов, изготовляемой продукции	Номер государственного или отраслевого стандарта технических условий стандарта предприятия	Показатели качества, обязательные для проверки	Норма по ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ (заполняется при необходимости)	Область применения изготавливаемой продукции
СЫРЬЕ					
1.	Фракция дизельная летняя прямогонная (АВТ)	СТП 401105-97 изм №1	1.Фракционный состав: а) 50% перегоняется при температуре, ^{0} С, не выше б) до 360 ^{0} С перегоняется, %, не менее 2.Температура помутнения, ^{0} С, не выше 3.Температура вспышки в закрытом тигле , ^{0} С, не ниже	I вариант II вариант 280 305 95 94 минус 3 минус 1 62 62	
			4.Массовая доля серы, %, не более	не нормируется, определение обязательно	

1	2	3	4	5	6
			6.Цвет на приборе ЦНТ, ед.ЦНТ, не более 7.Плотность при 20 ^{0} С, кг/м^3, не более	2,0 2,0 860 860	
2.	Смесь сырья (ДТ+Л. Г.)	Из трубопровода на входе на установку График л.к. График л.к.	1.Плотность при 20^0 С, кг/м^3,не более 2.Фракционный состав: а) 50% перегоняется при температуре, ^{0}С , не выше б) до 360^0 С перегоняется, %, не менее 3.Температура вспышки в закрытом тигле, ^{0}С, не ниже 4.Температура помутнения, ^{0}С, не выше 5.Массовая доля серы,%, не более 6.Содержание воды, механических примесей	860 280 95 62 минус 3 Не нормируется, определение обязательно Не нормируется	
3.	Фракции дизельные установки КТ-1/1	СТП 401220-98 изм. №1-5	1.Фракционный состав: а) 50% перегоняется при температуре, ^{0} С, не выше б) 96% перегоняется при температуре, ^{0} С, не выше в) выкипаемость до 360 ^{0} С, %, не менее 2.Температура помутнения, ^{0} С, не выше 3.Температура вспышки в закрытом тигле, ^{0} С, не ниже	С-001 (в/п) / С-001 (в/б) / С-100 (г/о) - / 275 / - - / 360 / - 94 / - / 96 - / - / минус 1 - / - / 62	
			4. Массовая доля серы, %, не более	Не нормируется, определение обязательно / Не нормируется, определение обязательно / 0,2	

1	2	3	4	5	6
4.	Газойль легкий процессов каталитиче-ского крекинга и коксования	СТП 401204-97 с изм. 1-4	1.Фракционный состав: -50% перегоняется при температуре, ^{0} С, не выше -96% перегоняется при температуре, ^{0}С, не выше - для газойля лёгкого установки 21-10/3М, 96% перегоняется в пределах температуры ^{0}С 2.Температура помутнения, ^{0} С, не выше 3.Температура вспышки в закрытом тигле, ^{0}С, не ниже - для газойля лёгкого установки 21-10/3М, не ниже 4.Массовая доля сероводорода, %	275 360 345-360 минус 5 62 45 отсутствие	
5.	Бензин коксования	СТП 401402-95 с изм. №1-3	1. Внешний вид 2. Фракционный состав: -температура начала перегонки, ^{0}С, не ниже: с 1 октября по 1 апреля - 90 % перегоняются при температуре, ^{0}С, не выше: - температура конца кипения, ^{0}С, не выше: 3. Давление насыщенных паров, Па (мм.рт.ст.) не более: с 1 октября по 1 апреля 5. Испытание на медной пластине	Бесцветная прозрачная жидкость, не содержащая воды и мехпримесей 30 Не нормируется Не нормируется 160 79993 (600) 93325 (700) выдерживает	
6.	Свежий водородсодержащий газ	СТП 401703-95, изм. №1 График л.к. График л.к. График л.к.	1.Содержание водорода ,% об.,не менее 2. Плотность при 20 ^{0} С, кг/м^3 3. Углеводородный состав % масс. 4. Содержание H_2S, % об., не более	70 Не нормируется Не нормируется 0,001	Используется в процессах гидрирования

ИЗГОТОВЛЯЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ

1	2	3	4	5	6
1.	Фракция дизельная летняя гидроочищенная	СТП 401203-97 изм. №1,2,3	1. Массовая доля серы, % не более 1 вид 2 вид 2.Дизельный индекс для экспорта, не менее 3. Содержание сероводорода 4. Плотность при 20 ^{0} С, кг/м^3, не выше	0,2 0,05 50 отсутствие 860	Используется в качестве компонента при получении товарных летних дизельных топлив, других видов топлив
		График л.к. График л.к. График л.к.	5.Температура вспышки в закрытом тигле, ^{0}С, не ниже 6.Температура помутнения, ^{0} С, не выше 7.Температура застывания,^{0} С, не выше 8.Фракционный состав: -50% перегоняется при температуре,^{0} С, не выше -96% перегоняется при температуре, ^{0} С, не выше	62 минус 5 минус 10 280 360	
			Примечание: 1. Показатели по п.2 для установки Л-24/6 не является браковочным 2. Норма по п.1 дополнительно устанавливается месячным планом производства.		
2.	Газ кислый	СТП 401216-95 изм. №1	1. Массовая доля H_2S+CO_2, % масс., не менее	98,0	Используется в качестве сырья на установку производства серы (УПС)
		График л.к.	2. Плотность при 20 ^{0} С, кг/м^3	Не нормируется	
			Примечание: при работе только блока очистки углеводородного газа и бензиновой фракции от сероводорода допускается норма по показателю «Массовая доля H_2S+CO_2»,% масс., не менее 96,0.		

1	2	3	4	5	6
3.	Газ сухой углеводородный	СТП 401102-95 изм.1,2 График л.к.	1.Содержание C_5 и выше, % масс., не более 2.Содержание сероводорода, % об., не более 3. Плотность при 20 ^{0} С, кг/м^3	5,0 0,005 Не нормируется	Используется в качестве топливного газа
4.	Бензин-отгон		1. Фракционный состав 2. Плотность при 20 ^{0} С, кг/м^3	Не нормируется Не нормируется	Направляется на АГФУ для очистки от сернистых со-единений
			3. Испытание на медной пластине	Не нормируется, определение обязательно	

1.2. Описание технологической схемы

Сущность процесса гидроочистки состоит в превращении соединений, содержащих серу, азот, кислород и дальнейшем гидрировании их на катализаторе с образованием летучих сернистых, азотистых, кислородосодержащих соединений (сероводорода, аммиака, воды), которые удаляются путем отпарки в ректификационных колоннах. Одновременно происходит насыщение непредельных углеводородов и абсорбция металлов из состава металлоорганических соединений катализатором. Кроме того, частично протекают реакции изомеризации парафиновых и нафтеновых углеводородов, а также реакции гидрокрекинга.

По мере накопления на катализаторе углистых отложений, активность катализатора понижается. При значительном падении активности, которая не может быть повышена изменением параметров процесса в допустимых пределах, реакторный блок переводится на цикл регенерации катализатора.

Газообразные продукты реакций и пары воды удаляются из гидрогенизата путем отпарки их в ректификационных колоннах, при этом отгоняются и бензиновые фракции.

Очистка циркулирующего водородсодержащего газа и углеводородных газов от сероводорода проводится в абсорберах водным раствором моноэтаноламина, который в результате абсорбции образует с сероводородом комплексное соединение:

$$2\ (C_2H_4OH)NH_2+H_2S \rightarrow (\ CH_2\text{-}CH_2OHNH_3)_2S$$

с последующей десорбцией сероводорода из насыщенного раствора моноэтаноламина.

Полученное при абсорбции сероводорода из газов комплексное соединение при нагревании легко разлагается с образованием моноэтаноламина и сероводорода.

$(CH_2\text{-}CH_2OHNH_3)_2S$

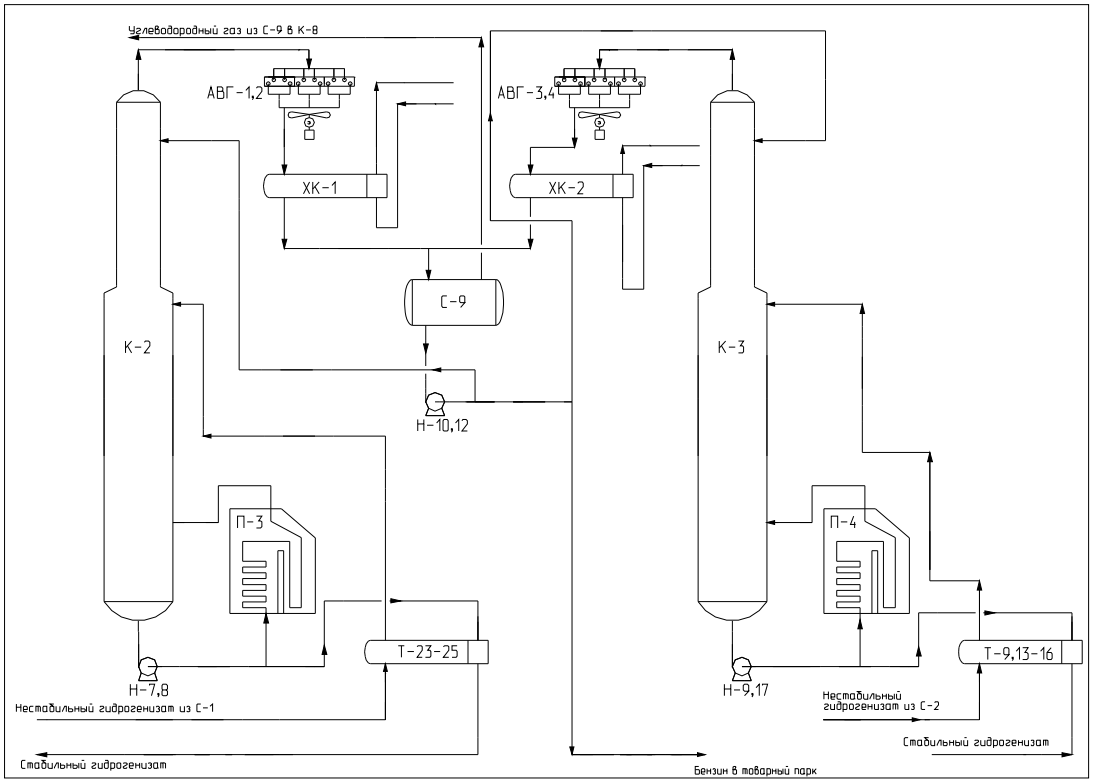


Рис.1.1 Схема блока стабилизации дизельного топлива

<u>Описание технологической схемы блока стабилизации дизельного топлива</u>

Нестабильный гидрогенизат и сконденсировавшиеся нефтепродукты из сепараторов С-1 (С-2) под собственным давлением одним потоком поступают в стабилизационную колонну К-2 (К-3), пройдя межтрубное пространство последовательно работающих теплообменников Т-25-23 (Т-16, 15, 14, 13, 9), где нагреваются за счет тепла откачиваемого стабильного гидрогенизата .

Температура нестабильного гидрогенизата перед теплообменником Т-25(Т-16) контролируется, после теплообменников Т-25,24,23 (Т-16-13,9) контролируется .

Стабильный гидрогенизат с низа колонны К-2 (К-3) забирается насосами Н-7,8 (Н-9,17) и подается частично через теплообменники Т-23-25 (Т-9,13-16),где

частично охлаждается и поступает в аппараты воздушного охлаждения АВГ-7÷10 для захолаживания и вывода с установки; частично через змеевик печи П-3(П-4) в качестве теплоносителя в колонну К-2(К-3) .

Температура стабильного гидрогенизата перед теплообменником Т-23(Т-9) контролируется, после теплообменников Т-23,24,25 (Т-9,13-16) контролируется .

Расход теплоносителя через печь П-3(П-4) регулируется , регулирующий клапан установлен на линии нагнетания насоса Н-7,8 (Н-9,17) перед печью П-3(П-4) .

Уровень колонны К-2 (К-3) регулируется, регулирующий клапан установлен на линии откачки стабильного гидрогенизата с установки насосом Н-7,8 (Н-9,17) перед АВГ-7, 8, 9, 10.

Расход стабильного гидрогенизата измеряется и регистрируется. Расход и давление стабильного гидрогенизата, откачиваемого с установки, регистрируется.

С верха колонны К-3 отпаренные продукты в парогазовой фазе направляются через параллельно работающие аппараты воздушного охлаждения и конденсации АВГ-3, 4 и поступают на сепарацию в С-9. С верха колонны К-2 отпаренные продукты в парогазовой фазе поступают через параллельно работающие аппараты воздушного охлаждения и конденсации АВГ-1, 2 на сепарацию в С-9.

Температура продуктов после АВГ-1,2 контролируется прибором поз. TI-30 точка 43. Температура продуктов после АВГ-3,4 контролируется прибором поз. TI-30 точка 41.

Бензин из С-9 насосом Н-10 (Н-12) подается в стабилизаторы К-2, К-3 в качестве орошения для поддержания температурного режима верха колонн.

Балансовый избыток бензина из С-9 откачивается насосом Н-10 (Н-12) в товарный парк. Схемой предусмотрена возможность откачки бензина из С-9 насосом Н-10 (Н-12) на установку АГФУ для очистки его от сернистых соединений.

Уровень бензина в сепараторе С-9 регулируется, регулирующий клапан установлен на лини откачки насосом Н-10 (Н-12) балансового избытка бензина с установки. Расход бензина с установки регистрируется прибором поз. FR 246. Температура откачиваемого бензина контролируется прибором поз. TI-30 точка 49.

Углеводородный газ из С-9 направляется на блок очистки по схеме:

С-9 → К-8 → Т-10 → форсунки печей П-1, 2, 3, 4.

1.3. Материальный баланс

Ниже, в таблицах 1.2 и 1.3 приведены свойства продуктов принятые для расчетов для газа, очищенного дизельного топлива и бензина-отгона.

Таблица 1.2

Свойства продуктов, принятые для расчетов (газ)

№ п/п	Компонент	% вес.
1	H_2	7
2	CH_4	15
3	ΣC_2	14
4	ΣC_3	20
5	ΣC_4	15
6	ΣC_5	22
7	N2	1
8	H2S	6
Итого		100

Таблица 1.3

Дизтопливо и бензин-отгон

Наименование	Дизтопливо (очищен.)	Бензин-отгон
Разгонка по ASTM D86, гр.С		
НК	205	47
10%	220	93
50%	279	116
90%	336	158
КК	370	179
Плотность при 20 гр.С, кг/м3	856	738

В таблице 1.4 приведен расчетный материальный баланс процесса стабилизации дизельного топлива.

Таблица 1.4

Расчетный материальный баланс

Взято			
№ п/п	Наименование	% масс	кг/ч
1	Сырье	100	75000
2	ВСГ	1	750
	Итого	101	75750
Получено			
1	Дизтопливо	98.1	73570
2	Бензин-отгон	1.3	970
3	Газ	1.0	750
4	Кислый газ	0.6	460
	Итого	101	75750

1.4. Автоматизация и контроль производства

Особое внимание в нефтеперерабатывающей промышленности уделяется автоматизации и комплексной механизации [15,16]. Это объясняется сложностью технологических процессов, вредностью условий работы, взрыво- и пожароопасностью перерабатываемых веществ и т.д.

В качестве основных задач в автоматизации выделяют:

1. Освобождение человека от монотонно- рутинного труда;
2. Для исключения аварийных ситуаций, улучшения условий труда, повышения его культуры;
3. Для повышения качества продукции, обеспечение работы установки в режиме наиболее целесообразном как с точки зрения экономичности их эксплуатации, так и рационального обслуживания технологического процесса.

Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: увеличению количества, улучшению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда. Внедрение автоматических устройств обеспечивает высокое качество продукции, сокращение брака и отходов, уменьшение затрат сырья и энергии, уменьшение численности основных рабочих, снижение капитальных затрат на строительство зданий (производство организуется под открытым небом), удлинение срока межремонтного пробега оборудования.

Система управления процессом должна обеспечить достижение цели управления за счет заданной точности поддержания технологического регламента при соблюдении надежной безаварийной работы оборудования. Главной задачей является выбор параметров участвующих в управлении, т.е. параметров, которые необходимо регулировать, контролировать и сигнализировать и по значениям которых можно определить предаварийное состояние объекта управления.

В данном дипломном проекте в качестве системы управления принята пневмоэлектрическая система автоматизации, так как установка Л-24-6 является взрывопожароопасным производством.

Контур 1

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры нестабильного гидрогенизата на входе в теплообменник Т-25 трубопровод потока -30-30- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (1-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (1-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (1-3).

Контур 2

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры нестабильного гидрогенизата на выходе из теплообменника Т-23 трубопровод потока -30-30- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (2-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (2-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (2-3).

Контур 3

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры стабильного гидрогенизата на входе в теплообменник Т-23 трубопровод потока -34-34- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (3-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (3-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (3-3).

Контур 4

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры стабильного гидрогенизата на выходе из теплообменника Т-25 трубопровод потока -34-34- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (4-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (4-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (4-3).

Контур 5

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры паров верха колонны К-2 на выходе из АВГ-1,2 трубопровод потока -31-31- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (5-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (5-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (5-3).

Контур 6

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры нестабильного гидрогенизата на входе в теплообменник Т-16 трубопровод потока -30-30- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (6-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (6-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (6-3).

Контур 7

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры нестабильного гидрогенизата на выходе из теплообменника Т-9 трубопровод потока -30-30- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (7-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (7-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (7-3).

Контур 8

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры стабильного гидрогенизата на входе в теплообменник Т-9 трубопровод потока -34-34- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (8-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (8-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (8-3).

Контур 9

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры стабильного гидрогенизата на выходе из теплообменника Т-16 трубопровод потока -34-34- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (9-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (9-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с

электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (9-3).

Контур 10

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры паров верха колонны К-3 на выходе из АВГ-3,4 трубопровод потока -31-31- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (10-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (10-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (10-3).

Контур 11

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для поддержания заданной величины уровня рабочей среды в колонне К-2 и откачки стабильного гидрогенизата.

Описание регулирующего контура:

(11-1) – первичный измерительный прибор для измерения уровня. Сигнал с него идет на реле уровня с контактным устройством (11-2) , расположенным на щите, и на прибор индицирующий, регистрирующий с автоматическим регулированием величины (11-3). Также в этом контуре сигнал с диафрагмы пневматического действия (11-5), идущего через (11-6) - бесшкальный прибор – дифманометр, и (11-4) – прибор индицирующий, регистрирующий с автоматическим регулированием, поступает на задвижку (1-7), которая регулирует эти два технологических параметра.

Контур 12

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для поддержания заданной величины уровня бензина в сепараторе С-9 и откачки бензина в товарный парк.

Описание регулирующего контура:

(12-1) – первичный измерительный прибор для измерения уровня. Сигнал с него идет на реле уровня с контактным устройством (12-2) , расположенным на щите, и на прибор индицирующий, регистрирующий с автоматическим регулированием величины (12-3). Также в этом контуре сигнал с диафрагмы пневматического действия (12-5), идущего через (12-6) - бесшкальный прибор – дифманометр, и (12-4) – прибор индицирующий, регистрирующий с автоматическим регулированием, поступает на задвижку (2-7), которая регулирует эти два технологических параметра.

Контур 13

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации и регулирования температуры верха колонны К-2.

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (13-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (13-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (13-3) и на прибор (13-4) - индицирующий с автоматическим регулированием. По величине возмущения от (13-4) задвижка (3-5) контролирует величину расхода бензина.

Контур 14

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации и регулирования температуры верха колонны К-3.

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (14-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (14-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (14-3) и на прибор (14-4) - индицирующий с автоматическим

регулированием. По величине возмущения от (14-4) задвижка (4-5) контролирует величину расхода бензина.

Контур 15

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры бензина на выходе из сепаратора С-9 трубопровод потока -33-33- .

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (15-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (15-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (15-3).

Контур 16

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для поддержания заданной величины уровня рабочей среды в колонне К-3 и откачки стабильного гидрогенизата.

Описание регулирующего контура:

(16-1) – первичный измерительный прибор для измерения уровня. Сигнал с него идет на реле уровня с контактным устройством (16-2) , расположенным на щите, и на прибор индицирующий, регистрирующий с автоматическим регулированием величины (16-3). Также в этом контуре сигнал с диафрагмы пневматического действия (16-5), идущего через (16-6) - бесшкальный прибор – дифманометр, и (16-4) – прибор индицирующий, регистрирующий с автоматическим регулированием, поступает на задвижку (5-7), которая регулирует эти два технологических параметра.

Контур 17

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для контроля давления верха колонны К-2 заданного для режима величины.

Описание регулирующего контура:

На шлемовой части колонны К-2 установлен первичный измерительный преобразователь в виде манометра (17-1), установленного по месту сигнал от которого передается на бесшкальный прибор (17-2) – дифманометр , предназначенный для измерения давления с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Сигнал с вторичного преобразователя, в случае превышения давления выше 0,65 кг/см^2, поступает на элемент контура (17-3), расположенного на щите, представляющего собой комплект для измерения давления, индицирующий, регистрирующий с сигнализацией на лампе.

Контур 18

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для контроля давления верха колонны К-3 заданного для режима величины.

Описание регулирующего контура:

На шлемовой части колонны К-3 установлен первичный измерительный преобразователь в виде манометра (18-1), установленного по месту сигнал от которого передается на бесшкальный прибор (18-2) – дифманометр , предназначенный для измерения давления с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Сигнал с вторичного преобразователя, в случае превышения давления выше 0,65 кг/см^2, поступает на элемент контура (18-3), расположенного на щите, представляющего собой комплект для измерения давления, индицирующий, регистрирующий с сигнализацией на лампе.

Контур 19

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры низа колонны К-2.

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (19-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (19-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (19-3).

Контур 20

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для регистрации температуры низа колонны К-3.

Описание регулирующего контура:

Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры – термометр термоэлектрический (20-1), установленный по месту подает измеренный сигнал на прибор (20-2) по месту - для измерения, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний (термометр бесшкальный манометрический с электропередачей), от которого сигнал поступает на щит на прибор индицирующий, регистрирующий (20-3).

Контур 21

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для поддержания подачи водяного пара в колонну К-2 заданной для режима величины.

Описание регулирующего контура:

На трубопроводе потока -2-2- непосредственно перед входом в колонну К-2 установлен первичный измерительный преобразователь – диафрагма пневматического действия (21-1), сигнал от которого передается на бесшкальный прибор (21-2) – дифманометр , предназначенный для измерения расхода с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Сигнал с вторичного преобразователя, в случае отклонения подачи от заданной величины в 650 кг/час, поступает на элемент контура (21-3), расположенного на щите, представляющего собой комплект для измерения расхода, индицирующий, регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления. С пневматического пи-регулятора (21-4) сигнал возмущения идет на исполнительный механизм (21-5), представляющего собой автоматическую задвижку с электродвигателем (электроприводом), которая изменяет расход потока нестабильного бензина в соответствии с поданным сигналом рассогласования.

Контур 22

Назначение регулирующего контура:

Контур предназначен для поддержания подачи водяного пара в колонну К-3 заданной для режима величины.

Описание регулирующего контура:

На трубопроводе потока -2-2- непосредственно перед входом в колонну К-3 установлен первичный измерительный преобразователь – диафрагма пневматического действия (22-1), сигнал от которого передается на бесшкальный прибор (22-2) – дифманометр , предназначенный для измерения расхода с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Сигнал с вторичного преобразователя, в случае отклонения подачи от заданной величины в 650 кг/час, поступает на элемент контура (22-3), расположенного на щите, представляющего собой комплект для измерения расхода, индицирующий, регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления. С пневматического пи-регулятора (22-4) сигнал возмущения идет на исполнительный механизм (22-5), представляющего собой автоматическую задвижку с электродвигателем (электроприводом), которая изменяет расход потока нестабильного бензина в соответствии с поданным сигналом рассогласования.

Уровень в кубе колонны К-2,3 измеряется бесшкальным прибором с передачей на показывающий и регистрирующий прибор, при взаимодействии первичного преобразователя расхода и регулятора расхода установленного на линии подачи орошения в колонну, поддерживается постоянство уровня.

Температура верха колонн К-2,3 измеряется бесшкальным прибором с перезачей на показывающий и регистрирующий прибор, при взаимодействии первичного преобразователя расхода и регулятора температуры установленного на линии подачи орошения в колонну, поддерживается постоянство температуры.

Температура нестабильного гидрогенизата на входе в теплообменники блока стабилизации измеряется первичными преобразователями и регистрируется потенциометрами.

Температура стабильного гидрогенизата на выходе из теплообменников блока стабилизации измеряется первичными преобразователями и регистрируется потенциометрами.

Температура паров верха колонн К-2,3 на входе и выходе в аппараты воздушного охлаждения АВГ-1,2,3,4 измеряются первичными преобразователями и регистрируется потенциометрами.

Расход пара в колонны К-2,3 поддерживается регуляторами расхода и первичными измерительными преобразователями.

Давление в колонне Д измеряется первичным преобразователем.

На сепараторе С-9 установлен измеряющий уровень прибор. При взаимодействии первичного измерительного преобразователя расхода и регулятора расхода, поддерживается постоянство уровня.

Температуры стабильного гидрогенизата на выходе измеряются первичными преобразователями и регистрируется потенциометрами. Температуры бензина на выходе измеряется первичным преобразователем и регистрируется потенциометрами.

Таблица 1.5

Спецификация средств автоматизации

Обозначение узла контроля	Наименование узла контроля	Позиция элемента	Наименование прибора	Тип прибора	Место установки
TI	Измерение температуры		Термометр		По месту
		3-5, 4-5	Регулирующий клапан p_y=2,5 МПа, D_y=150мм		По месту
TIR	Измерение и регистрация температуры	(1-10)-2, (13-15)-2, (19-20)-2	Термопара хромель-копелевая, малоинерционная	ТХА.ХА(К)	
			Панель управления	КСД-2	На щите
PI	Измерение давления		Манометр		По месту
PIRA	Измерение регистрация и сигнализация давления	17-2, 18-2	Измерительный преобразователь давления	Сапфир–22ДИФ	По месту
			Панель управления	КСД-2	На щите
FIR	Измерение и регистрация расхода	11-3, 12-3, 16-3	Диафрагма камерная Условный проход Ду=250мм Условное давление Ру=2,5 мПа	ДК 6-250	По месту
		11-5, 12-5, 16-5	Измерительный преобразователь расхода. Выходной сигнал 4…20 мА Класс точности 0,5	Сапфир 22ДДЕ*	По месту
			Панель управления	КСД-2	На щите
FIC	Измерение и регулирование температуры	11-4, 12-4, 16-4	Диафрагма камерная Условное давление Ру=2,5 мПа	ДК 6-250	По месту
		11-5, 12-4, 16-5	Измерительный преобразователь расхода. Выходной сигнал 4…20 мА Класс точности 0,5	Сапфир 22ДДЕ*	По месту

LIRC	Измерение, регулирование и регистрация уровня	11-3, 12-3, 16-3	Измерительный преобразователь уровня	РУС	По месту
			Панель управления	КСД-2	На щите
		11-7, 12-7, 16-7	Регулирующий клапан p_y=2,5 МПа		По месту

1.4.1 Нормы технологического режима

В табл. 1.6 приведены нормы технологического режима для технологического процесса на блоке стабилизации дизельного топлива установки Л-24-6.

Таблица 1.6

Нормы технологического режима для непрерывного процесса

№№	Наименование стадии процесса, аппараты показатели режима	Номер позиции прибора по схеме	Единица измерения	Допускаемые пределы технологических параметров	Требуемый класс точности измерительных приборов, ГОСТ 8.401- 80	Примечания
Блок стабилизации						
	Давление в стабилизационной колонне К-3	поз.PR 134-2	МПа (кгс/см^2)	не более 0,07 (0,7)	±1,5	Показание, регистрация
	Температура верха стабилизационной колонны К-3	поз.TRC 200-2	^{0}С	не более 200	±1,5	Показание, регистрация, регулирование
	Температура низа стабилизационной колонны К-3	поз. TI 30-19	^{0}С	не более 310	±0,5	Показание, регистрация
	Температура теплоносителя на выходе из П-4	поз. TRC 59-2	^{0}С	не более 350	±0,5	Показание, регистрация, регулирование
	Температура дымовых газов на перевалах печи П-4	поз. TI 30-7,8	^{0}С	не более 750	±1,0	Показание, регистрация
	Расход теплоносителя в П-4	поз. FRCAL 2-2	м^3/час	55-100	±1,0	Показание, регистрация, регулирование, сигнализация
	Перепад температуры по печи П-4	-	^{0}С	не более 70	-	Величина расчетная

	Разрежение дымовых газов в борове П-4	поз. PR 250-3	мм вод .ст.	5-25	±1,0	Показание, регистрация
	Содержание кислорода в дымовых газах печи П-4	-	% об.	не более 7	-	ЛТК
	Давление в стабилизационной колонне К-2	поз.PR 134-1	МПа (кгс/см^2)	не более 0,07 (0,7)	±1,5	Показание, регистрация
	Температура верха стабилизационной колонны К-2	поз.TRC 200-1	^{0}С	не более 210	±1,5	Показание, регистрация, регулирование
	Температура низа стабилизационной колонны К-2	поз. TI 30-52	^{0}С	не более 280	±0,5	Показание, регистрация
	Температура теплоносителя на выходе из П-3	поз. TRC 59-1	^{0}С	не более 350	±0,5	Показание, регистрация, регулирование
	Температура дымовых газов на перевалах печи П-3	поз. TI 30-5,6	^{0}С	не более 750	±1,0	Показание, регистрация
	Расход теплоносителя в П-3	поз. FRCAL 2-1	м^3/час	55-100	±1,0	Показание, регистрация, регулирование, сигнализация
	Перепад температуры по печи П-3	-	^{0}С	не более 70	-	Величина расчетная
	Разрежение дымовых газов в борове П-3	поз. PR 250-3	мм вод .ст.	5-25	±1,0	Показание, регистрация
	Содержание кислорода в дымовых газах печи П-3	-	% об.	не более 7	-	ЛТК
	Уровень в бензиновом сепараторе С-9	поз. LRCAL H 141	% шкалы	20-80	±1,0	Показание, регистрация, регулирование, сигнализация
	Температура дизельного топлива на выходе с установки	поз. TI 30-45	^{0}С	не более 65	±0,5	Показание, регистрация

1.5. Придоохранные мероприятия

Установка гидроочистки дизельных топлив Л-24-6 имеет следующие выбросы вредных веществ в атмосферу:

- организованные;
- неорганизованные.

К организованным выбросам относятся дымовые газы из дымовой трубы печей и выбросы вытяжной системы вентиляции, газы продувки компрессоров на свечу, газы регенерации.

К неорганизованным выбросам относятся выбросы через неплотности технологического оборудования.

Основными вредными веществами, выбрасываемыми в атмосферу, являются углеводороды, окислы азота, кислый газ (сероводород), окись углерода, сернистый газ.

Выбросы через неплотности оборудования определяются условно, процесс ведется в герметически закрытой системе.

Для снижения вредных выбросов в атмосферу предусматриваются следующие мероприятия:

- при остановке установки на ремонт (или на регенерацию) освобождение системы (аппаратов и трубопроводов) от газообразных нефтепродуктов осуществляется в заводскую топливную сеть (с предупреждением диспетчера завода) до давления топливного газа в заводской сети, остатки газов через Е-23 сбрасываются на факел;
- сухой газ установки сбрасывается в линию топливного газа и используется как топливо в печах;
- при срабатывании предохранительных клапанов, выбросы осуществляются на факел через факельную емкость Е-23, конденсат из Е-23 дренируется в заглубленную емкость Е-20.

Для снижения сбросов жидких нефтепродуктов со сточными водами на очистные сооружения предприятия предусматриваются следующие мероприятия:

- при подготовке установки к ремонту освобождение аппаратов от нефтепродуктов осуществляется в заглубленную емкость Е-20. Продукт из Е-20 насосом Н-20 откачивается в товарный парк гидроочисток;

- при пропарке и промывке оборудования блока стабилизации конденсат сбрасывается в заглубленную емкость Е-20. Затем вода из Е-20 дренируется в канализацию, нефтепродукт насосом Н-20 откачивается в товарный парк гидроочисток;
- водные стоки после промывки дымовых газов регенерации сбрасываются в канализацию с pH в пределах 7-8 ед.
- вода в холодильники подается из системы оборотного водоснабжения. Поэтому необходим периодический контроль за качеством оборотной воды, сбрасываемой с установки, на содержание продукта в случае пропусков;

Сброс воды с источников, указанных в подразделе 8.2. настоящего регламента, осуществляется в промышленную канализацию, оборудованную гидрозатворами, затем на очистные сооружения предприятия. Контроль за качеством сточных вод периодически проводится технологическим персоналом установки (3 раза в вахту с записью в специальном журнале), а так же санитарно-гигиенической лабораторией.

Для снижения расхода оборотной воды на установку необходимо производить контроль за температурой отходящей воды и чистить пучки холодильной аппаратуры от грязи по мере загрязнения.

Высота дымовой трубы 60 м. обеспечивает рассеивание вредных веществ.

Таблица 1.6

Твердые и жидкие отходы

№	Наименование отхода	Складирование и транспортировка	Периодичность образования	Условия (метод) и место захоронения, обезвреживания,	Количество, тонн/год
1.	Отработанный катализатор	затаривается в металлические бочки	по истечению срока службы (5 года), после регенерации	отправляется в переработку	9,6 1раз в 5лет
2.	Отработанное масло	складируется в танкер	по истечению срока службы	отправляется на переработку на	1,5
3.	Нефтяной шлам при чистке аппаратов	складируется в металлический контейнер и выво-	в ремонт	отправляется на городской полигон	3,0
4.	Пирофорные соединения	«_»	«_»	«_»	0,6
5.	Нефтяной шлам при уборке планшета при эксплуатации установки, промасленная ветошь	«_»	периодически	«_»	2,4

6.	Щелочь отработанная	циркуляция по колонне К-1 с pH 7-8ед.	при регенерации	сбрасывается в промышленную канализацию с концентрацией 2,0 % NaOH	2,5

Таблица 1.7

Сточные воды

№	Наименование стока	Количество образования сточных вод, $м^3$/час	Условия (метод) ликвидации обезвреживания, утилизация	Периодичность выбросов	Место сброса	Установленная норма содержа-ния загрязнений в стоках, мг/л
1	2	3	4	5	6	7
1.	Вода на охлаждение компрессоров, насосного оборудования	4,0	водоочистные сооружения	постоянно	пром. канализация	500
2.	Смыв полов	4,0	«_»	периодически 2 раза в сутки	«_»	«_»
3.	Конденсат водяного пара после пропарки и промывки оборудования при подготовке к ремонту	20,0	«_»	периодически перед ремонтом	«_»	«_»
4.	Подтоварная вода из С-9	1,5	«_»	постоянно	«_»	«_»
5.	Воды от промывки холодильного оборудования от грязи	3,0	«_»	периодически по мере загрязнения	«_»	500
6.	Промывочные воды дымовых газов регенерации	42,0	«_»	в период регенерации катализатора	«_»	pH=7 - 8

Таблица 1.8

Выбросы в атмосферу

№	Наименование сброса	Количество образования выбросов по видам, г/сек	Условие (метод) ликвидации, обезвреживания утилизации	Периодичность выбросов	Установленная норма содержания загрязнений в выбросах, г/сек
1	2	3	4	5	6
1.	Выбросы дымовой трубы		-	постоянно	

	П-1 - сернистый ангидрид - окись углерода - окись азота - двуокись азота - суммарные углеводороды - мазутная зола - бенз(а) пирен	 0,468 0,285 0,0295 0,1816 0,007 - $1,17x10^{-6}$			 0,468 0,285 0,0295 0,1816 0,007 - $1,17x10^{-6}$
2.	Выбросы дымовой трубы П-2 - сернистый ангидрид - окись углерода - окись азота - двуокись азота - суммарные углеводороды - мазутная зола - бенз(а) пирен	 0,146 0,285 0,0247 0,152 0,005 0,0005 $1,2x10^{-6}$	-	постоянно	 0,146 0,285 0,0247 0,152 0,005 0,0005 $1,2x10^{-6}$
2.	Выбросы дымовой трубы П-4 - сернистый ангидрид - окись углерода - окись азота - двуокись азота - суммарные углеводороды - мазутная зола - бенз(а) пирен	 0,346 0,285 0,0203 0,125 0,032 0,0003 $1,28x10^{-6}$	-	постоянно	 0,346 0,285 0,0203 0,125 0,032 0,0003 $1,28x10^{-6}$
3.	Выбросы при регенерации катализатора - сернистый ангидрид - окись углерода - сероводород	 3,32 0,03 0,05	-	2 раза в год	- 3,32 0,03 0,05
4.	Выбросы от вентсистемы газовой компрессорной - сероводород - суммарные углеводороды	 0,005 0,162	-	постоянно	 0,005 0,162
5.	Выбросы от вентсистемы насосной сырья - сероводород - суммарные углеводороды -МЭА	 0,002 0,026 следы	-	постоянно	 0,002 0,026 следы

6.	Выбросы от вентсистемы горячей насосной - сероводород - суммарные углеводороды	 0,0005 0,057	-	постоянно	- 0,0005 0,057
7.	Выбросов от вентсистемы насосной защелачивания - сероводород - суммарные углеводороды	 0,005 0,011	-	постоянно	 0,005 0,011
8.	Неорганизованные выбросы - сероводород - суммарные углеводороды	 следы 10,092		постоянно	 следы 10,092

Вывод: на установке Л-24-6 все необходимые природоохранные мероприятия выполняются.

2. Конструкторская часть

2.1 Техническое задание

Техническое задание на разработку дипломного проекта “Реконструкция блока стабилизации установки Л-24-6 с целью увеличения производительности с 2800 до 3600 тонн/сутки”.

1. Объект проектирования.

1.1. ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ».

2. Основание для проектирования.

2.1. Программа технического развития ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»

3. Место расположения объекта.

3.1. Площадка установки Л-24-6.

4. Цель проекта.

4.1. Увеличение производительности установки Л-24-6 с улучшением качества выпуска дизельных топлив по европейской спецификации “Евро–3,4”.

5. Режим работы установки.

5.1. Режим работы установки круглосуточный. Число часов работы в год – 8000. Количество смен–3.

6. Мощность производства, сырье, номенклатура продукции, способ ее транспортировки.

6.1. Производительность блока стабилизации: 3600 тонн/сутки.

7.4. Сырье блока стабилизации – нестабильный гидрогенизат.

7.6. Номенклатура вырабатываемой продукции: – стабильный гидрогенизат.

8. Мероприятия по защите окружающей среды, утилизации отходов производства и вторичных ресурсов.

8.1. Предусмотреть мероприятия по достижению минимального выброса вредных веществ в атмосферу, в сточные воды и в почву.

8.2. Сброс от предохранительных клапанов выполнить в существующую факельную систему предприятия. Противодавление в факельной системе 0,05 МПа.

8.3. Предусмотреть дренирование аппаратов, трубопроводов в дренажную систему и систему аварийного освобождения установки.

2.2. Литературно-патентный поиск

Колонные аппараты предназначены для проведения процессов тепло- и массообмена (ректификация, дистилляция, абсорбция, десорбция) в химической, нефтехимической, нефтеперабатывающей и других отраслях промышленности. Ректификация – массообменный процесс, который осуществляется, в большинстве случаев, в противоточных колонных с контактными элементами (насадки, тарелки). Большое разнообразие тарельчатых контактных устройств затрудняет выбор оптимальной конструкции тарелки. При этом наряду с общими требованиями (такими как высокая интенсивность единицы объема аппарата, его стоимость и другие) ряд требований может определятся спецификой производства:

- работы при изменении нагрузок по фазам;
- способностью тарелок работать в среде загрязненных жидкостей;
- возможностью защиты от коррозии.

Сравнительные характеристики различных типов тарелок приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Сравнительная характеристика тарелок

Показатель	Тип тарелки				
	колпачковая с круглыми колпачками	ситчатая с переливом	клапанная с круглыми клапанами	решетчатая провальная	чешуйчатая
1	2	3	4	5	6
Нагрузки по жидкости и газу: большие малые	 2 3	 4 2	 4 5	 4 2	 4 3
Большая область устойчивой работы	4	4	5	1	3
Малое гидравлическое сопротивление	0	3	3	4	3
Малый брызго унос	1	3	3	4	4
Малый запас жидкости	0	3	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Малое расстояние между тарелками	3	4	4	5	4
Большая эффективность	4	4	5	4	3
Большая интенсивность	2	4	4	4	3
Реагирование на изменение нагрузок	3	3	5	1	3

Малые капитальные затраты	2	4	4	5	4
Малый расход металла	2	4	4	5	5
Легкость монтажа	1	4	4	5	4
Легкость осмотра, чистки и ремонта	2	3	3	5	3
Легкость пуска и остановки	4	2	4	2	3
Возможность отвода тепла	1	3	2	3	0
Возможность использования в агрессивных средах	2	3	2	4	2

В 2006 году Вихманом А. Г. было опубликовано контактное устройство – прямоточная клапанно-ситчатая тарелка для массообменных аппаратов [1]. Тарелка содержит основание с отверстиями, расположенные в них клапаны с односторонним открытием в виде пластин, выполненных с отверстиями, под которыми размещены козырьки, имеющие переменную высоту, увеличивающуюся в сторону открытия пластин, и направленные в противоположную открытию пластин сторону. Согласно изобретению сумма угла максимального открытия пластины клапана и угла отгибки козырьков составляет 90°. Изобретение позволит обеспечить интенсивную турбулизацию контактирующих фаз, увеличение запаса жидкости на тарелке и, как следствие, увеличение поверхности контакта фаз и высокую эффективность массопередачи.

Изобретение относится к колонной массообменной аппаратуре и может быть использовано в нефтеперерабатывающей, нефтехимической, газовой, химической, пищевой и других отраслях промышленности.

В основу настоящего изобретения положена задача создания прямоточной клапанно-ситчатой тарелки для массообменных аппаратов, обеспечивающей увеличение поверхности контакта взаимодействующих фаз и повышение эффективности массопередачи за счет повышения степени турбулизации потоков и повышения запаса жидкости.

Поставленная задача достигается тем, что в прямоточной клапанно-ситчатой тарелке для массообменных аппаратов, содержащей основание с отверстиями,

расположенные в них клапаны с односторонним открытием в виде пластин, выполненных с отверстиями, под которыми размещены козырьки, имеющие переменную высоту, увеличивающуюся в сторону открытия пластин, и направленные в противоположную открытию пластин сторону, согласно изобретению сумма угла максимального открытия пластины клапана и угла отгибки козырьков составляет 90°.

Прямоточная клапанно-ситчатая тарелка работает следующим образом (см. рис. 2.1). Пары, поднимающиеся снизу, проходят через отверстия в основании тарелки, жидкость поступает с вышележащей тарелки через переливное устройство и движется по тарелке к месту слива на нижележащую тарелку. При выходе из-под клапанов одна часть парового потока выходит в прямотоке с жидкостью, а другая направляется козырьками 7 в отверстия клапанов 3. Благодаря тому что сумма углов и составляет 90°, козырьки при максимальном открытии клапана располагаются вертикально. При таком положении козырьков в отверстия клапанов направляется максимально возможная доля общего потока пара. Паровые струи, выходящие из отверстий клапана, перекрещиваются с потоком пара, выходящего из-под смежного по ходу жидкости клапана. При этом обеспечивается интенсивная турбулизация контактирующих фаз, увеличение запаса жидкости на тарелке и, как следствие, увеличение поверхности контакта фаз и высокая эффективность массопередачи. Высота козырьков у отверстий клапанов увеличивается в сторону открытия пластин, что позволяет равномерно распределить паровой поток, выходящий из отверстий в клапане.

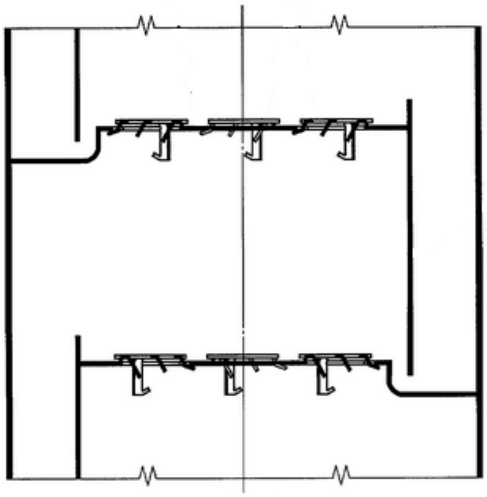


Рис. 2.1 Прямоточная клапанно-ситчатая тарелка

В 1995 году В. И. Шейнманом было опубликовано контактное устройство для массообменных аппаратов [2]. Сущность изобретения: контактное устройство содержит основание с прямоугольными щелевыми просечками, перекрытыми поверхностью клапанов с образованием вертикальных боковых зазоров между поверхностью основания и клапанов, и переливы для жидкой фазы. Прямоугольные просечки на основании расположены в шахматном порядке с шагом смещения смежных рядов на величину не менее ширины просечки, при этом концы просечек рядов расположены на одной прямой, а их угловые участки для образования перемычек между рядами выполнены фигурными. Кроме того, одна из стенок направляющих клапана выполнена сплошной со стороны набегания жидкой фазы, а противоположная стенка или направляющая снабжена окном или щелью для прохода газовой фазы. Дополнительно каждый из клапанов может быть снабжен просечками с вытяжкой для увеличения контактной поверхности. Изобретение относится к массообменным устройствам колонных аппаратов для систем пар (газ) жидкость и может быть использовано в нефтехимической, химической и других отраслях промышленности.

К недостаткам устройства можно отнести также то, что между рядами отверстий основания расположена глухая (без отверстий) зона, не используемая ни для ухода пара (газа), ни для размещения дополнительных отверстий и клапанов. Выполнение таких зон в основании обусловлено необходимостью создания перемычек между отверстиями для сохранения несущей способности основания. Однако зоны дополнительно снижают свободное сечение тарелки и увеличивают ее гидравлическое сопротивление.

Для этого в контактном устройстве для массообменных процессов, включающем основание с прямоугольными щелевыми просечками, перекрытыми поверхностью клапанов с образованием вертикальных боковых зазоров между поверхностью основания и поверхностями клапанов, просечки наиболее рационально размещены на поверхности основания, что полностью исключает необходимость образования междурядных незаполненных клапанами зон. Предлагаемое контактное устройство отличается размещением просечек на

полотне основания в шахматном порядке с шагом смещения смежных рядов на величину не менее ширины просечки, при этом концы просечек смежных рядов расположены на одной прямой, а концевые участки просечек для образования перемычек между рядами выполнены фигурными; кроме того, для уменьшения провала жидкой фазы одна из боковых стенок или направляющих каждого клапана выполнена глухой со стороны набегания жидкой фазы, а противоположная стенка или направляющая снабжена окном для прохода газовой фазы. Дополнительно на поверхности клапанов могут быть выполнены просечные вытяжки, обеспечивающие увеличение поверхности массообмена.

Работает устройство следующим образом (см. рис. 2.7). Жидкая фаза поступает на контактное устройство и движется по основанию 1 от переливок к сливам (на чертеже не показаны), одновременно снизу поступает газовая фаза, которая, проходя через окна 7, боковые зазоры "а", т.е. в зазоры между просечными вытяжками и поверхностью клапанов 3, вступает в контакт с жидкой фазой. При этом газовая фаза, проходя через окна 7 с помощью козырьков 8, направляется вдоль тока жидкой фазы, а при проходе через боковые зазоры основных и дополнительных клапанов, перекрестно току жидкой фазы.

По мере увеличения расхода пара (газа) в варианте с подвижными клапанами 3 начинается их подъем вплоть до упора ограничителей подъема (отгиба 5) в нижнюю поверхность основания 1. Выпуклая во встречном направлении току жидкой фазы поверхность клапана 3 исключает возможность образования застойных зон и способствует лучшему набеганию слоя жидкости на поверхность клапанов 3. Таким образом контактное устройство работает в слабопрямоточном и перекрестном режимах. Однако преимущественным режимом работы является перекрестный режим, так как проходное сечение окон 7 значительно меньше (примерно в 15-30 раз) суммарного проходного сечения боковых зазоров основных 3 и дополнительных клапанов. В сравнении с известными устройствами предлагаемое контактное устройство имеет на 35-40% большее свободное сечение, что позволяет существенно снизить гидравлическое сопротивление и приблизиться по этой характеристике и контактным устройствам на основе просечно-вытяжного листа. Одновременно значительно расширяется диапазон

устойчивой работы контактного устройства за счет перекрестно-прямоточного режима его работы, что значительно уменьшает градиент жидкой фазы и препятствует ее провалу.

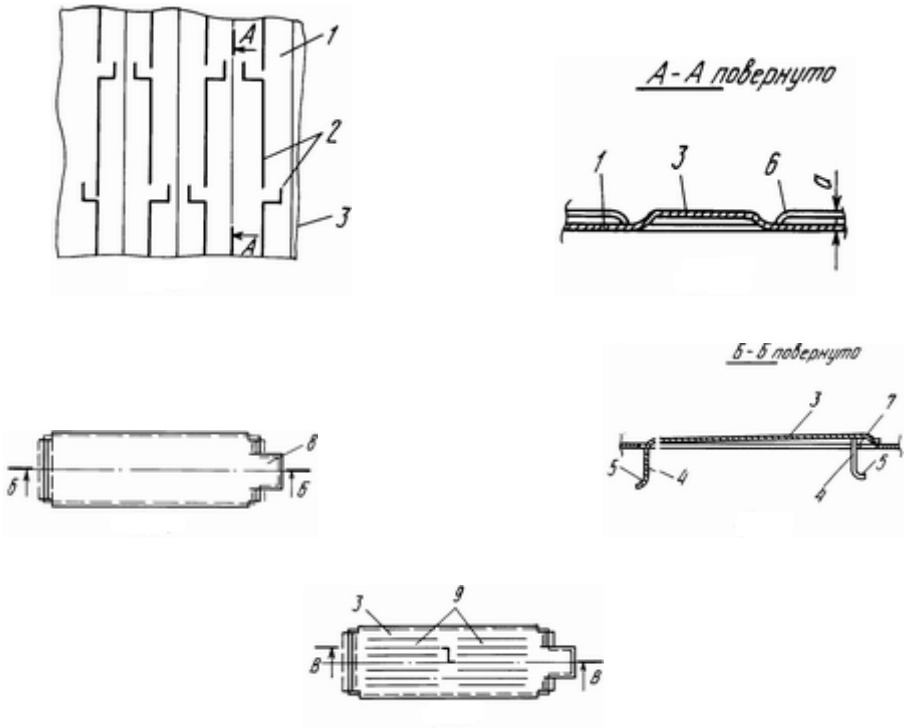


Рис. 2.2. Контактное устройство предложенное Шейнманом

Проведя литературно-патентный поиск и проанализировав технико-экономические показатели различных видов тарелок, было принято решение о выборе тарелки клапанного типа, вследствие того, что показатели характеристик, превалирующих для специфики производства, более выгодней подходят чем остальные виды тарелок. Среди основных показателей можно выделить металлоемкость, затраты на обслуживание, установку, гидравлическое сопротивление, эффективность, большую область устойчивой работы, реагирование на изменение нагрузок, легкость пуска и остановки установки.

2.3 Расчет технической характеристики аппарата

Исходные предпосылки

Расчет ректификационных колонн имеет целью определение условий поведения процесса для получения продуктов желаемого качества и нахождение основных размеров массообменного аппарата. В данных условиях процесса

разделения имеем многокомпонентную смесь, условно разделенную на составляющие требуемые фракции: бензиновую фракцию– НКК и фракцию дизельного топлива - ВКК. Для расчета применять будем теорию разделения бинарных смесей, потому что она имеет большое методологическое значение, поскольку позволяет выявить приемы и методы исследования и расчета процесса, приложимые и для более сложных систем. Методика «ректификация бинарных смесей» предназначена для выполнения проектного расчета полной ректификационной тарельчатой колонны.

Данная методика позволяет провести расчет непрерывного процесса с одним вводом сырья. При этом решаются вопросы:

– выбора типа хладагента для конденсации паров;

– расчета режимных параметров процесса;

– расчета материальных и тепловых балансов;

– выбора типа тарелок;

– расчета числа теоретических и рабочих тарелок;

– расчета диаметров колонны и штуцеров для основных технологических потоков;

– расчета гидравлического сопротивления тарелок;

– определения полной высоты колонны.

Расчетная схема процесса приведена на рис.2.3, где:

1-ректификационная колонна, 2 – конденсатор-холодильник, 3 – емкость орошения (отстойная емкость), 4 – кипятильник.

L, D, R, g, V_R – расходы сырья, дистиллята, остатка, холодного и горячего орошения, кмоль/ч;

X_L, Y_D, X_D, X_R, Y_R – мольные концентрации НКК в сырье, парах и жидкости дистиллята, жидкости и парах остатка, доли;

t_L,t_D, t_O, t_R, t_H – температуры сырья, паров и жидкости дистиллята, жидкого остатка, начальная хладогента, ^{0}C;

$П_L$, $П_D$, $П_R$, $П_O$ – давления в секциях питания, наверху и внизу колонны, в емкости орошения, Мпа.

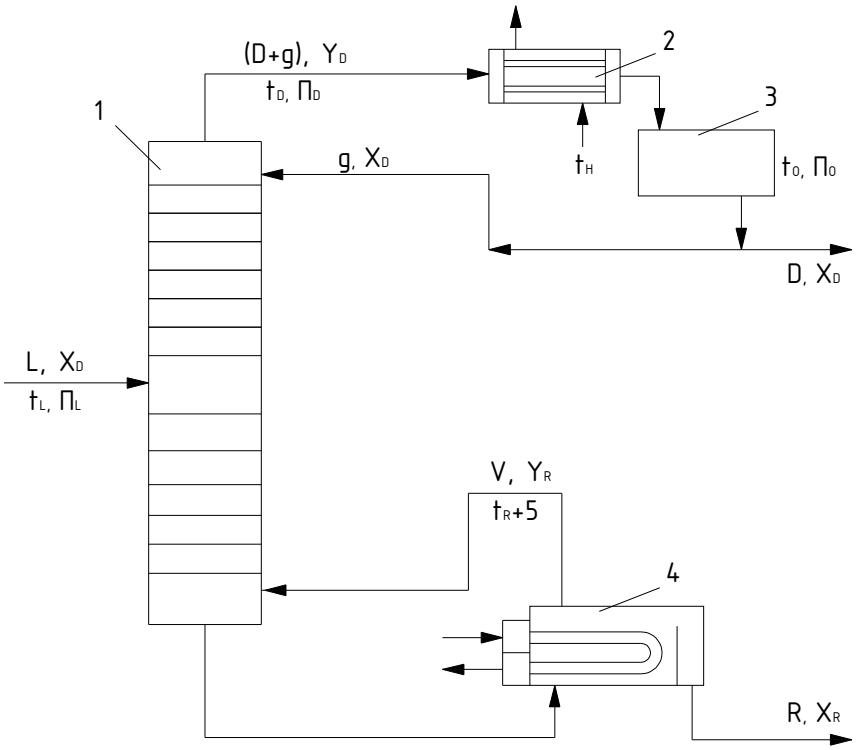


Рис.2.3. Расчетная схема процесса

Исходные данные приведены в таблице 2.1.

Мольный расход сырья, кмоль/ч $L=387,6$

Мольный состав сырья, доли $X_L=0,1$

Мольная концентрация ННК в парах дистиллята, доли $Y_D=0,99$

Мольная концентрация ННК в жидкости остатка, доли $X_R=0,01$

Таблица 2.1 Исходные данные

Наименование показателя	НКК	ВКК
Мольная масса М, кг/кмоль	103,2	203,7
Температура кипения $T_{кип}$, С	68	162
Константы уравнения Антуана:		
A	15,85	15,89
B	2525,55	3078,39
C	-40,52	-67,78
Критические параметры:		
Критическая температура $T_{кр}$, К	471,5	572,3
Критическое давление $P_{кр}$, Мпа	3,19	2,32
Критическая плотность $\rho_{кр}$, кг/м^3	228	234
Фактор ацентричности ω	0,252	0,352

Коэффициенты уравнения идеально-газовой теплоемкости		
A	-1,229	-0,866
B	1,164E-01	1,615E-02
C	-6,163E-05	-8,720E-05
D	1,267E-08	1,829E-08

Расчет материального баланса

Материальный баланс колонны используется для расчета выходов процесса ректификации, т.е. количеств дистиллята и остатка в кмоль/ч.

Количество дистиллята:

$$D = \frac{X_L - X_R}{Y_D - X_R} \cdot L = \frac{0{,}1 - 0{,}01}{0{,}99 - 0{,}01} \cdot 387{,}6 = 35{,}6 кмоль/ч .$$

Количество остатка:

$$R = \frac{Y_D - X_L}{Y_D - X_R} \cdot L = \frac{0{,}99 - 0{,}1}{0{,}9 - 0{,}01} \cdot 387{,}6 = 352 кмоль/ч$$

Контроль правильности расчета материального баланса проводиться по условию:

$$L = D + R = 35{,}6 + 352 = 387{,}6 кмоль/ч .$$

Материальный баланс сходится.

Расчет давления в емкости орошения

Предварительно выбираем вид хладагента для конденсации и охлаждения паров дистиллята и задаемся его начальной температурой (воздух с $t_H = 40^0 C$). Конечная температура дистиллята после конденсатора-холодильника t_O должна превышать t_H на 10…25 ^{0}C для обеспечения оптимальных температурных условий работы последнего. Таким образом:

$$t_O = t_H + 20 = 40 + 24 = 64^0 C .$$

Выбор давления в емкости орошения проводится исходя из условий жидкого дистиллята при температуре t_O. При давлении $П_O \le 0{,}5 МПа$ для его расчета используется уравнение состояния изотермы жидкой фазы в виде:

$$П_0 = P_1 \cdot X_D + P_2 \cdot (1 - X_D) ,$$

где: P_1, P_2 – давления насыщенных паров НКК и ВКК при температуре t_O, Мпа.

Исходя из условия что процесс протекает при давлении $P_{атм} < П_O < 0{,}5 МПа$ используется метод Питцера [4]:

$$P_1 = P_{кр1} \cdot \exp(f_{10} + \omega_1 \cdot f_{11}) = 0{,}17 МПа$$

где: $P_{кр1} = 3{,}37 МПа$, $\omega_1 = 0{,}252$, f_{10} и f_{11} рассчитываются по формулам:

$$f_{10} = 5{,}92714 - 6{,}09648/\tau_1 - 1{,}28862 \cdot \ln\tau_1 + 0{,}169347 \cdot \tau_1^6 = -2{,}124,$$

$$f_{11} = 15{,}2518 - 15{,}6875/\tau_1 - 13{,}4721 \cdot \ln\tau_1 + 0{,}43577 \cdot \tau_1^6 = -2{,}086,$$

где: $\tau_1 = T_O / T_{кр1} = 337/471{,}5 = 0{,}717$ – приведенная температура;

$$P_2 = P_{кр2} \cdot \exp(f_{20} + \omega_2 \cdot f_{21}) = 0{,}032 МПа,$$

где: $P_{кр2} = 2{,}32 МПа$, $\omega_2 = 0{,}352$, f_{20} и f_{21} рассчитываются по формулам:

$$f_{20} = 5{,}92714 - 6{,}09648/\tau_2 - 1{,}28862 \cdot \ln\tau_2 + 0{,}169347 \cdot \tau_2^6 = -3{,}224,$$

$$f_{21} = 15{,}2518 - 15{,}6875/\tau_2 - 13{,}4721 \cdot \ln\tau_2 + 0{,}43577 \cdot \tau_2^6 = -3{,}508,$$

где: $\tau_2 = T_O / T_{кр2} = 337/572{,}3 = 0{,}624$ – приведенная температура;

$$П_0 = P_1 \cdot X_D + P_2 \cdot (1 - X_D) = 0{,}07 \cdot 0{,}99 + 0{,}032 \cdot (1 - 0{,}99) = 0{,}623 МПа.$$

Для обеспечения полной конденсации паров дистиллята в емкости орошения значение $П_0$ рекомендуется увеличить на 0,01…0,02 МПа по сравнению с рассчитанным:

$$П_0 = 0{,}062 + 0{,}013 = 0{,}075 МПа.$$

Расчет температуры верха колонны

Предварительно определяется давление на верху колонны $П_D$. Давление верха колонны больше давления в емкости орошения на величину гидравлических сопротивлений в трубопроводах и конденсаторе-холодильнике ΔP_1. Таким образом:

$$П_D = П_O + \Delta P_1 = 0{,}075 + 0{,}045 = 0{,}12 МПа,$$

где: $\Delta P_1 = 0{,}045 МПа$.

Для расчетов температуры верха колонны t_D используется уравнение состояния изотермы паровой фазы в виде:

$$\frac{Y_D}{k_1}+\frac{1-Y_D}{k_2}=1$$

Поиск температуры t_D удовлетворяющей уравнению изотермы, осуществляется методом деления отрезка пополам в интервале $[t_{КИП1}-50...t_{КИП1}+50]$.

Рассчитываем константы фазового распределения компонентов при значениях $П_D$ и t_D:

$$k_1=\frac{P_1}{П_D},$$

$$k_2=\frac{P_2}{П_D},$$

где давления насыщенных паров компонентов P_1 и P_2 рассчитаем по методу Питцера (см. п.2.4.3) и приведем результаты расчета в виде таблицы:2.2.

Таблица 2.2 Результаты расчета давлений насыщенных паров

	τ_i	P_i, МПа	f_{i0}	f_{i1}
	0,717	0,17	-2,124	-2,086
	0,624	0,032	-3,224	-3,508

Тогда константы фазового распределения компонентов будут равны:

$$k_1=\frac{P_1}{П_D}=\frac{0{,}17}{0{,}12}=1{,}41,\ k_2=\frac{P_2}{П_D}=\frac{0{,}032}{0{,}12}=0{,}27.$$

Проверим правильность расчетов по уравнению состояния изотермы паровой фазы:

$$\frac{Y_D}{k_1}+\frac{1-Y_D}{k_2}=\frac{0{,}99}{0{,}5}+\frac{(1-0{,}99)}{0{,}27}=1{,}051\approx 1.$$

Т.к. условие выполняется, следовательно $t_D=423K$ выбрана правильно.

Расчет температуры низа колонны

Предварительно определяется давление внизу колонны Π_R. Давление низа колонны больше давления ее верха на величину суммарного гидравлического сопротивления тарелок ΔP_2. Таким образом:

$$\Pi_R = \Pi_D + \Delta P_2 = 0{,}12 + 0{,}05 = 0{,}17 МПа,$$

где: $\Delta P_2 = 0{,}05 МПа$.

Для расчетов температуры низа колонны t_R используется уравнение состояния изотермы жидкой фазы в виде:

$$k_1 \cdot X_R + k_2 \cdot (1 - X_R) = 1$$

Поиск температуры t_R, удовлетворяющей уравнению изотермы,

осуществляется методом деления отрезка пополам в интервале [$t_{кип2}$-50… $t_{кип2}$+50].

Рассчитываем константы фазового распределения компонентов при значениях Π_R и t_R

$$k_1 = \frac{P_1}{\Pi_R},\ k_2 = \frac{P_2}{\Pi_R},$$

где давления насыщенных паров компонентов P_1 и P_2 рассчитаем по методу Питцера (см. п.2.4.3) и приведем результаты расчета в виде таблицы:2.3.

Таблица 2.3 Результаты расчета давлений насыщенных паров

	τ_i	P_i, МПа	f_{i0}	f_{i1}
1	0,891	1,479	0,678	0,579
2	0,776	0,141	1,566	1,453

Тогда константы фазового распределения компонентов будут равны:

$$k_1 = \frac{P_1}{\Pi_R} = \frac{1{,}479}{0{,}17} = 4{,}231,\ k_2 = \frac{P_2}{\Pi_R} = \frac{0{,}141}{0{,}17} = 0{,}983.$$

Проверим правильность расчетов по уравнению состояния изотермы жидкой фазы (2.4.5.2):

$$k_1 \cdot X_R + k_2 \cdot (1 - X_R) = 4{,}231 \cdot 0{,}015 + 0{,}983 \cdot (1 - 0{,}015) = 1{,}032 \approx 1.$$

Т.к. условие выполняется, следовательно, $t_R = 493K$ выбрана правильно.

Расчет температуры в секции питания

Расчет сводится к отысканию значений давления $П_L$ и температуры t_L в секции питания, обеспечивающих желаемую долю отгона сырья. Доля отгона е показывает отношение количества образовавшихся в результате однократного испарения сырья в питательной секции колонны паров V_C к количеству исходного сырья L , т.е.

$e = V_C / L$.

По смыслу определения значения доли отгона лежат в интервале [0…1]. Внутренние материальные потоки в колонне являются оптимальными, когда доля отгона сырья близка к доле отбора ε, т.е. $e \approx \varepsilon = D / L = 35{,}6 / 387{,}6 = 0{,}091$

В первом приближении давление в секции питания может быть принятым как среднее арифметическое между $П_D$ и $П_R$, т.е.

$П_L = 0{,}5 \cdot (П_D + П_R) = 0{,}5 \cdot (0{,}12 + 0{,}17) = 0{,}145 МПа$.

Температура t_L рассчитывается методом постепенных приближений в интервале $[t_D \ldots t_R]$.

Рассчитываем константы фазового распределения и давления насыщенных паров по методу Питцера, компонентов при значениях $П_L$ и t_L и приведем результаты расчета в виде таблицы:2.4.

Таблица 2.4 Результаты расчета давлений насыщенных паров

	τ_i	k_i	P_i ,МПа	f_{i0}	f_{i1}
	0,891	2,368	0,769	-1,207	-1,080
	0,713	0,457	0,148	-2,166	-2,136

Из уравнения материального баланса процесса однократного испарения определяют концентрации НКК и ВКК в жидкой фазе остатка:

НКК: $X_C = \dfrac{X_L}{1 + e \cdot (k_1 - 1)} = \dfrac{0{,}1}{1 + 0{,}091 \cdot (2{,}368 - 1)} = 0{,}089$

ВКК: $\overline{1-X_C} = \dfrac{1-X_L}{1+e\cdot(k_2-1)} = \dfrac{1-0{,}1}{1+0{,}091\cdot(0{,}457-1)} = 0{,}911$.

Контролируем правильность выбора температуры t_L по условию:

$X_C + \overline{1-X_C} = 1$.

Т.к. условие выполняется, следовательно $t_L = 425K$ выбрана правильно.

Состав равновесной паровой фазы сырья после его однократного испарения в питательной секции рассчитывается по уравнению равновесия паровой и жидкой фаз:

$Y_C = k_1 \cdot X_C = 2{,}368 \cdot 0{,}091 = 0{,}215$

Расчет флегмового и парового чисел

Флегмовое число r показывает отношение количества жидкого орошения g подаваемого на верхнюю тарелку колонны, к количеству паров дистиллята D, т.е. $r = g / D$.

Предварительно определяется минимальное флегмовое число, соответствующее минимальной разделительной способности тарелок по формуле:

$$r_{\min} = \frac{Y_D - Y_C}{Y_C - X_C} = \frac{0{,}99-0{,}215}{0{,}215-0{,}089} = 3{,}15.$$

Рабочее флегмовое число, соответствующее оптимальной разделительной способности тарелок, рассчитывается по формуле:

$r_{pr} = 1{,}35 \cdot r_{\min} + 0{,}35 = 1{,}35 \cdot 3{,}15 + 0{,}35 = 4{,}51$

Паровое число S показывает отношение количества парового орошения V_R, подаваемого под нижнюю тарелку колонны, к количеству жидкого остатка R, т.е.

$S = V_R / R$.

Рабочее паровое число рассчитывается в зависимости от r_{pr} из уравнения материального баланса питательной секции:

$S_p = \left[D \cdot r_{pr} + (1-e)\cdot L - R\right] / R = 1{,}075$.

Расчет секции питания

В задачу расчета секции питания входит определение количеств и составов потоков, приходящих в секцию. Схема к расчету на рис.2.7, где

1- нижняя тарелка концентрационной секции; 2 – корпус колонны; 3 – тарелка питания (верхняя тарелка отгонной секции);

V_C, V_k, V_m – расходы паров сырья, с тарелки питания, в концентрационную секцию, кмоль/ч;

Y_C, Y_k, U_m – мольные концентрации НКК в соответствующих паровых потоках, доли;

g_c, g_k, g_m – расходы жидкости сырья, из концентрационной секции, на тарелку питания, кмоль/ч;

X_C, X_k, X_m – мольные концентрации НКК в соответствующих жидких потоках, доли.

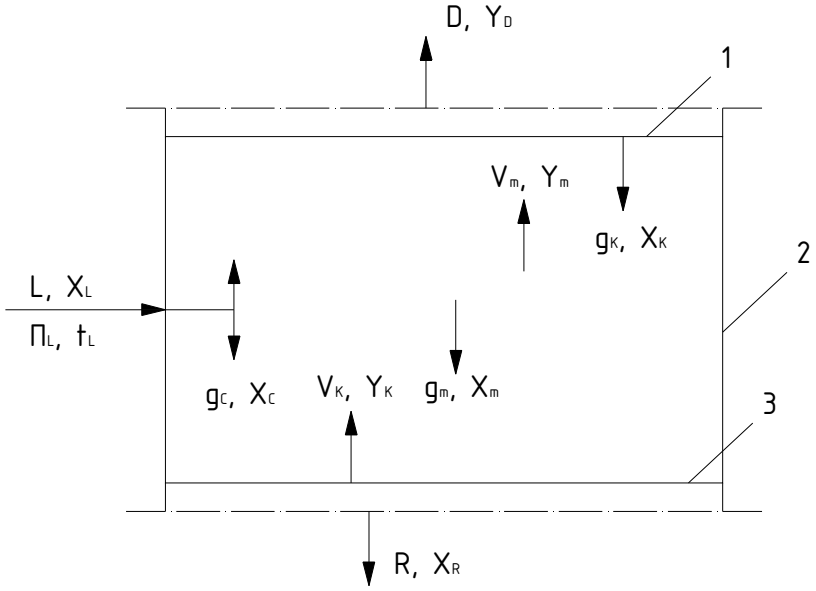


Рис. 2.9. Схема к расчету секции питания

Количество сырьевых потоков определяется по формулам:

$$V_C = L \cdot e = 387{,}6 \cdot 0{,}091 = 35{,}3 кмоль/ч,$$

$$g_c = L - V_C = 387{,}6 - 35{,}3 = 352{,}3 кмоль/ч.$$

Количество остальных потоков находятся из системы уравнений материальных балансов для питательной тарелки, концентрационной и отгонной секций. Для замыкания системы уравнений используется допущение о постоянстве флегмы по высоте концентрационной секции, т.е.

$$g_k = g = D \cdot r_{pr} = 35{,}3 \cdot 4{,}51 = 159{,}2 кмоль/ч.$$

Тогда:

$g_m = g_k + g_c = 159{,}2 + 352{,}3 = 511{,}5 кмоль/ч$,

$V_m = D + g_k = 35{,}6 + 159{,}2 = 194{,}8 кмоль/ч$,

$V_k = V_m - V_C = 194{,}8 - 35{,}3 = 159{,}5 кмоль/ч$.

Составы сырьевых потоков $Y_C = 0{,}215$ и $X_C = 0{,}089$ определены ранее. Составы остальных потоков питательной секции рассчитываются из системы уравнений материальных балансов по НКК, аналогичной вышеупомянутой. Для замыкания системы уравнений используем дополнительное условие:

$X_k = 1{,}1 \cdot X_C = 1{,}1 \cdot 0{,}089 = 0{,}098$.

С учетом этого расчеты составов производятся методом постепенного приближения по приводимым ниже формулам:

$$X_m = \frac{g_k \cdot X_k + g_c \cdot X_C}{g_m} = \frac{159{,}2 \cdot 0{,}098 + 352{,}3 \cdot 0{,}089}{511{,}5} = 0{,}092,$$

$$Y_k = \frac{g_m \cdot X_m - R \cdot X_R}{V_k} = \frac{511{,}2 \cdot 0{,}092 - 352 \cdot 0{,}01}{159{,}5} = 0{,}273,$$

$$Y_m = \frac{D \cdot Y_d + g_k \cdot X_k}{V_m} = \frac{35{,}6 \cdot 0{,}99 + 159{,}2 \cdot 0{,}098}{194{,}8} = 0{,}189,$$

$$\overline{Y_m} = \frac{V_k \cdot Y_k + V_c \cdot Y_c}{V_m} = \frac{449{,}14 \cdot 0{,}456 + 186{,}71 \cdot 0{,}516}{635{,}86} = 0{,}189.$$

Контроль правильности расчета проводится по условию: $Y_m = \overline{Y_m}$, т.к. условие выполняется следовательно условие $X_k = 0{,}098$ выбрано правильно.

Правильность расчетов материального баланса секции питания контролируют по уравнению:

$$D \cdot Y_D + R \cdot X_R = g_m \cdot X_m + V_m \cdot Y_m - g_k \cdot X_k - V_k \cdot Y_k,$$

$35{,}9 = 35{,}9$.

Условие выполняется.

Расчет теплового баланса

Для колонны непрерывного действия с учетом потерь тепла в окружающую среду имеем:

Приход тепла: с теплоносителем в подогревателе $Q_{КИП}$;

с исходной смесью $Q_L = L \cdot i_L$;

с флегмой $Q_g = g \cdot i_g$.

Расход тепла: с парами, поступающими из колонны в дефлегматор $Q_{(D+g)} = (D+g) \cdot I$; с остатком $Q_R = R \cdot i_R$;мс потерями в окружающую среду $Q_П$.

Кроме известных величин, в выражения для количеств тепла входят: I, $i_L = 516 кДж/кг$, $i_g = 415 кДж/кг$ и $i_R = 736 кДж/кг$ – энтальпии соответственно паров, выходящих из колонны, исходной смеси при температуре 140^{0}С, флегмы и остатка при температуре 180^{0}С– справочный материал [11].

Таким образом, уравнение теплового баланса:

$$Q_{КИП} + Q_L + Q_g = Q_{(D+g)} + Q_R + Q_П.$$

Подставляя вместо Q их значения и учитывая, что $L = D + R$, $(D+g) = D \cdot (r+1)$ и $g = D \cdot r$, получим

$$Q_{КИП} + (D+R) \cdot i_L + D \cdot r_L = D \cdot (r+1) \cdot I + R \cdot i_R + Q_П.$$

Флегма из дефлегматора поступает в колонну при температуре её кипения. Поэтому энтальпия выходящих из колонны паров:

$$I = i_g + r_g = 415 + 450 = 865 \text{ кДж/кг},$$

где: r_g – теплота испарения флегмы, равная 450кДж/кг при температуре флегмы 180^{0}С [11].

Принимаем потери в окружающую среду в размере 3% от $Q_{КИП}$.

Тепловую нагрузку на подогреватель определяем в качестве затрат энергии на изменение температуры кубового остатка при горячем орошении куба колонны с 220 до 280^{0}С по уравнению:

$$Q_{КИП} = V_R \cdot c \cdot (t_K - t_H) = 12{,}4 \cdot 289{,}8 \cdot (151 - 146) = 17967 кДж,$$

где V_R – расход пара на орошение, кг/с;

с – средняя массовая теплоемкость пара, кДж/кг·моль·^{0}С;

t_K – температура пара на выходе из подогревателя, ^{0}С.

t_H – температура смеси на входе в подогревателя, ^{0}С.

Тогда, подставляя найденные значения, получим:

$$17967 + 27{,}83 \cdot 516 + 12{,}1 \cdot 450 = 12{,}1 \cdot (1{,}3+1) \cdot 865 + 12{,}4 \cdot 736 + 539,$$

$$3{,}361 \cdot 10^4 \approx 3{,}374 \cdot 10^4.$$

Тепловой баланс сходится, что говорит приход и расход тепла в колонне с учетом потерь в окружающую среду сбалансирован.

Расчет числа теоретических тарелок

Минимальное число теоретических тарелок, соответствующего режиму «полного» орошения колонны, определяется по методу Фенске-Андервуда. Предварительно рассчитываются средние коэффициенты относительной летучести для колонны и концентрационной секции (как среднее геометрическое):

$\alpha = \sqrt{(\alpha_D \alpha_R)}$,

$\alpha_k = \sqrt{(\alpha_D \alpha_L)}$,

где α_D, α_L, α_R – коэффициенты относительной летучести, определяемые при температурах верха t_D, питательной секции t_L, и низа колонны t_R по формулам:

$$\alpha_i = \frac{k_1}{k_2}, \ (i = D, L, R)$$

$$\alpha_D = \frac{k_1}{k_2} = 6{,}686,$$

$$\alpha_L = \frac{k_1}{k_2} = 5{,}177,$$

$$\alpha_R = \frac{k_1}{k_2} = 4{,}303.$$

Коэффициенты фазового распределения компонентов k_1 и k_2 при соответствующих температурах.

Тогда получим:

$\alpha = \sqrt{(\alpha_D \alpha_R)} = \sqrt{(6{,}686 \cdot 4{,}303)} = 5{,}364$,

$\alpha_k = \sqrt{(\alpha_D \alpha_L)} = \sqrt{(6{,}686 \cdot 5{,}177)} = 5{,}883$.

Минимальное число тарелок в колонне равно:

$$N_{\min} = \frac{\lg\left[\frac{Y_D(1 - X_R)}{X_R(1 - Y_D)}\right]}{\lg \alpha} - 1 = \frac{\lg\left[\frac{0{,}99(1 - 0{,}01)}{0{,}01(1 - 0{,}99)}\right]}{0{,}729} - 1 = 12{,}561$$

Минимальное число тарелок в концентрационной секции равно:

$$N_{\min k} = \frac{\lg\left[\frac{Y_D(1-X_k)}{X_k(1-Y_D)}\right]}{\lg \alpha_k} = \frac{\lg\left[\frac{0{,}99(1-0{,}098)}{0{,}098(1-0{,}99)}\right]}{0{,}77} = 4{,}613 .$$

Число теоретических тарелок, соответствующее рабочим флегмовому и паровому числам, рассчитываются по формулам:

Для всей колонны:

$$N = 1{,}7 \cdot N_{\min} + 0{,}7 = 1{,}7 \cdot 12{,}561 + 0{,}7 = 21{,}9 .$$

Для концентрационной секции:

$$N_k = 1{,}7 \cdot N_{\min .k} + 0{,}7 = 1{,}7 \cdot 4{,}613 + 0{,}7 = 7{,}5 .$$

Для отгонной секции:

$$N_o = N - N_k = 21{,}9 - 7{,}5 = 14{,}4 .$$

Уточняем давление в секции питания:

$$\overline{П_L} = П_D + \Delta P_2 \frac{N_k}{N} = 0{,}12 + 0{,}05 \cdot \frac{7{,}5}{21{,}9} = 0{,}137 МПа.$$

Расчет диаметра колонны

Диаметр колонны рассчитывается в трех характерных сечениях:

- над верхней тарелкой – сечение 1;
- под нижней тарелкой – сечение 2;
- в питательной секции – сечение 3.

Используемые в расчетах данные о расходах паровых и жидких потоков, их составах и параметрах состояния перечислены в Таблице 2.5.

Таблица 2.5. Исходные данные к расчету диаметра колонны

№ сечения	Расход (кмоль/ч)		Давление (МПа)	Температура, К	Состав пара/жидк.
	Пара	Жидкости			
1	194,8	159,5	0,12	413	0,99/0,99
2	159,5	511,5	0,17	493	0,99/0,01
3	194,8	511,5	0,145	453	0,215/0,1

Для сечения №1:

Используемые при определение диаметра колонны расходы жидкости и пара в расчетном сечении определяется по формулам:

$L^*_Ж = L_Ж \cdot M = 159{,}5 \cdot 104{,}2 = 16620{,}7 кг/ч$,

$G^*_П = G_П \cdot M = 194{,}8 \cdot 104{,}2 = 20298{,}1 кг/ч$,

где $L_Ж$, $G_П$ – расход жидкости и пара в сечении, кмоль/ч (см. Табл. 2.5);

M – мольная масса жидкого или парового потока равная:

$$M = M_{НКК} \cdot X_D + M_{ВКК} \cdot (1 - X_D) = 103{,}2 \cdot 0{,}99 + 203{,}7 \cdot (1 - 0{,}99) = 104{,}2.$$

Псевдокритические температура и давление, фактор ацентричности, критерий Филиппова рассчитываются по формулам:

$$T_{кр} = T_{кр1} \cdot X_D + T_{кр2} \cdot (1 - X_D) = 471{,}5 \cdot 0{,}99 + 572{,}3 \cdot (1 - 0{,}99) = 472{,}5 K,$$

$$P_{кр} = P_{кр1} \cdot X_D + P_{кр2} \cdot (1 - X_D) = 3{,}19 \cdot 0{,}99 + 2{,}32 \cdot (1 - 0{,}99) = 3{,}18 МПа,$$

$$\omega = \omega_1 \cdot X_D + \omega_2 \cdot (1 - X_D) = 0{,}252 \cdot 0{,}99 + 0{,}352 \cdot (1 - 0{,}99) = 0{,}253,$$

$$\lg A = 0{,}604 - 1{,}505 \cdot \omega = 0{,}22,$$

где: $T_{кр}$, $P_{кр}$, ω – критические температура и давление и фактор ацентричности НКК и ВКК соответственно.

Псевдокритическая плотность определяется по формуле:

$$\rho_{кр} = \frac{M}{\frac{Y_D}{\rho_{кр1}} \cdot M_{НКК} + \frac{1 - Y_D}{\rho_{кр2}} \cdot M_{ВКК}} = \frac{104{,}2}{\frac{0{,}99}{228} \cdot 103{,}2 + \frac{1 - 0{,}99}{234} \cdot 203{,}7} = 229 кг/м^3,$$

(2.4.10.7)

где: M – мольная масса потока;

$M_{НКК}$, $M_{ВКК}$ – мольные массы НКК и ВКК;

$\rho_{кр1}$, $\rho_{кр2}$ – критические плотности НКК и ВКК, кг/м^3.

Плотность на линии насыщения рассчитываются по формуле:

$$\rho_ж = \rho_{кр} \cdot \left[1 + B(1 - \tau)^{0{,}323} + (B - 1) \cdot (1 - \tau)\right] = 602{,}37 (кг/м^3),$$

где: $B = (7{,}784 - 3{,}267 \cdot \lg A)^{0{,}323} = 1{,}88$.

Далее рассчитывается коэффициент сжимаемости:

$$Z_Ж = \frac{M \cdot П_D \cdot 10^6}{R_0 \cdot T_D \cdot \rho_Ж} = \frac{104{,}2 \cdot 0{,}12 \cdot 10^6}{8314 \cdot 413 \cdot 602{,}37} = 0{,}014,$$

где: M – мольная масса потока; $П_D$ – давление, МПа; $R_0 = 8314 Дж/(кмоль \cdot К)$ – универсальная постоянная; T_D – температура, К; $\rho_Ж$ – плотность жидкости, кг/м^3.

Т.к. $-\lg Z_ж = 1{,}86$, что больше значения 0,7, то плотность пара вычисляется по формулам:

$$\lg(1 - Z_П) = 0{,}254 + 0{,}09 \cdot \lg A + (0{,}705 - 0{,}0668 \cdot \lg A) \cdot \lg Z_Ж = -1{,}008,$$

$$Z_П = 1 - 10^{\lg(1-Z_П)} = 1 - 10^{-1{,}008} = 0{,}902,$$

$$\rho_П = \frac{M \cdot П \cdot 10^6}{R_o \cdot T \cdot Z_П} = \frac{104{,}2 \cdot 0{,}12 \cdot 10^6}{8314 \cdot 413 \cdot 0{,}902} = 10{,}234 кг/м^3$$

Тогда объемный расход паров в сечении:

$$V_{СЕК} = \frac{G_П \cdot M}{3600 \cdot \rho_П} = \frac{194{,}8 \cdot 104{,}2}{3600 \cdot 10{,}234} = 0{,}55 м^3/с.$$

Для выбора метода расчета диаметра колонны оценивается жидкостная нагрузка на сливное устройство по формуле:

$$L_V = \frac{L^*_Ж}{a \cdot D_k \cdot \rho_Ж} = \frac{16620{,}7}{1 \cdot 1 \cdot 602{,}37} = 27{,}6 м^3/(м \cdot ч),$$

где: $a = 1$ – относительная длина сливной перегородки; D_k – диаметр колонны принимается равный 1.

Т.к. $L_V > 25 м^3/м \cdot ч$, то диаметр колонны рассчитывается по формуле:

$$D_K = \frac{\frac{L^*_Ж}{2 \cdot \rho_Ж} + \sqrt{(k_0 \cdot C + 35) \cdot \frac{G^*_П}{\sqrt{\rho_П \cdot (\rho_Ж - \rho_П)}}}}{k_0 \cdot C + 35} =$$

$$\frac{\frac{16620{,}7}{2 \cdot 602{,}37} + \sqrt{(0{,}35 \cdot 563{,}14 + 35) \cdot \frac{20298{,}1}{\sqrt{10{,}234 \cdot (602{,}37 - 10{,}234)}}}}{0{,}35 \cdot 563{,}14 + 35} = 1{,}36 м,$$

где: $L^*_Ж$, $G^*_П$ - расходы жидкости и пара в расчетном сечении, кг/ч;

$k_0 = 0{,}35$ – для клапанных тарелок; C – коэффициент, учитывающий признак ректификации, вычисляется по следующей формуле:

$$C = -377{,}355 + 1914{,}1 \cdot H_T + 5666{,}76 \cdot H_T^2 - 11732{,}5 \cdot H_T^3 + 5833{,}1 H_T^4 = 563{,}14,$$

(2.4.10.17)

где: $H_T = 0{,}5м$, - расстояние между тарелками.

Для сечения №2 и №3 по аналогии производим расчет диаметра колонны и результат оформлям в виде таблице 2.6.

Таблица 2.6 Результат расчета диаметров колонн для сечений №2 и №3.

№ сечения	$L^*_Ж$ кг/ч	$G^*_П$ кг/ч	M м. доли	$T_{кр}$ К	$P_{кр}$ МПа	ω	$\rho_{кр}$ кг/м3
2	16620,7	53300	203,3	538,95	2,75	0,349	314
3	20298	53300	193,7	523,93	2,88	0,328	247

№ сечения	$\rho_{ж}$ кг/м3	$Z_Ж$	$Z_П$	$\rho_П$ кг/м3	$V_{СЕК}$ м3/сек	L_V м3/(м·ч)	C	$D_К$ м
2	852	0,013	0,912	13,5	1,1	114	563	1,68
3	822	0,016	0,897	12,9	1,5	136	563	2,08

Для концентрационной части колонны принимаем $D_К = 1{,}4м$, для отгонной части $D_К = 2{,}2м$

Расчет действительного числа тарелок

Действительное число тарелок подсчитываем отдельно для концентрационной и отгонной секций по формулам:

$$N_{КД} = \frac{N_К}{\eta_К},$$

$$N_{ОД} = \frac{N_О}{\eta_О},$$

где $\eta_К$, $\eta_О$ – средние к.п.д. тарелок для концентрационной и отгонной секций, доли.

В каждой из секций колонны к.п.д. определяем для верхней и нижней тарелки, а затем усредняем как среднее арифметическое. В таблице 2.7. приведены исходные данные к расчету.

Таблица 2.7 Исходные данные к расчету к.п.д. тарелок

Тарелка	Расход	Давление	Температура
	Концентрационная секция		
Верхняя	194,8	0.12	413
Нижняя	194,8	0,145	453
	Отгонная секция		
Верхняя	159,5	0,145	453
Нижняя	159,5	0,17	493

Для концентрационной секции:

Для верхней тарелки:

Скорость паров рассчитываем по формуле:

$$W = \frac{V_{СЕК}}{\pi \cdot D_К^2} = \frac{0,55}{3,14 \cdot (1,4)^2} = 0,089 м/с,$$

где: $V_{СЕК}$ – объемный расход на соответствующей тарелке соответствующего сечения (см. п.2.4.10), м^3/с;

$D_К$ – принятый диаметр колонны.

Предварительно вычисляем комплекс:

$$F_S = W \cdot \sqrt{\rho_П} = 0,089 \cdot \sqrt{10,234} = 0,285$$

КПД тарелок рассчитываем по формуле:

$$\eta_{КВ} = 0,79 + 0,1834 \cdot F_S - 0,0782 \cdot F_S^2 - 0,013012 \cdot F_S^3 = 0.819.$$

Для нижней тарелки:

Скорость паров рассчитываем по формуле:

$$W = \frac{V_{СЕК}}{\pi \cdot D_К^2} = \frac{0,55}{3,14 \cdot (1,4)^2} = 0,101 м/с$$

Вычисляем комплекс по формуле:

$$F_S = W \cdot \sqrt{\rho_П} = 0,101 \cdot \sqrt{11,977} = 0,351.$$

КПД тарелок рассчитываем по формуле:

$$\eta_{КН} = 0,79 + 0,1834 \cdot F_S - 0,0782 \cdot F_S^2 - 0,013012 \cdot F_S^3 = 0.844.$$

Среднее КПД концентрационной секции равно:

$$\eta_К = \frac{\eta_{КН} + \eta_{КВ}}{2} = 0,841.$$

Тогда действительное число тарелок в концентрационной секции по формуле равно:

$$N_{КД} = \frac{N_К}{\eta_К} = \frac{6,5}{0,841} = 7,72 \approx 8$$

Для отгонной секции:

Для верхней тарелки:

Скорость паров рассчитываем по формуле :

$$W = \frac{V_{СЕК}}{\pi \cdot D_К^2} = \frac{1,54}{3,14 \cdot (2,2)^2} = 0,101 м/с$$

Предварительно вычисляем комплекс:

$$F_S = W \cdot \sqrt{\rho_П} = 0,101 \cdot \sqrt{11,977} = 0,351$$

КПД тарелок рассчитывается по формуле:

$$\eta_{ОВ} = 0,79 + 0,1834 \cdot F_S - 0,0782 \cdot F_S^2 - 0,013012 \cdot F_S^3 = 0.844$$

Для нижней тарелки:

Скорость паров рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{V_{СЕК}}{\pi \cdot D_К^2} = \frac{1,105}{3,14 \cdot (2,2)^2} = 0,073 м/с.$$

Предварительно вычисляем комплекс:

$$F_S = W \cdot \sqrt{\rho_П} = 0,073 \cdot \sqrt{12,55} = 0,257.$$

КПД тарелок рассчитываем по формуле:

$$\eta_{ОН} = 0,79 + 0,1834 \cdot F_S - 0,0782 \cdot F_S^2 - 0,013012 \cdot F_S^3 = 0.832.$$

Среднее КПД отгонной секции равно:

$$\eta_О = \frac{\eta_{ОН} + \eta_{ОВ}}{2} = 0,838.$$

Тогда действительное число тарелок в отгонной секции равно:

$$N_{ОД} = \frac{N_О}{\eta_О} = \frac{11,4}{0,838} = 13,73 \approx 14$$

Общее число действительных тарелок:

$$N_Д = N_{КД} + N_{ОД} = 8 + 14 = 22.$$

Гидравлический расчет тарелок

Гидравлический расчет тарелок проводится с целью определения перепада давления на пути движения паров, величина уноса жидкости, проверки правильности выбора типа тарелок и расстояния между ними. Расчету подвергаются верхняя и нижняя тарелки концентрационной и отгонной секции. Среднее значение сопротивления тарелок для каждой из секции находится как среднее арифметическое сопротивление ее верхней и нижней тарелок.

Исходные данные к гидравлическому расчету тарелок приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8. Исходные данные к гидравлическому расчету тарелок

Тарелка	Расход		Давление	Температура
	пара	жидкости		
	Концентрационная секция			
Верхняя	194,8	159,5	0,12	413
Нижняя	194,8	159,5	0,145	453
	Отгонная секция			
Верхняя	159,5	511,5	0,145	453
Нижняя	159,5	511,5	0,17	493

Пренебрегая вкладом от сил поверхностного натяжения, общее гидравлическое сопротивление верхней тарелки концентрационной секции рассчитываются по формуле:

$$\Delta p_{КВ} = \Delta p_C + \Delta p_Ж,$$

где: Δp_C, $\Delta p_Ж$ – сопротивление сухой тарелки и сопротивление слоя жидкости на тарелки соответственно, Па.

Концентрационная секция:

Для верхней тарелки:

Сопротивление сухой тарелки определяется по формуле:

$$\Delta p_C = \varepsilon_C \frac{\rho_П \cdot W_O^2}{2} = 3{,}6 \cdot \frac{10{,}234 \cdot (1{,}654)^2}{2} = 45 Па,$$

где: ε_C – коэффициент сопротивления сухой тарелки, для клапанной тарелки равный 3,6; $\rho_П$ – плотность паров (см. п. 2.4.10), кг/м^3; W_O – скорость паров в отверстиях и щелях, м/с, которая рассчитывается по формуле:

$$W_O = 5/\sqrt{\rho_П} = 5/\sqrt{10{,}234} = 1{,}654 м/с.$$

Сопротивление слоя жидкости на тарелки определяется по формуле:

$$\Delta p_Ж = \left(h_{ГБ} + \frac{\Delta h}{2}\right) \cdot \rho_Ж \cdot g = \left(0{,}096 + \frac{0{,}01}{2}\right) \cdot 602{,}37 \cdot 9{,}8 = 596 Па,$$

где: $\rho_Ж$ – плотность жидкости, кг/м^3;

g=9,81 м/с^2 – ускорение свободного падения.

$h_{ГБ}$ – глубина барботажа пара в слое жидкости на тарелке, м, которая рассчитывается по формуле:

$$h_{ГБ} = \frac{0{,}7 \cdot (П_D \cdot 10^6)^{0{,}35}}{\rho_Ж} = \frac{0{,}7 \cdot (0{,}3 \cdot 10^6)^{0{,}35}}{602{,}37} = 0{,}096 м,$$

Δh – перепад уровня жидкости на тарелки по пути ее движения, м, определяется по формуле:

$$\Delta h = 0{,}1 \cdot \lambda_Э \cdot \frac{l_Ж \cdot V_Ж^2}{П_{СЛ}^2 \cdot (h_{ПОР} + h_{СЛ})^3 \cdot g} = 10{,}56 \frac{1{,}32 \cdot (0{,}017)^2}{(1{,}75)^2 \cdot (0{,}102 + 0{,}0065)^3 \cdot 9{,}8} = 0{,}01 м$$

где: $\lambda_Э$ – эквивалентный коэффициент сопротивления перетоку жидкости на тарелке равной 8·$l_Ж$;

$l_Ж = 0{,}6 \cdot D.к = 1{,}32 м$,

– длина пути жидкости на тарелке, м;

$П_{СЛ}$ – длина периметра слива сливного устройства, м:

$П_{СЛ} = 0{,}0136 + 0{,}7921 \cdot D_К = 1{,}75 м$,

$V_Ж$ – объемный расход жидкости на тарелке, м^3/с:

$$V_Ж = \frac{L_Ж \cdot M}{3600 \cdot \rho_Ж} = \frac{449{,}14 \cdot 80{,}91}{3600 \cdot 602{,}37} = 0{,}017 м^3/с,$$

$h_{ПОР}$ – высота сливного порога, м:

$h_{ПОР} = h_{ГБ} + h_{СЛ} = 0{,}096 + 0{,}0065 = 0{,}102 м$,

$h_{СЛ}$ – высота подпора жидкости над сливным порогом рассчитывается по формуле:

$$h_{СЛ} = 0{,}68\left(\frac{V_Ж^0}{П_{СЛ}}\right)^{0{,}67} = 0{,}68\cdot\left(\frac{0{,}017}{1{,}75}\right)^{0{,}67} = 0{,}0065 м,$$

где: $V_Ж^0$ – действительный расход жидкости, протекающий чрез переливное устройство, м^3/кг рассчитывается по формуле:

$$V_Ж^0 = V_Ж + \frac{G_П^* \cdot e_\gamma}{\rho_Ж \cdot 3600} = 0{,}017 + \frac{51240\cdot 0{,}0002}{602{,}37\cdot 3600} = 0{,}017 м/с,$$

где: $G_П^*$ – массовый расход пара через тарелку, кг/с;

e_γ – величина относительного уноса жидкости парами с тарелки кг жидк./кг пара; $\rho_Ж$ – в кг/м^3.

e_γ рассчитывается по формуле:

$$e_\gamma = 0{,}757\cdot 10^{-4}\cdot\frac{W_O^{\ 2}}{H_T^{\ 2}} = 0{,}757\cdot 10^{-4}\cdot\frac{(1{,}645)^2}{(0{,}5)^2} = 0{,}00082 кг/м^3.$$

Тогда общее гидравлическое сопротивление тарелки определяется по формуле (2.4.12.1):

$$\Delta p_{КВ} = \Delta p_C + \Delta p_Ж = 45 + 596 = 641 Па.$$

Величина сепарации капель в межтарельчатом отделении подсчитывается по формуле:

$$h_C = H_T - (h_{ПОР} + h_{СЛ} + \Delta h) = 0{,}5 - (0{,}102 + 0{,}0065 + 0{,}01) = 0{,}381 м.$$

Величина h_C не должна быть менее $0{,}33\cdot H_T$. Т.к. $h_C = 0.381 > 0{,}165$ то условие выполняется.

Для нижней тарелки концентрационной секции, а также для верхней и нижней тарелок отгонной секции выполним аналогичный расчет и результат оформим в виде таблице 2.9.

Таблица 2.9 Результат расчета гидравлических сопротивлений тарелок секций.

Тарелка	Δp_C, Па	W_O, м/с	$\Delta p_Ж$, Па	$h_{ГБ}$, м	Δh, м	Δp, Па
Концентрационная секция						
Нижняя	45	1,445	616	0,090	0,010	661
Отгонная секция						

Верхняя	45	1,445	674	0,090	0,028	719
Нижняя	45	1,411	737	0,072	0,034	782

Среднее гидравлическое сопротивление концентрационной секции равно:

$$\Delta p_K = (\Delta p_{KB} + \Delta p_{KH})/2 = (641+661)/2 = 651 Па$$

Среднее гидравлическое сопротивление отгонной секции равно:

$$\Delta p_O = (\Delta p_{OB} + \Delta p_{OH})/2 = (719+782)/2 = 750 Па$$

Оптимизация расчетов

Расчет гидравлического сопротивления тарелок позволяет уточнить режимные параметры в колонне. Общее гидравлическое сопротивление тарелок в концентрационной и отгонной секциях подсчитывается по формулам (в МПа):

$$\Delta p_3 = \Delta p_K \cdot N_{КД} = 651 \cdot 12 = 7812 Па,$$

$$\Delta p_4 = \Delta p_O \cdot N_{ОД} = 750 \cdot 8 = 6000 Па.$$

Суммарное сопротивление тарелок равно:

$$\Delta p_2^* = \Delta p_3 + \Delta p_4 = 7812 + 6000 = 13812 Па.$$

Фактическое давление в секции питания и внизу колонны равны:

$$П_L^* = П_D + \Delta p_3 = 0{,}3 + 0{,}007812 = 0{,}128 МПа,$$

$$П_R^* = П_D + \Delta p_2^* = 0{,}3 + 0{,}013812 = 0{,}134 МПа.$$

Расчет диаметров основных штуцеров

Диаметры основных штуцеров колонны вычисляются по формуле:

$$d_{ШТ} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_C}{\pi \cdot W_{ШТ}}},$$

где V_C – расход потока среды через соответствующий штуцер, м^3/с;

$W_{ШТ}$ – рекомендуемая скорость потока в штуцере, м/с.

Используемые для расчетов $d_{ШТ}$ данные перечислены в Таблице 2.10.

Таблице 2.10. Исходные данные к расчету диаметров штуцеров*)

Штуцер *)	Расход потока, кмоль/ч	Фазовое состояние	Давление, МПа	Температура, К	Состав, доли	Рекомендуемая скорость, $W_{ШТ}$ м/с

d_1	192,8	Ж	0,145	413	0,1	1,5
d_2	194,8	П	0,12	413	0,99	15
d_3	159,5	Ж	0,12	400	0,99	1,5
d_4	159,5	П	0,17	493	0,99	15
d_5	511,5	Ж	0,17	493	0,01	0,5

*) Расположение штуцеров на колонне приведено условно на Рис. 2.3.

Объемный расход потока вычисляется через мольный расход по формуле:

$$V_C = \frac{M^* \cdot M}{3600 \cdot \rho},$$

где $M^*(\equiv L, D+g, g, V_R, R+V_R)$ – мольный расход потока, кмоль/ч;

$\rho(\equiv \rho_Ж, \rho_П)$ – плотность потока, кг/м^3.

Рассчитанные диаметры штуцеров округляем до ближайших стандартных значений из ряда в мм:

50 65 80 100 125 200 300 350 400 500 600

Рассчитаем диаметр штуцера d_1 :

$$V_{C1} = \frac{L \cdot M}{3600 \cdot \rho_Ж} = \frac{192{,}8 \cdot 103{,}2}{3600 \cdot 662{,}95} = 0{,}02 м/с,$$

$$d_{ШТ1} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{C1}}{\pi \cdot W_{ШТ1}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}02}{\pi \cdot 1{,}5}} == 0{,}132 м.$$

Рассчитаем диаметр штуцера d_2

$$V_{C2} = \frac{(D+g) \cdot M}{3600 \cdot \rho_П} = \frac{194{,}8 \cdot 104{,}2}{3600 \cdot 10{,}234} = 1{,}55 м/с,$$

$$d_{ШТ2} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{C2}}{\pi \cdot W_{ШТ2}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}55}{\pi \cdot 15}} = 0{,}362 м.$$

Полученный диаметр округляем до $d_{ШТ2} = 400 мм$.

Рассчитаем диаметр штуцера d_3

$$V_{C3} = \frac{g_K \cdot M}{3600 \cdot \rho_Ж} = \frac{194{,}8 \cdot 104{,}2}{3600 \cdot 602{,}95} = 0{,}017 м/с,$$

$$d_{ШТ3} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{C3}}{\pi \cdot W_{ШТ3}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}017}{\pi \cdot 1{,}5}} = 0{,}119 м .$$

Полученный диаметр округляем до $d_{ШТ3} = 150 мм$.

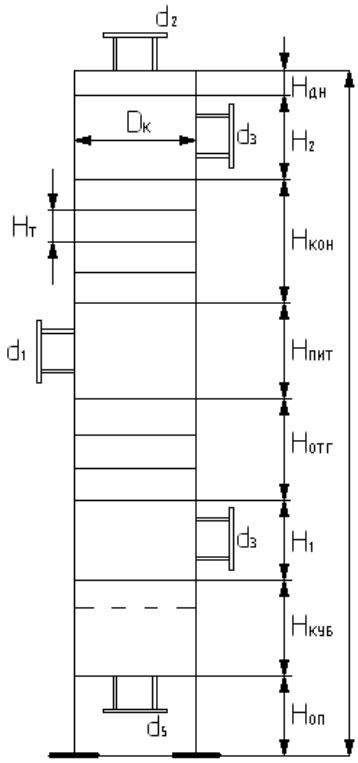


Рис. 2.10. Схема к расчету высоты колонны

Рассчитаем диаметр штуцера d_4 :

$$V_{C4} = \frac{V_R \cdot M}{3600 \cdot \rho_П} = \frac{159{,}5 \cdot 104{,}2}{3600 \cdot 12{,}55} = 0{,}804 м/с ,$$

$$d_{ШТ4} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{C4}}{\pi \cdot W_{ШТ4}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}804}{\pi \cdot 15}} = 0{,}261 м .$$

Полученный диаметр округляем до $d_{ШТ4} = 300 мм$.

Рассчитаем диаметр штуцера d_5 :

$$V_{C5} = \frac{(R + V_R) \cdot M}{3600 \cdot \rho_Ж} = \frac{511{,}5 \cdot 104{,}2}{3600 \cdot 845{,}8} = 0{,}023 м/с ,$$

$$d_{ШТ5} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{C5}}{\pi \cdot W_{ШТ5}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}023}{\pi \cdot 0{,}5}} = 0{,}242 м .$$

Полученный диаметр округляем до $d_{ШТ5} = 250 мм$.

Расчет высоты колонны

Схема к расчету высоты колонны приведена на Рис. 2.10. В соответствии с рисунком полная высота колонны вычисляется по формуле:

$$H_К = H_{ОП} + H_{КУБ} + H_1 + H_{ОТГ} + H_{ПИТ} + H_{КОН} + H_2 + H_{ДН} = 22{,}5м,$$

где: $H_{ОП}$ – высота опорной части (мантии), принимается равной 5м;

$H_{КУБ}$ – высота кубовой части рассчитывается по формуле:

$$H_{КУБ} = \frac{4 \cdot (\mathrm{R} + \mathrm{V_R}) \cdot M_R \cdot \tau_{КУБ}}{60 \cdot \pi \cdot \rho_Ж \cdot \mathrm{D_К^2}} = \frac{4 \cdot 449{,}14 \cdot 104{,}2 \cdot 5}{60 \cdot 3{,}14 \cdot 845{,}78 \cdot (2{,}2)^2} = 1{,}82м,$$

где $\tau_{КУБ}$ – время на запас остатка в кубовой части, принимаемое равным 5мин;

H_1 – высота от уровня жидкости в кубе до нижней тарелки равная 1 м;

$H_{ОТГ}$ – высота занимаемая тарелками отгонной секции:

$$H_{ОТГ} = (\mathrm{N_{ОД}} - 1) \cdot H_Т = (14 - 1) \cdot 0{,}5 = 6{,}5м,$$

$H_{ПИТ}$ – высота секции питания, принимается равной 1м;

$H_{КОН}$ – высота, занимаемая тарелками концентрационной секции:

$$H_{КОН} = (\mathrm{N_{ОК}} - 1) \cdot H_Т = (8 - 1) \cdot 0{,}5 = 3{,}5м,$$

H_2 – высота от верхней тарелки, до верхнего днища, принимаемая равной 1,5 м;

$H_{ДН}$ – высота верхнего днища:

$$H_{ДН} = 0{,}3 \cdot D_К = 0{,}3 \cdot 1{,}4 = 0{,}42м.$$

2.4. Расчеты на прочность

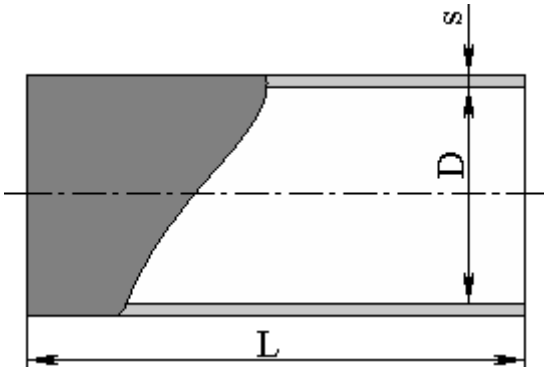
Производится замена верхней части стабилизационной колонны К-2,(К-3); зав.№134 (паспортный чертеж №НА 8007) ∅вн.1200мм на ∅вн.1400мм и дооборудованием дополнительными штуцерами.

Колонна находится на аппаратном дворе, фундамент и нижняя часть колонны ∅вн.2200мм существующие.

Определение толщины стенки обечайки и перехода конического

Обечайка цилиндрическая (существующая Ду=2200 мм)

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89



Исходные данные

Материал:	Ст3	
Внутр. диаметр, D:	2200	мм
Толщина стенки, s:	9.5	мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1:	2	мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2:	0	мм
Прибавка технологическая, c_3:	0	мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:	2	мм
Длина обечайки, L:	9250	мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_p	1

Окружной шов:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_T	1

Расчётная длина:

l == 11100 мм – для расчёта от давления и поперечного усилия;11100 мм – для расчёта от осевого усилия;

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	280	^oC
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	0.4	МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0	Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0	Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0	Н

Результаты расчёта:

Свойства материала обечайки

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 280 ^{o}C (рабочие условия):

[б]= 121 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 280°C:

E = $1.73 \cdot 10^{5}$ МПа

Коэффициент линейного расширения при температуре 280°C:

α= $1.31 \cdot 10^{-5}$ 1/C

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением .

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c$$

= (0.4 • 2200)/(2 • 121 • 1 - 0.4) + 2

= 5.64 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}$$

= 2 • 121 • 1 • (9.5 - 2) / (2200 + 9.5 - 2)

= 0.822 МПа >= 0.4 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T:	20	^{o}C
Пробное внутреннее избыточное давление, p:	0.5	МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0	Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0	Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0	Н

Результаты расчёта:

Свойства материала обечайки

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 20 ^{o}C в условиях гидроиспытаний:

$[б]^{20}=\eta \cdot R_e^{20}/1.1=$ 1 • 250 / 1.1= 227 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 20°C:

$E^{20}=$ $1.99 \cdot 10^{5}$ МПа

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c$$

= (0.5 • 2200)/(2 • 227 • 1 - 0.5) + 2

= 4.42 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}$$

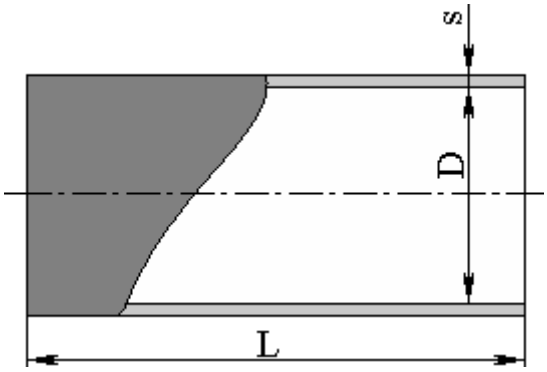
= 2 • 227 • 1 • (9.5 - 2) / (2200 + 9.5 - 2)

= 1.54 МПа >= 0.5 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Обечайка цилиндрическая (новая Ду-2200 мм)

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89



Исходные данные

Материал:	Ст3	
Внутр. диаметр, D:	2200	мм
Толщина стенки, s:	12	мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1:	2	мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2:	0	мм
Прибавка технологическая, c_3:	0	мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:	2	мм
Длина обечайки, L:	700	мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_p	1

Окружной шов:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_T	1

Расчётная длина:

l == 11100 мм – для расчёта от давления и поперечного усилия;11100 мм – для

расчёта от осевого усилия;

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	280	^{o}C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	0.4	МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0	Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0	Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0	Н

Результаты расчёта:

Свойства материала обечайки

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 280 ^{o}C (рабочие условия):

[б]= 121 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 280°C:

E = $1.73 \cdot 10^{5}$ МПа

Коэффициент линейного расширения при температуре 280°C:

α= $1.31 \cdot 10^{-5}$ 1/C

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c$$

= (0.4 • 2200)/(2 • 121 • 1 - 0.4) + 2

= 5.64 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}$$

= 2 • 121 • 1 • (12 - 2) / (2200 + 12 - 2)

= 1.1 МПа >= 0.4 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T:	20	^{o}C
Пробное внутреннее избыточное давление, p:	0.5	МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0	Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0	Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0	Н

Результаты расчёта:

Свойства материала обечайки

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 20 ^{o}C в условиях гидроиспытаний:

$[б]^{20}=\eta \cdot R_e^{20}/1.1=$ 1 • 250 / 1.1= 227 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 20°C:

$E^{20}=$ $1.99 \cdot 10^5$ МПа

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c$$

= (0.5 • 2200)/(2 • 227 • 1 - 0.5) + 2

= 4.42 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}$$

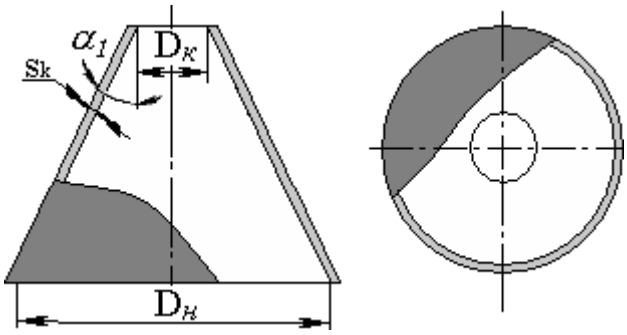
= 2 • 227 • 1 • (12 - 2) / (2200 + 12 - 2)

= 2.06 МПа >= 0.5 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Переход конический (новый с Ду=2200 мм на Ду=1400 мм)

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249–89



Исходные данные

Материал обечайки:	Ст3	
Внутр. диаметр большего днища, D:	2200	мм
Внутр. диаметр меньшего днища, D_1:	1400	мм
Толщина стенки, s_k:	12	мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1:	2	мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2:	0	мм
Прибавка технологическая, c_3:	0	мм
Сумма прибавок, c:	2	мм
Длина обечайки, L:		

ммМаксимальный

угол наклона
стенки, α_1:

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{D - D_1 + 2\cdot\sqrt{X_0^2 + Y_0^2}}{2\cdot L}\right) = 22 \text{ градуса}$$

Эффективный диаметр обечайки:

$$D_F = \frac{0.9\cdot D + 0.1\cdot(D_1 + 2\cdot s_2)}{\cos\alpha_1}$$

$= (0.9 \cdot 2200 + 0.1 \cdot (1400 + 2 \cdot 12)) \ / \cos(22)$

$= 2290$ мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

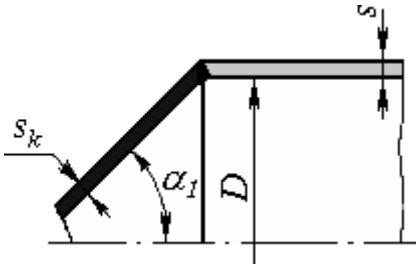
Продольный шов:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_p	1

Окружной шов:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_T	1

Левый (нижний) узел соединения:



Расчётные величины:

$a_1 = 0.7\cdot\sqrt{\frac{D}{\cos\alpha_1}\cdot(s_k - c)} = 0.7 \cdot (2200 / \cos(21.8) \cdot (12 - 2)\ )^{1/2} = 108$ мм

$a_2 = 0.7\cdot\sqrt{D\cdot(s - c_s)} = 0.7 \cdot (2200 \cdot (12 - 2)\ )^{1/2} = 104$ мм

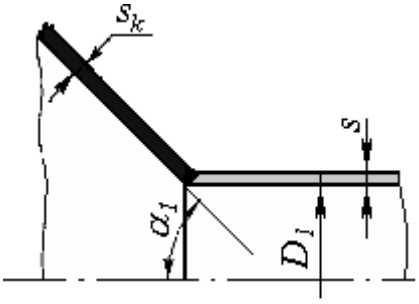
$D_k = D - 1.4\cdot a_1\cdot\sin\alpha_1 = 2200 - 1.4 \cdot 108 \cdot \sin(21.8) = 2140$ мм

Расчётные коэффициенты прочности сварных швов:

Нагрузка	Расчётные коэффициенты	
Внутреннее давление или растягивающая сила	$\varphi_P = \sqrt{\varphi_T}$	= 1
Наружное давление или сжимающая сила	$\varphi_P = \min\{\varphi_P, \sqrt{\varphi_T}\}$	= 1

Изгибающий момент	$\varphi_P = \min\{\varphi_P, \sqrt{\varphi_T}\}$	= 1

Правый (верхний) узел соединения:



Расчётные величины:

$a_1 = \sqrt{\frac{D_1}{\cos\alpha_1}\cdot(s_k - c)} =$ $(1400 / \cos(21.8) \cdot (12 - 2))^{1/2} = 123$ мм

$a_2 = 1.25\cdot\sqrt{D_1\cdot(s - c_s)} =$ $1.25 \cdot (1400 \cdot (12 - 2))^{1/2} = 148$ мм

Расчётные коэффициенты прочности сварных швов:

Нагрузка	Расчётные коэффициенты	
Внутреннее давление или растягивающая сила	$\varphi_P = \min\{\varphi_P, \sqrt{\varphi_T}\}$	= 1
Наружное давление или сжимающая сила	$\varphi_P = \sqrt{\varphi_T}$	= 1
Изгибающий момент	$\varphi_P = \min\{\varphi_P, \sqrt{\varphi_T}\}$	= 1

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	280	^oC
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	0.4	МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0	Н м
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0	Н

Результаты расчёта:

Свойства материала обечайки

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 280 ^oC (рабочие условия):

[б]= 121 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 280^oC:

E = $1.73 \cdot 10^5$ МПа

Коэффициент линейного расширения при температуре 280^oC:

α= $1.31 \cdot 10^{-5}$ 1/C

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_{kp} + c = \frac{p \cdot D_k}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} \cdot \frac{1}{\cos\alpha_1} + c$$

$= (0.4 \cdot 2140)/(2 \cdot 121 \cdot 1 - 0.4) / \cos(22) + 2$

$= 5.83$ мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s_k - c)}{\frac{D_k}{\cos\alpha_1} + (s_k - c)}$$

$= 2 \cdot 121 \cdot 1 \cdot (12 - 2) / (2140 / \cos(22) + 12 - 2)$

$= 1.04$ МПа >= 0.4 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Результаты расчёта левого (нижнего) узла соединения:

Соединение конической и цилиндрической обечаек без укрепления

Расчётные формулы применимы при условиях (п. 5.2.5.):

Коэффициент β (без тороидального перехода):

$$\beta = \frac{0.4 \cdot \sqrt{\frac{D}{s - c_s}} \cdot \frac{(\mathrm{tg}\alpha_1 - \mathrm{tg}\alpha_2) \cdot \cos\alpha_2}{\frac{1}{\sqrt{\cos\alpha_2}} + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)^2}{2 \cdot \cos\alpha_1}} \cdot \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)} - 0.25$$

$= 0.4 \cdot (2200 / (12 - 2))^{1/2} \cdot [(\mathrm{tg}(21.8) - \mathrm{tg}(0)) \cdot \cos(0)] / [1 / \cos^{1/2}(0) + ([1 + 1 \cdot \{(12 - 2) / (12 - 2)\}^2] / (2 \cdot \cos(21.8)) \cdot 1 \cdot (12 - 2) / (12 - 2))^{1/2}] - 0.25$

$= 0.915$

Отношение допускаемых напряжений

$\chi = [\sigma]_k / [\sigma]_s = 121 / 121 = 1$

Коэффициент β_1:

$\beta_1 = \max\{0.5; \beta\} = \max\{0.5, 0.915\} = 0.915$

Коэффициент β_5:

$\beta_5 = \max\{1,0; (2\beta + 1.2)\} = \max\{1.0; 2 \cdot 0.915 + 1.2\} = 3.03$

Соединение обечаек без тороидального перехода, нагруженное давлением.

Расчётная толщина стенок соединения обечаек с учётом прибавок:

$$s_p + c_s = \frac{p \cdot D \cdot \beta_1}{2 \cdot [\sigma]_s \cdot \varphi_p - p} \cdot \frac{1}{\cos\alpha_2} + c_s$$

$= (0.4 \cdot 2200 \cdot 0.915)/(2 \cdot 121 \cdot 1 - 0.4) / \cos(0) + 2$

$= 5.33$ мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_s \cdot \varphi_p \cdot (s - c_s)}{\frac{D \cdot \beta_1}{\cos\alpha_2} + (s - c_s)}$$

$= 2 \cdot 121 \cdot 1 \cdot (12 - 2) / (2200 \cdot 0.915 / \cos(0) + 12 - 2)$

$= 1.2$ МПа >= 0.4 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Результаты расчёта правого (верхнего) узла соединения:

Соединение конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра без укрепления

Расчётные формулы применимы при условиях (п. 5.2.5.):

Коэффициент β (без тороидального перехода):

$$\beta = \frac{0.4\cdot\sqrt{\frac{D}{s-c_s}}\cdot\frac{(tg\alpha_1 - tg\alpha_2)\cdot\cos\alpha_2}{\frac{1}{\sqrt{\cos\alpha_2}}+\sqrt{\frac{1+\chi\cdot\left(\frac{s_k-c}{s-c_s}\right)^2}{2\cdot\cos\alpha_1}}\cdot\chi\cdot\left(\frac{s_k-c}{s-c_s}\right)}-0.25$$

$$= 0.4 \cdot (1400 / (12 - 2))^{1/2} \cdot [(tg(21.8) - tg(0)) \cdot \cos(0)] / [1 / \cos^{1/2}(0) + ([1 + 1 \cdot \{(12 - 2) / (12 - 2)\}^2] / (2 \cdot \cos(21.8)) \cdot 1 \cdot (12 - 2) / (12 - 2))^{1/2}] - 0.25$$

$$= 0.679$$

Отношение допускаемых напряжений

$$\chi = {[\sigma]_k}/{[\sigma]_s} = 121 / 121 = 1$$

Коэффициент $\beta_н$:

$$\beta_H = \begin{cases} \dfrac{0.4\cdot\sqrt{\frac{D}{s-c_s}}\cdot\frac{tg\alpha_1}{\chi\cdot\left(\frac{s_k-c}{s-c_s}\right)\cdot\sqrt{\frac{s_k-c}{(s-c_s)\cdot\cos\alpha_1}}+\sqrt{\frac{1+\chi\cdot\left(\frac{s_k-c}{s-c_s}\right)^2}{2}}}+0.5 & \text{при } \chi\cdot\left(\frac{s_k-c}{s-c_s}\right)^2<1 \\ \beta+0.75 & \text{при } \chi\cdot\left(\frac{s_k-c}{s-c_s}\right)^2\geq 1 \end{cases}$$

$$= 1.43$$

Коэффициент β_4:

$$\beta_4 = \max\{1.0;\beta_H\} = \max\{ 1.0, 1.43\} = 1.43$$

Коэффициент β_8:

$$\beta_8 = \max\{1.0;(2\cdot\beta_H - 1.0)\} = \max\{ 1.0, (2 \cdot 1.43 - 1.0)\} = 1.86$$

Соединение со штуцером или цилиндрическим участком меньшего диаметра, нагруженное давлением.

Расчётная толщина стенок соединения обечаек с учётом прибавок:

$$s_{2p} + c = \frac{p\cdot D_1\cdot\beta_4}{2\cdot[\sigma]\cdot\varphi_p - p} + c$$

$$= (0.4 \cdot 1400 \cdot 1.43)/(2 \cdot 121 \cdot 1 - 0.4) + 2$$

$$= 5.31 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2\cdot[\sigma]_2\cdot\varphi_p\cdot(s_2-c)}{D_1\cdot\beta_4+(s_2-c)}$$

$$= 2 \cdot 121 \cdot 1 \cdot (12 - 2) / (1400 \cdot 1.43 + 12 - 2)$$

$$= 1.2 \text{ МПа} >= 0.4 \text{ МПа}$$

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T:	20	^oC
Пробное внутреннее избыточное давление, p:	0.5	МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0	Н м
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0	Н

Результаты расчёта:

Свойства материала обечайки

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 20 ^oC в условиях гидроиспытаний:

$[б]^{20}=\eta \cdot R_e^{20}/1.1=$ 1 • 250 / 1.1= 227 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 20^oC:

$E^{20}=$ $1.99 \cdot 10^5$ МПа

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением .

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_{kp} + c = \frac{p \cdot D_k}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} \cdot \frac{1}{\cos\alpha_1} + c$$

= (0.5 • 2140)/(2 • 227 • 1 – 0.5) / cos(22) + 2

= 4.55 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s_k - c)}{\frac{D_k}{\cos\alpha_1} + (s_k - c)}$$

= 2 • 227 • 1 • (12 – 2) / (2140 / cos(22) + 12 – 2)

= 1.96 МПа >= 0.5 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Результаты расчёта левого (нижнего) узла соединения:

Соединение конической и цилиндрической обечаек без укрепления

Расчётные формулы применимы при условиях:

Коэффициент β (без тороидального перехода):

$$\beta = \frac{0.4 \cdot \sqrt{\frac{D}{s - c_s}} \cdot \frac{(tg\alpha_1 - tg\alpha_2) \cdot \cos\alpha_2}{\frac{1}{\sqrt{\cos\alpha_2}} + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)^2}{2 \cdot \cos\alpha_1}} \cdot \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)} - 0.25$$

= 0.4 • (2200 / (12 – 2))$^{1/2}$ • [(tg(21.8) – tg(0)) • cos(0)] / [1 / cos$^{1/2}$(0) + ([1 + 1 • {(12 – 2) / (12 – 2)}^{2}] / (2 • cos (21.8)) • 1 • (12 – 2) / (12 – 2))$^{1/2}$] – 0.25

= 0.915

Отношение допускаемых напряжений

$\chi = [\sigma]_k / [\sigma]_s =$ 227 / 227 = 1

Коэффициент β_1:

$\beta_1 = \max\{0.5; \beta\}$ = max{ 0.5, 0.915} = 0.915

Коэффициент β_5:

$\beta_5 = \max\{1,0;\ (2\beta + 1.2)\}$ =max{1.0; 2•0.915 + 1.2} = 3.03

Соединение обечаек без тороидального перехода, нагруженное давлением).

Расчётная толщина стенок соединения обечаек с учётом прибавок:

$$s_p + c_s = \frac{p \cdot D \cdot \beta_1}{2 \cdot [\sigma]_s \cdot \varphi_p - p} \cdot \frac{1}{\cos\alpha_2} + c_s$$

= (0.5 • 2200 • 0.915)/(2 • 227 • 1 – 0.5) / cos(0) + 2

= 4.22 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_s \cdot \varphi_p \cdot (s - c_s)}{\frac{D \cdot \beta_1}{\cos\alpha_2} + (s - c_s)}$$

= 2 • 227 • 1 • (12 – 2) / (2200 • 0.915 / cos(0) + 12 – 2)

= 2.25 МПа >= 0.5 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Результаты расчёта правого (верхнего) узла соединения:

Соединение конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра без укрепления

Расчётные формулы применимы при условиях :

Коэффициент β (без тороидального перехода):

$$\beta = \frac{0.4 \cdot \sqrt{\frac{D}{s - c_s}} \cdot \frac{(\mathrm{tg}\alpha_1 - \mathrm{tg}\alpha_2) \cdot \cos\alpha_2}{\frac{1}{\sqrt{\cos\alpha_2}} + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)^2}{2 \cdot \cos\alpha_1}} \cdot \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)} - 0.25$$

= 0.4 • (1400 / (12 – 2))$^{1/2}$ • [(tg(21.8) – tg(0)) • cos(0)] / [1 / cos$^{1/2}$(0) + ([1 + 1 • {(12 – 2) / (12 – 2)}^{2}] / (2 • cos (21.8)) • 1 • (12 – 2) / (12 – 2))$^{1/2}$] – 0.25

= 0.679

Отношение допускаемых напряжений

$\chi = [\sigma]_k / [\sigma]_s$ = 227 / 227 = 1

Коэффициент $\beta_н$:

$$\beta_H = \begin{cases} \dfrac{0.4 \cdot \sqrt{\frac{D}{s - c_s}} \cdot \frac{\mathrm{tg}\alpha_1}{\chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right) \cdot \sqrt{\frac{s_k - c}{(s - c_s) \cdot \cos\alpha_1}} + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)^2}{2}}} + 0.5 & \text{при } \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)^2 < 1 \\ \beta + 0.75 & \text{при } \chi \cdot \left(\frac{s_k - c}{s - c_s}\right)^2 \geq 1 \end{cases}$$

= 1.43

Коэффициент β_4:

$\beta_4 = \max\{1.0; \beta_H\}$ = max{ 1.0, 1.43} = 1.43

Коэффициент β_8:

$\beta_8 = \max\{1.0; (2 \cdot \beta_H - 1.0)\}$ = max{ 1.0, (2 • 1.43 – 1.0)} = 1.86

Соединение со штуцером или цилиндрическим участком меньшего диаметра, нагруженное давлением.

Расчётная толщина стенок соединения обечаек с учётом прибавок:

$$s_{2p} + c = \frac{p \cdot D_1 \cdot \beta_4}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c$$

= (0.5 • 1400 • 1.43)/(2 • 227 • 1 – 0.5) + 2

= 4.2 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_p \cdot (s_2 - c)}{D_1 \cdot \beta_4 + (s_2 - c)}$$

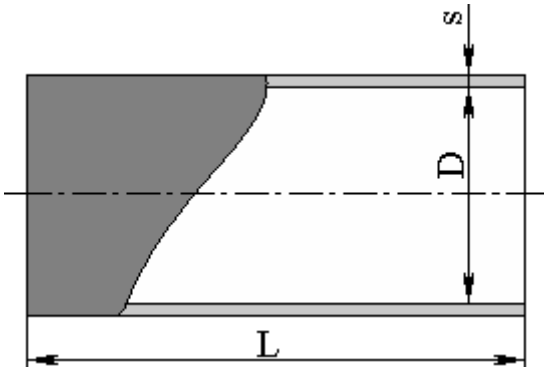
= 2 • 227 • 1 • (12 – 2) / (1400 • 1.43 + 12 – 2)

= 2.26 МПа >= 0.5 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Обечайка цилиндрическая (новая Ду=1400 мм)

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89



Исходные данные

Материал:	Ст3	
Внутр. диаметр, D:	1400	мм
Толщина стенки, s:	12	мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1:	2	мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2:	0	мм
Прибавка технологическая, c_3:	0	мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:	2	мм
Длина обечайки, L:	5500	мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_p	1

Окружной шов:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром,

	автоматический
Контроль 100%	Да
φ_T	1

Расчётная длина:

l == 6560 мм – для расчёта от давления и поперечного усилия;6560 мм – для расчёта от осевого усилия;

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	280	^oC
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	0.4	МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0	Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0	Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0	Н

Результаты расчёта:

Свойства материала обечайки

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 280 ^oC (рабочие условия):

[б]= 121 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 280^oC:

E = $1.73 \cdot 10^5$ МПа

Коэффициент линейного расширения при температуре 280^oC:

α= $1.31 \cdot 10^{-5}$ 1/C

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c$$

= (0.4 • 1400)/(2 • 121 • 1 - 0.4) + 2

= 4.32 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}$$

= 2 • 121 • 1 • (12 - 2) / (1400 + 12 - 2)

= 1.72 МПа >= 0.4 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 ^oC

Пробное внутреннее избыточное давление, p:	0.5	МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0	Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0	Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0	Н

Результаты расчёта:

Свойства материала обечайки

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 20 ^{o}C в условиях гидроиспытаний:

$[б]^{20}=\eta \cdot R_e^{20}/1.1=$ 1 • 250 / 1.1= 227 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 20°C:

$E^{20}=$ $1.99 \cdot 10^5$ МПа

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c$$

= (0.5 • 1400)/(2 • 227 • 1 - 0.5) + 2

= 3.54 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}$$

= 2 • 227 • 1 • (12 - 2) / (1400 + 12 - 2)

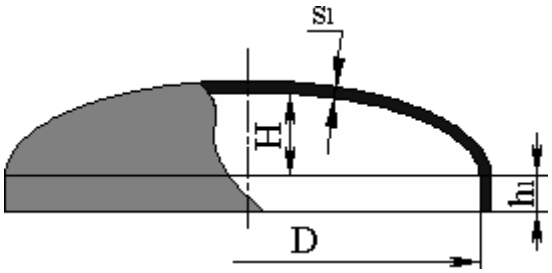
= 3.22 МПа >= 0.5 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Определение толщины стенки крышки и днища

Днище эллиптическое (существующее нижнее)

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89



Исходные данные

Материал:	Ст3	
Внутр. диаметр, D:	2200	мм
Толщина стенки днища, s_1:	19.7	мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1:	2	мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2:	0	мм
Прибавка технологическая, c_3:	0	мм

Суммарная прибавка к толщине стенки, с:	2	мм
Высота днища, Н:	550	мм
Длина отбортовки, h_1:	60	мм

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = 2200^2 / (4 \cdot 550) = 2200 \text{ мм}$$

Коэффициент прочности сварного шва:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_p	1

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, Т:	280	^oC
Расчётное внутреннее избыточное давление, р:	0.4	МПа

Результаты расчёта:

Свойства материала

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 280 ^oC (рабочие условия):

[б]= 121 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 280^oC:

E = $1.73 \cdot 10^5$ МПа

Коэффициент линейного расширения при температуре 280^oC:

α= $1.31 \cdot 10^{-5}$ 1/С

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_{1p} + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c$$

$$= (0.4 \cdot 2200)/(2 \cdot 121 \cdot 1 - 0.5 \cdot 0.4) + 2$$

$$= 5.64 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)}$$

$$= 2 \cdot 121 \cdot 1 \cdot (19.7 - 2) / (2200 + 0.5 \cdot (19.7 - 2))$$

$$= 1.94 \text{ МПа} >= 0.4 \text{ МПа}$$

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T:	20	^oC
Пробное внутреннее избыточное давление, p:	0.5	МПа

Результаты расчёта:

Свойства материала

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 20 ^oC в условиях гидроиспытаний:

$[б]^{20}=\eta \cdot R_e^{20}/1.1=$ 1 • 250 / 1.1= 227 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 20^oC:

$E^{20}=$ $1.99 \cdot 10^5$ МПа

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_{1p} + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c$$

= (0.5 • 2200)/(2 • 227 • 1 – 0.5 • 0.5) + 2

= 4.42 мм

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)}$$

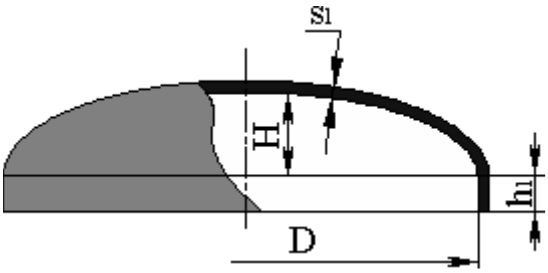
= 2 • 227 • 1 • (19.7 - 2) / (2200 +0.5 • (19.7 – 2))

= 3.64 МПа >= 0.5 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Днище эллиптическое (новое верхнее)

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89



Исходные данные

Материал:	Ст3	
Внутр. диаметр, D:	1400	мм
Толщина стенки днища, s_1:	12	мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1:	3	мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2:	0	мм
Прибавка технологическая, c_3:	0	мм

Суммарная прибавка к толщине стенки, с:	3	мм
Высота днища, Н:	350	мм
Длина отбортовки, h_1:	40	мм

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = 1400^2 / (4 \cdot 350) = 1400 \text{ мм}$$

Коэффициент прочности сварного шва:

Тип шва	Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%	Да
φ_p	1

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, Т:	280	^oC
Расчётное внутреннее избыточное давление, р:	0.4	МПа

Результаты расчёта:

Свойства материала

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 280 ^oC (рабочие условия):

[б]= 121 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 280^oC:

$E = 1.73 \cdot 10^5$ МПа

Коэффициент линейного расширения при температуре 280^oC:

$\alpha = 1.31 \cdot 10^{-5}$ 1/С

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_{1p} + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c$$

$$= (0.4 \cdot 1400)/(2 \cdot 121 \cdot 1 - 0.5 \cdot 0.4) + 3$$

$$= 5.32 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)}$$

$$= 2 \cdot 121 \cdot 1 \cdot (12 - 3) / (1400 + 0.5 \cdot (12 - 3))$$

$$= 1.55 \text{ МПа} >= 0.4 \text{ МПа}$$

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 ^{o}C

Пробное внутреннее избыточное давление, p: 0.5 МПа

Результаты расчёта:

Свойства материала

Допускаемые напряжения для материала Ст3 при температуре 20 ^{o}C в условиях гидроиспытаний:

$[б]^{20}=\eta \cdot R_e^{20}/1.1=$ 1 • 250 / 1.1= 227 МПа

Модуль продольной упругости при температуре 20°C:

$E^{20}=$ $1.99 \cdot 10^5$ МПа

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_{1p} + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c$$

$$= (0.5 \cdot 1400)/(2 \cdot 227 \cdot 1 - 0.5 \cdot 0.5) + 3$$

$$= 4.54 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)}$$

$$= 2 \cdot 227 \cdot 1 \cdot (12 - 3) / (1400 + 0.5 \cdot (12 - 3))$$

$$= 2.91 \text{ МПа} >= 0.5 \text{ МПа}$$

Заключение: Условие прочности выполнено

2.5. Расчет колонны на ветровую нагрузку

Расчетом проверяется прочность и устойчивость аппарата, устанавливаемого на открытой площадке при действии на него ветра. В частности, определяются размеры наиболее ответственного узла аппарата - опоры и фундаментных болтов, которыми крепится опора к фундаменту.

Минимальный вес аппарата определяется по формуле:

$$G_{min}=\rho_{сталь} \cdot V \cdot g$$

$$V=\delta \cdot \pi \cdot D \cdot H$$

где δ – толщина стенки обечайки, м; D – диаметр колонны, м; H – высота колонны, м.

Тогда для верхней части колонны

$$V_в=0{,}012 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}4 \cdot 6=0{,}317 м^3$$

для нижней части колонны

$$V_н=0,012\cdot3,14\cdot2,2\cdot10,5=0,87 м^3$$

$$V_{общ}= V_н + V_в =0,87+0,317=1,187\ м^3$$

Минимальный вес аппарата равен:

$$G_{min}=7850\cdot1,187\cdot9,81= 91409 Н=0,091\ МН$$

Аналогичным способом определим максимальный вес аппарата, т.е. при гидроиспытаниях по формуле:

$$G_{max}= G_{воды}+ G_{min}= (\rho_{воды}\cdot H_в\cdot\pi D_в^2/4) + (\rho_{воды}\cdot H_н\cdot\pi D_н^2/4) + G_{min}$$

$$G_{max}=(998\cdot6\cdot3,14\cdot1,4^2/4) +(998\cdot10,5\cdot3,14\cdot2,2^2/4) + 91409 =140436\ Н =0,14\ МН$$

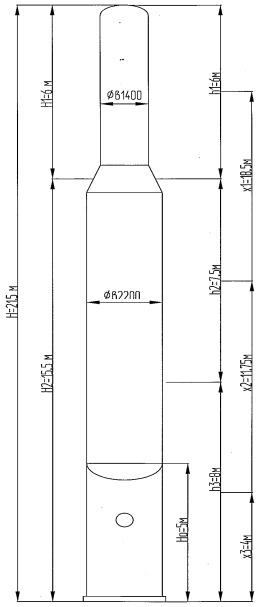
Схема расчета колонны на ветровую нагрузку

Расчетный диаметр аппарата определяем по формуле

$$D = \frac{2}{H^2}\left[D_в\cdot H_1\left(\frac{H_1}{2}\right) + D_н\cdot H_2\cdot\left(H_1+\frac{H_2}{2}\right)\right]$$

$$D=\frac{2}{(21,5)^2}\left[1.4\cdot6\left(\frac{6}{2}\right)+2.2\cdot15.5\cdot\left(6+\frac{15.5}{2}\right)\right]=2.14\ м$$

Расчет производится исходя из следующих положений ОН 26-01-13–85/Н 1039–85. При отношении высоты аппарата H/D ≥ 15 к его диаметру принимается в виде консольного стержня с жесткой заделкой в фундаменте. При отношении H/D < 15 — в виде упруго защемленного стержня.



Проверим выполнение данного условия [3]:

$$\frac{H}{D}\le15 \quad\Rightarrow\quad \frac{21500}{2140}=10.05 \quad\Rightarrow\quad 10.05\le15$$

Так как данное условие выполняется произведем расчет колонны на ветровую нагрузку в виде упруго защемленного стержня.

Момент инерции поперечных сечений для верхней части корпуса [5]:

$$J_в=\frac{\pi}{8}\cdot D^3\cdot(s-c)=\frac{3,14}{8}\cdot1,4^3\cdot(0,012-0,003)=9.7\cdot10^{-3}\ м^4$$

для нижней части корпуса:

$$J_н = \frac{\pi}{8} \cdot D^3 \cdot (s - c) = \frac{3{,}14}{8} \cdot 2{,}2^3 \cdot (0{,}012 - 0{,}003) = 3{,}76 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4$$

Период собственных колебаний аппарата определяем по формуле:

$$T = 6{,}28H \sqrt{\frac{G_1 \cdot K_1^2 + G_2 \cdot K_2^2 + G_3 \cdot K_3^2}{g \cdot \left(\frac{H}{3E^t \cdot J} + \varphi_o \right)}}$$

H – высота аппарата, м; $G_{1,2,3}$ – максимальный вес 1,2,3 участка аппарата, тонны; g – ускорение силы тяжести, м/с^2. J – момент инерции площади поперечного сечения верхней части корпуса аппарата относительно центральной оси , E – модуль упругости материала корпуса.φ_0 – угол поворота опорного сечения, $K_{1,2,3}$ – относительное перемещение центров тяжести участков 1,2,3 в 1/(Мн*м);

$$K_i = \frac{H}{3E^t \cdot J} \cdot A_i + \varphi_o \cdot \alpha_i ,$$

где A_i – параметр определяемый по графику 29.21,

$\alpha_i = \frac{x_i}{H}$ относительные координаты центров тяжести участков;

$$\alpha_1 = \frac{x_1}{H} = \frac{18.5}{21.5} = 0.86$$

Находим A_1 = 0,77

Относительное перемещение центра тяжести участка 1

$$K_1 = \frac{21.5}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 9.7 \cdot 10^{-3}} \cdot 0.77 + 8.35 \cdot 10^{-6} \cdot 0.86 = 2.85 \cdot 10^{-3} \frac{1}{Мн \cdot м}$$

$$\alpha_2 = \frac{x_2}{H} = \frac{11.75}{21.5} = 0.55$$

Находим A_2 = 0,35

Относительное перемещение центра тяжести участка 1

$$K_2 = \frac{21.5}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 9.7 \cdot 10^{-3}} \cdot 0.35 + 8.35 \cdot 10^{-6} \cdot 0.55 = 1.3 \cdot 10^{-3} \frac{1}{Мн \cdot м}$$

$$\alpha_3 = \frac{x_3}{H} = \frac{4}{21.5} = 0.19$$

Находим A_3 = 0,07

Относительное перемещение центра тяжести участка 1

$$K_3 = \frac{21.5}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 9.7 \cdot 10^{-3}} \cdot 0.07 + 8.35 \cdot 10^{-6} \cdot 0.19 = 2.6 \cdot 10^{-4} \frac{1}{Мн \cdot м}$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{C_Ф \cdot J_Ф}$$

где C_φ - коэффициент неравномерного сжатия грунта, при отсутствии данных для грунтов средней плотности принимается $C_ф \approx 50$ МН/м^3; J_φ - момент инерции подошвы фундамента относительно центральной оси, м^4.

$$J_Ф = 0{,}065 \cdot D_н^4 = 0{,}065 \cdot 2{,}464^4 = 2{,}396 \text{ м}^4$$

где $D_н$=2,464 м – наружный диаметр опорного кольца;

$$\varphi_0 = \frac{1}{50000 \cdot 2{,}396} = 8{,}35 \cdot 10^{-6}$$

Тогда по формуле (2.20) период собственных колебаний аппарата:

для максимальной силы тяжести аппарата

$$T = 6{,}28 \cdot 21.8 \sqrt{\frac{0.033 \cdot (2.85 \cdot 10^{-3})^2 + 0.076 \cdot (1.3 \cdot 10^{-3})^2 + 0.062 \cdot (2.6 \cdot 10^{-4})^2}{9.81 \cdot \left(\frac{21.5}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 9.7 \cdot 10^{-3}} + 8.35 \cdot 10^{-6} \right)}} = 0.46 \quad \text{сек}$$

для минимальной силы тяжести аппарата

$$T = 6{,}28 \cdot 21.8 \sqrt{\frac{0.024 \cdot (2.85 \cdot 10^{-3})^2 + 0.048 \cdot (1.3 \cdot 10^{-3})^2 + 0.051 \cdot (2.6 \cdot 10^{-4})^2}{9.81 \cdot \left(\frac{21.5}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 9.7 \cdot 10^{-3}} + 8.35 \cdot 10^{-6} \right)}} = 0.38 \quad \text{сек}$$

Силы ветрового напора определим по формуле [3]:

$$P_i = 0{,}6 \cdot \beta_i \cdot q_i \cdot D_i \cdot h_i$$

где β_i – коэффициент увеличения скоростного напора; q_i - нормативный скоростной напор ветра в Мн/м^2; D_i – наружный диаметр i-го участка аппарата в м; h_i – высота i-го участка аппарата в м.

Коэффициент увеличения скоростного напора определяем по формуле [5]:

$$\beta_i = 1 + \varepsilon \cdot m_i$$

Тогда сила ветрового напора при максимальной силе тяжести:

$$P_1 = 0{,}6 \cdot (1 + 1{,}4 \cdot 0{,}35) \cdot 497 \cdot 1{,}4 \cdot 6 = 3732 \text{ Н}$$

$$P_2 = 0{,}6 \cdot (1 + 1{,}4 \cdot 0{,}35) \cdot 497 \cdot 2{,}2 \cdot 7.5 = 7331 \text{ Н}$$

$$P_3 = 0{,}6 \cdot (1 + 1{,}4 \cdot 0{,}35) \cdot 350 \cdot 2{,}2 \cdot 8 = 5507 \text{ Н}$$

Сила ветрового напора при минимальной силе тяжести:

$$P_1 = 0{,}6 \cdot (1 + 1{,}3 \cdot 0{,}35) \cdot 497 \cdot 1{,}4 \cdot 6 = 3645 \text{ Н}$$

$$P_2 = 0{,}6 \cdot (1 + 1{,}3 \cdot 0{,}35) \cdot 497 \cdot 2{,}2 \cdot 7.5 = 7159 \text{ Н}$$

$$P_3 = 0{,}6 \cdot (1 + 1{,}3 \cdot 0{,}35) \cdot 350 \cdot 2{,}2 \cdot 8 = 5378 \text{ Н}$$

Изгибающий момент от ветровой нагрузки на аппарат, относительно его основания (без учета площадок), определяем по формуле [5]:

$$M_B = \sum_{i=1}^{N-N_0} P_i \cdot x_i$$

Изгибающий момент от ветровой нагрузки на аппарат при максимальной силе тяжести по формуле:

$$M_{B1} = 3732 \cdot 18.5 = 69042 \text{ Н·м}$$

$$M_{B2} = 7331 \cdot 11.75 = 86139 \text{ Н·м}$$

$$M_{B3} = 5507 \cdot 4 = 22028 \text{ Н·м}$$

$$\sum M_B = 177209 \text{ Н·м}$$

Изгибающий момент от ветровой нагрузки на аппарат при минимальной силе тяжести по формуле:

$$M_{B1} = 3645 \cdot 18.5 = 67433 \text{ Н·м}$$

$$M_{B2} = 7159 \cdot 11.75 = 84118 \text{ Н·м}$$

$$M_{B3} = 5378 \cdot 4 = 21512 \text{ Н·м}$$

$$\sum M_B = 173063 \text{ Н·м}$$

Для аппаратов, оборудованных площадками обслуживания, общий изгибающий момент от ветровой нагрузки $M_{B.O}$ определяется по формуле [5]:

$$M_{B.O} = M_B + \sum_{i=1}^{n} M_{B.ni}$$

где M_B – изгибающий момент без учета обслуживающих площадок в МНм, определяется по формуле (2.25);

$\sum_{i=1}^{n} M_{B.ni}$ – суммарный изгибающий момент, учитывающий только наличие площадок в МНм.

Изгибающий момент от действия ветровой нагрузки на одну площадку, расположенную на высоте x_i от основания аппарата, M_{Bni} определяется по формуле:

$$M_{B.ni} = 1{,}4 \cdot \beta_i \cdot q_i \cdot x_{ni} \sum_{i=1}^{n} F_{ni}$$

где $\sum_{i=1}^{n} F_{ni}$ – сумма проекций всех элементов площадки, расположенных вне зоны аэродинамической тени на вертикальную плоскость в м^2;

x_{ni} – расстояние от низа i-ой площадки до основания аппарата в м;

Изгибающий момент от действия ветровой нагрузки на одну площадку, расположенную на высоте x_i от основания аппарата, при максимальной силе тяжести:

$$M_{B.n1} = 1{,}4 \cdot 1{,}49 \cdot 497 \cdot 18.5 \cdot 3.5 = 67129 \text{ Н·м}$$

$$M_{B.n2} = 1{,}4 \cdot 1{,}49 \cdot 497 \cdot 11.75 \cdot 5.5 = 66999 \text{ Н·м}$$

$$M_{B.n3} = 1{,}4 \cdot 1{,}49 \cdot 350 \cdot 4 \cdot 5{,}5 = 16062 \text{ Н·м}$$

$$\sum M_{B.n} = 150190 \text{ Н·м}$$

Изгибающий момент от действия ветровой нагрузки на одну площадку, расположенную на высоте x_i от основания аппарата, при минимальной силе тяжести по формуле:

$$M_{B.n1} = 1{,}4 \cdot 1{,}455 \cdot 497 \cdot 18.5 \cdot 3.5 = 65552 \text{ Н·м}$$

$$M_{B.n2} = 1{,}4 \cdot 1{,}455 \cdot 497 \cdot 11.75 \cdot 5.5 = 65425 \text{ Н·м}$$

$$M_{B.n3} = 1{,}4 \cdot 1{,}455 \cdot 350 \cdot 4 \cdot 5{,}5 = 15685 \text{ Н·м}$$

$$\sum M_{B.n} = 146662 \text{ Н·м}$$

Общий изгибающий момент от ветровой нагрузки при максимальной силе тяжести по формуле (2.26):

$$M_{B.O} = 177209 + 150190 = 327399 \text{ Н·м}$$

Общий изгибающий момент от ветровой нагрузки при минимальной силе тяжести по формуле (2.26):

$$M_{B.O} = 173063 + 146662 = 319725 \text{ Н·м}$$

2.6. Расчет опоры аппарата

Принимаем толщину цилиндрической стенки опоры S=14 мм. Напряжения сжатия в этой стенке с учетом наличия в ней отверстия для лаза d=0,5 м при максимальной нагрузке от силы тяжести аппарата определяем по формуле [5]:

$$\sigma_C = \frac{G}{(\pi \cdot (D+s) - d) \cdot (s-c)}$$

где G – максимальная сила тяжести аппарата; D – диаметр колоны.

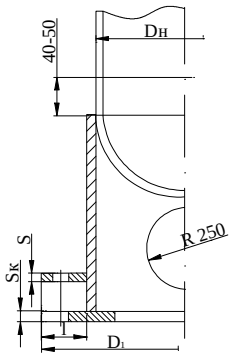


Рис. 2.7.1. Конструкция цилиндрической опоры.

Внутренний диаметр опорного кольца определим по формуле [3]:

$$D_{BH} = D_a - 0{,}06$$

$$D_{BH} = 2{,}2 - 0{,}06 = 2{,}14 \text{ м}$$

Наружный диаметр опорного кольца:

$$D_H = D_a + 2 \cdot s + 0{,}2$$

$$D_H = 2{,}2 + 2 \cdot 0{,}014 + 0{,}2 = 2{,}428 \text{ м}$$

Определим опорную площадь кольца:

$$F = \frac{\pi}{4}\left(D_H^2 - D_{BH}^2\right)$$

$$F = \frac{3{,}14}{4}\left(2{,}428^2 - 2{,}14^2\right) = 1{,}03 \text{ м}^2$$

Момент сопротивления опорной площадки кольца равен:

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_H^4 - D_{BH}^4}{D_H}$$

$$W = \frac{3{,}14}{32} \cdot \frac{2{,}428^4 - 2{,}14^4}{2{,}428} = 0{,}557$$

Тогда напряжения сжатия равно [5]:

$$\sigma_C = \frac{0{,}140436}{(3{,}14 \cdot (2{,}2 + 0{,}014) - 0{,}5) \cdot (0{,}014 - 0{,}0018)} = 2{,}14 \text{ МПа}$$

Напряжения на изгиб в той же стенке при тех же условиях определяем по формуле:

$$\sigma_u = \frac{4 \cdot M_{B.O}}{\pi \cdot (D + s)^2 \cdot (s - c)}$$

$$\sigma_u = \frac{4 \cdot 0{,}327399}{3{,}14 \cdot (2{,}2 + 0{,}014)^2 \cdot (0{,}014 - 0{,}0018)} = 6{,}97 \text{ Па}$$

Отношение: $\frac{D}{2 \cdot (s - c)} = \frac{2{,}2}{2 \cdot (0{,}014 - 0{,}0018)} = 90.2$

Для данного отношения определяем коэффициенты k_c и k_u по графикам на рис. 15.8 [5]: k_c=0,09; k_u=0,11.

Коэффициент $К_c$ определяем по формуле:

$$K_C = 875 \cdot \frac{\sigma_T}{E} \cdot k_c = 875 \cdot \frac{330}{2 \cdot 10^5} \cdot 0{,}09 = 0{,}13$$

Коэффициент $К_и$ определяем по формуле:

$$K_u = 875 \cdot \frac{\sigma_T}{E} \cdot k_u = 875 \cdot \frac{330}{2 \cdot 10^5} \cdot 0{,}11 = 0{,}16$$

Допускаемые напряжения на сжатие в обечайке опоры определяем по формуле:

$$[\sigma_C] = K_c \cdot E \cdot \frac{s - c}{D}$$

$$[\sigma_C] = 0{,}13 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{0{,}014 - 0{,}0018}{2{,}2} = 144.2 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения на изгиб в обечайке опоры определяем по формуле:

$$[\sigma_u] = K_u \cdot E \cdot \frac{s - c}{D}$$

$$[\sigma_u] = 0{,}16 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{0{,}014 - 0{,}0018}{2{,}2} = 177.5 \text{ МПа}$$

Условие устойчивости цилиндрической опоры проверяем по формуле [5]:

$\frac{\sigma_c}{[\sigma_c]} + \frac{\sigma_u}{[\sigma_u]} = \frac{2.14}{144.2} + \frac{6.97}{177.5} = 0{,}0541 \le 1$, т.е. устойчивость обеспечена.

Максимальные напряжения на сжатие в сварном шве, соединяющем цилиндрическую опору с корпусом аппарата, при коэффициенте сварного шва φ=0,9 определяем по формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{G_{\max}}{\varphi_ш \cdot F} + \frac{M_{B.O\max}}{\varphi_ш \cdot W}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0{,}140436}{0{,}9 \cdot 1{,}03} + \frac{0{,}327399}{0{,}9 \cdot 0{,}557} = 0{,}8 \; МПа$$

Условие прочности сварного шва $\sigma_{\max} < [\sigma_c]$, тогда 0,8<144,2 данное условие выполняется, т.е прочность сварного шва обеспечена.

Максимальное напряжение сжатия на опорной поверхности кольца определяем по формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{G_{\max}}{F} + \frac{M_{B.O\max}}{W} \le q_д$$

$q_д$– допускаемая удельная нагрузка на опорной поверхности [5] (см. таб. 29.1)

$$\sigma_{\max} = \frac{0{,}140436}{1{,}03} + \frac{0{,}327399}{0{,}557} = 0{,}72 \le 14 \; МПа$$

Номинальная расчетная толщина опорного кольца при l=0,1 определяется по формуле:

$$s_K' = 1{,}73 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{\max}}{[\sigma_u]}}$$

где l – расстояние от выступающей части кольца до наружного диаметра цилиндрической опоры.

$$s_K' = 1{,}73 \cdot 0{,}1 \cdot \sqrt{\frac{0.72}{177.5}} = 0{,}011 \text{ м}$$

С учетом прибавки на коррозию принимаем толщину опорного кольца равной $s_к$=40 мм.

Наименьшие напряжения на опорной поверхности кольца при максимальной силе тяжести:

$$\sigma = \frac{G_{\max}}{F} - \frac{M_{B.O\max}}{W}$$

$$\sigma = \frac{0{,}140436}{1{,}03} - \frac{0{,}327399}{0{,}557} = -0{,}45 \ МПа$$

При минимальной силе тяжести:

$$\sigma = \frac{G_{\min}}{F} - \frac{M_{B.O\min}}{W}$$

$$\sigma = \frac{0{,}091409}{1{,}03} - \frac{0{,}319725}{0{,}557} = -0{,}48 \ МПа$$

Расчетным является большее по абсолютной величине значение σ – при минимальной силе тяжести аппарата, а знак минус показывает на необходимость установки фундаментных болтов.

Общую условную расчетную нагрузку на фундаментные болты определяем по формуле [5]:

$$P_Б' = 0{,}785 \cdot (D_н^2 - D_{вн}^2) \cdot \sigma$$

$$P_Б' = 0{,}785 \cdot (2{,}428^2 - 2{,}14^2) \cdot 0{,}48 = 0{,}496 \text{ МН}$$

Принимаем количество фундаментных болтов z= 12.

Нагрузку на один болт определяем по формуле:

$$P_{Б1}' = \frac{P_Б'}{z}$$

$$P_{Б1}' = \frac{0{,}496}{12} = 0{,}041 \text{ МН}$$

Расчетный внутренний диаметр резьбы болтов определяем по формуле:

$$d_1' = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{Б1}'}{\pi \cdot [\sigma]}} + c = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}041}{3{,}14 \cdot 230}} + 0{,}002 = 0{,}017 \quad \text{м}$$

где с = 0,002 мм - прибавка на коррозию. [σ]=230 МПа – допускаемое напряжение для болтов из Вст3. Принимаем болты диаметром М30.

Диаметр болтовой окружности определяем по формуле:

$$D_б = D + 2 \cdot s + 0{,}012 = 2{,}2 + 2 \cdot 0{,}014 + 0{,}012 = 2{,}24 \ м$$

В результате проверки корпуса аппарата на ветровую нагрузку выбираем цилиндрическую опору. Независимо от расчета толщина листа подошвы S_k должно быть не менее 14 мм. По рекомендациям ГОСТа обвязку следует производить из стандартных профилей типа швеллер или двутавр номеров 20 и выше. Окончательный диаметр болтов принимается ближайшим большим по стандартным размерам болтов, но менее М24. Исходя, из конструкции колонны выбираем 12 фундаментных болтов М30.

2.7. Технологический процесс сборки тарелки клапанной

Сборка – это образование разъемных или неразъемных соединений составных частей заготовки или изделия. Главными принципами проектирования процесса сборки являются обеспечение высокого качества изделий, достижение наибольшей производительности и экономичности процесса.

Основой проектирования технологического процесса сборки является определение наиболее рациональной последовательности и установление методов сборки, планирование сборочных операция и режимов сборки по элементам, назначение технических условий на сборку элементов и общую сборку по операциям.

При сборке изделия основные требования сводятся, как правило, к соблюдению точности положения, линейного перемещения и т.д. основных узлов и деталей относительно каких – либо базовых поверхностей или относительно друг друга.

В нашем случае организационной формой сборки тарелки клапанной будет являться непоточная стационарная сборка, характеризующаяся тем, что весь

процесс сборки и его сборочных единиц выполняется на одной сборочной позиции. Такой вид сборки выполняется без разчленения сборочных работ, когда вся сборка проводится одной бригадой рабочих – сборщиков последовательно от начала до конца [10].

К основному достоинству этого метода можно отнести сохранение неизменного положения основной базовой детали, что способствует достижению высокой точности собираемого изделия.

При составлении маршрута технологической сборки не учитывались транспортные операции перемещения узлов деталей на соответствующие отметки расположения тарелок в колонне, посредством подъема их краном-укосиной.

За базовую деталь была взята опорная рама 1сб.2.

При сборке данной сборочной единицы к ней предъявляется ряд технических требований, обязательных к выполнению:

1. Отклонение установочного размера расположения секции тарелки 17 относительно сливной планки 10 сливного кармана при сборке не более ±1мм.

2. Отклонение линейного размера при установке планки 20 относительно листа сливного кармана 16 не более ±2мм.

3. Допуск соосности осей болтов и отверстий под болты в тарелке 12мкм по 1 степени точности.

4. Отклонение размера относительного расположения поперечной планки 10 и оси болтового соединения листов 15 и 16 не более ±3мм.

5. Допуск параллельности расположения прокладки 26 и опорной рамы 2 – 0,5 мкм по 2 классу точности.

6. Отклонение расположения оси болтов крепления секций тарелок относительно уголков 22 опорных рам 2 не более ±1мм.

7. Отклонение установочной высоты регулировочной планки 8 относительно опорной рамы 2 не более ±1мм.

В таблице П3.1 (см. приложения) приведена маршрутная карта процесса сборки тарелки клапанной.

В таблице П3.2 (см. приложения) приведена операционная карта на операцию №40 присоединения секций тарелок 1сб.4 к опорной раме 1сб.2.

В таблице 2.8 представлен маршрут технологического процесса сборки тарелки клапанной двухпоточной с центральным сливом.

Таблица 2.8 Маршрут технологического процесса сборки тарелки клапанной

№ Опер-ии	Содержание операции
05	Присоединительная Приварить профильные уголки 22 к кольцевым элементам 21; Зачистить места сварки свариваемых деталей; Установить взаимное положение свариваемых деталей; Приварить уголки к кольцевым элементам; Контролировать сварные швы.
10	Присоединительная Приварить косынки 11 к листу опорному 15; Поставить лист опорный 15 в опорную раму 1сб.2; Зачистить косынки 11 и места сварки на листе 15; Приварить косынки.
15	Присоединительная Присоединить лист 16 к листу опорному 15 с помощью болтов 23, шайб 24 и гаек 25; Уложить лист сливного кармана 16 на лист опорный 15; Выровнять отверстия под болты на листах; Вставить болт, шайбу, накрутить гайку на болт; Попеременно затянуть все болты до упора, увеличивая усилия.
20	Присоединительная Приварить планки продольные 10 к листу опорному 15; Зачистить планки 10 и места под сварку на листах 15; Установить взаимно-свариваемые детали; Приварить планки к листу; Контролировать сварные швы.
25	Присоединительная Присоединить планки сливные 20 к планкам продольным 10 с помощью болтов 23, шайб 24 и гаек 25; Поставить взаимно планки 10 и 20; Вставить болт, шайбу, накрутить гайку на болт; Попеременно затянуть все болты до упора, увеличивая усилия.
30	Присоединительная Приварить планки поперечные 9 к листу опорному 15; Зачистить места сварки на планках 9 и листах 15; Установить взаимно свариваемые детали; Приварить планки к листу; Контролировать сварные швы.
35	Присоединительная Приварить косынки 12 к листу центрального сливного кармана 16; Зачистить места сварки косынок 12 и листа 16; Установить взаимно свариваемые детали; Приварить косынки к листу; Контролировать сварные швы.
40	Присоединительная Присоединить секции тарелок 1сб.4 к опорной раме 1сб.2; Уложить прокладки 26 на уголки профильные 22 и опорную раму 1сб.2 к местам присоединения секций тарелок к раме; Выровнять положение прокладок относительно рамы; Поставить секции тарелок 1сб.4 на опорную раму 1сб.2; Выверить отверстия под болты на полотне тарелки;

	Одеть скобу 19 на болт 23; Вставить болт со скобой в полотно секции тарелки, одеть шайбу на болт; Накрутить гайку 25 на болт 23 и затянуть до упора.
45	Присоединительная Приварить листы приварные 14 к уголкам 22 опорной рамы 1сб.2, выдерживая привязочный угол в 175^0 ; Зачистить места сварки листов15 и уголков 22; Установить взаимно свариваемые детали; Приварить листы; Контролировать сварные швы.
50	Присоединительная Приварить листы сливные 13 к листам 14 встык к уголкам 22 опорной рамы 1сб.2; Зачистить места сварки листов 13 и уголков 22; Установить взаимно свариваемые детали; Приварить листы; Контролировать сварные швы.
55	Присоединительная Присоединить планки переливные 7 к планкам регулировочным 8 с помощью болтов 23, шайб 24 и гаек 25; Установить планки 7 к планкам 8; Выверить отверстия под болты на планках; Вставить болт, шайбу, накрутить гайку на болт; Попеременно затянуть все болты до упора, увеличивая усилия.
60	Присоединительная Присоединить устройства переливные 1сб.5 к опорной раме 1сб.2 с помощью болтов 23, шайб 24 и гаек 25; Поставить устройства 1сб.5 на опорную раму; Выверить отверстия под болты на планках; Вставить болт, шайбу, накрутить гайку на болт; Попеременно затянуть все болты до упора, увеличивая усилия; Проверить соосность болтов с отверстиями под них; Проверить затяжку болтов.

При сборке тарелки клапанной двухпоточной с центральным сливом были обеспечены разработанные технические условия за счет следующих операций и переходов:

1. Установочный размер в 65 мм с предельным отклонением по горизонтали в ±1 мм обеспечивается при укладке секций в операции №50, выверке соосности отверстий под болты в полотне в операции №51 и при присоединении тарелки к опорной раме в операции №55 за счет наличия отверстия в полотне секции под болты большего диаметра чем диаметр резьбы болтов.

2. В операциях №21-25 обеспечивается размер в 90 мм при установке сливной планки 20 к продольной планке 10 за счет наличия регулировочного прохода по вертикали в планке 10.

3. Допуск соосности осей болтов и отверстий под болты в тарелке 12мкм обеспечивается послеустановочной операцией выверки отверстий № 51.

4. Присоединительный размер в 80 мм с предельным отклонением в ±3 мм при установке планки 10 обеспечивается в операциях №11-15.

5. Допуск параллельности расположения прокладки 26 и опорной рамы 2 – 0,5 мкм по 2 классу точности обеспечивается в операциях №40 и №41 за счет возможности свободного перемещения прокладок по горизонтальной оси.

6. Установочный размер расположения оси болтов крепления секций тарелок относительно уголков 22 опорных рам 2 в 65 мм с отклонением в ±1мм обеспечивается в операциях №50-55 за счет возможности выверки осей болтов относительно отверстий под болты в полотне секций тарелок.

3. Организационно-техническая часть

3.1 Подбор вспомогательного оборудования

3.1.1 Подбор холодильника-конденсатора

Холодильник-конденсатор используется для конденсации паров дистиллята с целью подачи части потока на верхнее орошение и части потока в сборник. В качестве базовой модели принимаем горизонтальный кожухотрубчатый теплообменный аппарат. Охлаждение производится оборотной водой II системы. Вода подается трубное пространство холодильника. Используя уравнение теплового баланса, определим количество тепла, проходимого в межтрубном пространстве аппарата:

$$Q = (D+g)\cdot c\cdot(t_K - t_H) = 194{,}8\cdot 186{,}3\cdot(150-40) = 399203 кДж,$$

где $(D+g)$ – расход флегмы на орошение;

с – средняя массовая теплоемкость дистиллята;

t_K – температура смеси на выходе из холодильника-конденсатора.

t_H – температура смеси на входе в холодильник-конденсатор.

Необходимый расход оборотной воды определим из уравнения:

$$G_{Вода} = \frac{Q}{c\cdot(t_H^{'} - t_K^{'})} = \frac{3992036}{1000\cdot(38-45)} = 57 кг/с,$$

где $t_H^{'}$ и $t_K^{'}$ – температуры оборотной воды соответственно на входе и на выходе из холодильника-конденсатора.

В аппаратах с противоточным движением теплоносителей средняя разность температур потоков определяется по формуле:

$$\Delta t_{CP} = \Delta t_{CP.AP} = \frac{((tк - t'н) + (tн - t'к))}{2} = \frac{((150-45)+(40-38))}{2} = 53.5\,^0\text{C}.$$

Принимая минимальное ориентировочное значение коэффициента теплопередачи равным $К_{ор}$=150 Вт/(м·К), определяем ориентировочное значение поверхности теплообмена:

$$F_{OP} = \frac{Q}{K_{OP}\cdot\Delta t_{CP}} = \frac{399203}{150\cdot 53.5} = 291.1\text{м}^3.$$

Для данной поверхности теплоотдачи подбираем теплообменник типа КП горизонтальный со следующей характеристикой по ТУ 3612-023-00220302-01, приведенной в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 Характеристика теплообменника по ТУ 3612-023-002203002-01

Наименование параметра	1000КП-1.0-1.6-М13 25Г-6-Т4–У
Наружный диаметр кожуха, мм	1000
Трубки, мм	25×2,0×6000
Число ходов по трубам	1
Поверхность теплообмена, $м^2$	302,4
Продукт корпус трубки	 Бензин Оборотная вода
Тепловая нагрузка, Дж	399204

3.2. Монтаж и ремонт колонн К-2,3

При монтаже колонн К-2,3 в полностью собранном виде отпадает необходимость производства монтажных работ на высоте, многократных подъемных операций. Наиболее результативной является не только полная сборка колонны до подъема, но и его опрессовка, обвязка трубопроводами и покрытие теплоизоляцией.

Установка вертикальных аппаратов двумя мачтами на высокие фундаменты осуществляется следующим образом:

Мачты устанавливают вертикально с двух сторон по оси фундамента. Грузовыми полиспастами мачт поднимают верхнюю часть аппарата, придерживая и постепенно отпуская опору аппарата оттяжкой. Во избежание столкновения аппарата с фундаментом перемещают его опору к фундаменту. Затем аппарат отрывают от земли, удерживая опору оттяжкой, поднимают над фундаментом и устанавливают на него. После этого необходимо провести выверку и укрепить аппарат. Прежде чем освободить установленный на фундамент аппарат от такелажных средств, его

необходимо выверить и закрепить анкерными болтами. После установки аппарата на фундамент проверяют расстояние от нивелирной отметки, нанесенной на фундаменте, до опорной плоскости аппарата равномерно по периметру устанавливают стальные прокладки. В ректификационных колоннах тарелки должны быть установлены горизонтально. После выверки аппарат закрепляют анкерными болтами и сдают строительной организации для подливки опоры цементным раствором.

Корпуса колонн К-2,3 и их внутренние устройства могут изнашиваться в результате коррозии, термического воздействия среды. В колоннах больших диаметров и высот скорость коррозии не должна превышать 0,1 мм в год.

Колонные аппараты ремонтируют при планово-предупредительных ремонтах технологической установки. При подготовке колонны к ремонту давление в ней доводят до атмосферного, удаляют рабочую среду, после чего пропаривают аппарат водяным паром, который вытисняет оставшиеся в колонне пары и газы. После пропарки колонну заливают водой, что способствует более быстрому остыванию. Пропаренную и промытую колонну отсоединяют от всех аппаратов и коммуникаций глухими заглушками.

Ремонт аппарата начинают со вскрытия, которое производят, соблюдая следующие правила:

вначале открывают верхний люк, причем перед этим в аппарат в течении некоторого времени подают водяной пар, чтобы избежать возможного подсоса воздуха, в результате которого может образоваться взрывоопасная смесь.

Далее с верху в низ открывают остальные люки. После открытия люков колонна некоторое время проветривается. Возможность начала ремонтных работ устанавливается исходя из результатов лабораторного анализа проб воздуха взятого из колонны. Продолжительность непрерывной работы в колонне должна превышать 15 минут. Для освещения внутри колонны применяются лампы напряжением не более 12В.

Выявление дефектов корпуса включают визуальный осмотр, измерение остаточной толщины корпуса, с помощью ультразвука, дефектоскопов и просверливания контрольных отверстий, проверку на прочность сварных швов и разъемных соединений.

Неплотные сварные швы вырубают, зачищают и заваривают. Изношенные штуцера и люки вырезают и заменяют новыми, с обязательной установкой укрепляющих колец. Наиболее изношенные участки корпуса колонны вырезают, а на их место ставят новый участок, заранее свальцованный по радиусу колонны. Сварку производят встык.

3.3. Охрана труда

3.3.1 Характеристика пожароопасных и токсичных свойств сырья, полупродуктов, готовой продукции и отходов производства

В данном разделе приведена табл.3.2 в которой приведены данные по характеристике пожароопасных и токсичных свойств сырья, полупродуктов, готовой продукции и отходов производства на установке гидроочистки дизельных топлив Л-24-6.

Таблица 3.2

Характеристика пожароопасных и токсичных свойств сырья, полупродуктов, готовой продукции и отходов производства

Наименование сырья, полупродуктов готовой продукции (вещества, % масс.), отходов производства	Класс опасности по ГОСТ 12.1.007	Агрегатное состояние при нормальных условиях	Плотность пар в (газа) по воздуху	Удель-ный вес для твер-дых и жид-ких веществ, г/см^3	Растворимость в воде, % мас.	Возможно ли воспламене-ние или взрыв при воздействии на него		Температуры, ^{0}С						Пределы воспламенения					ПДК в воздухе рабочей зоны произ-водственных помещений, мг/м^3
						воды	кислорода	кипения	плавления	самовоспламенения	воспламенения	вспышки	начала экзотермического разложения	концентрационные (% об.)		температурные, ^{o}С		дисперсность аэровзвеси (г/см^3)	
														нижний	верхний	нижний	верхний	нижний	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Бензин	4	Жидкость	---	0,69-0,73	Нерас-тв.	Нет	Нет	70-195	---	415-530	255-474	От –27 до -44	---	0,76-1,48	5,03-8,12	---	---	---	300/100
Углеводородные газы	4	Газ	0,526-0,967	---	От 0,03 до 0,14	нет	нет	-74,7 (при Р=8,6 кгс/см^2)	От -188 до -138 (C_3-C_4)	460	---	---	---	1,5	11,5			---	900/300

Газ кислый сероводород	2	Газ	1,19	---	4,67мл на 100 г воды при 0^0 С	нет	нет	-63,5	-85,6	246	---	<-35	---	4,3	46,0			---	10
Водородосодержащий газ	4	Газ	0,0695	0,708 (при Т= –252,8 °С)	2,15 мл на 100 г воды при 0^0 С	нет	да	≥252	≥259	510				4,0	75,0			---	900/300
Мазут	4	жид-кость	---	0,890-0,915	нет	нет	нет			350	---	90		1,4	8,0	91	155	---	900/300
Натр едкий технический (NaOH) 10% водный раствор	2	Тверд.	---	2,13	раст	нет	нет	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,5
Моноэтаноламин	2	жидкость	2,1	1,016	раствори м	нет	нет	171	---	410	---	93	---	3,0	17,9	82	107	---	0,5
Дизельное топливо	4	жидкость	---	0,835-0,865	нет	нет	нет	190-360	---	225	---	65	---	1,4	7,5	64	116	---	600/300
Легкий газойль	4	жидкость	---	0,865-0,900	нет	нет	нет	200-360	---	420-460	---	40	---	0,7	7,5	---	---	---	600/300
Технический азот		Газ	0,967	0,808 (Т= -195,8 ^{0}С)	2,35 мл на 100 г воды при 0^0 С	---	---	-196	-210										
Катализатор РК-222.	3	твер-дый																	4,0

Примечание: столбец №20: в числителе – значение разовой концентрации; в знаменателе – среднесуточная концентрация.

3.3.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте оператора

Рассматривается блок стабилизации дизельного топлива, установки гидроочистки дизельных топлив Л-24-6, расположенной на территории ОАО «Сибнефть-ОНПЗ».

Установка расположена на территории предприятия, вне помещения. Ее обслуживают операторы, находящиеся в отдельном помещении, операторной. Управление установкой осуществляется дистанционно, с периодическими осмотрами.

Установка является взрывопожароопасным производством. Продуктами, определяющими взрывоопасность установки, являются пары дизельного топлива, бензина, углеводородного газа.

Санитарно-гигиеническая характеристика процесса определяется получением веществ, действующих на центральную нервную систему и раздражающих дыхательные пути, глаза, желудочно-кишечный тракт, почки.

Промышленная опасность установки Л-24-6 характеризуется опасными и вредными производственными факторами для оператора, обусловленными:

- присутствием вредных веществ и материалов;
- проведением технологических процессов при избыточном давлении;
- проведением технологических процессов при высокой температуре;
- применением электрических установок и наличием потребителей с напряжением опасным для человека;
- проведением работ в холодный период года на открытых площадках при пониженных температурах воздуха;
- проведением работ при недостатке естественного света (с пониженной естественной освещенностью);
- наличием вращающихся частей механизмов и оборудования;
- наличием шума и вибрации от производственного оборудования;
- присутствием пожаровзрывоопасных, химически опасных веществ и материалов;

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами: температурой воздуха; температурой рабочих поверхностей; относительной влажностью воздуха; скоростью движения воздуха на рабочем месте.

Выбираем категорию работ II а т.к к данной категории относятся работы с интенсивностью энерготрат 175 - 232 Вт, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

Таблица 3.3

ОПТИМАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	Категория работ по уровням энерго-затрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	**IIa (175 - 232)**	**19 - 21**	**18 - 22**	**60 - 40**	**0,2**
Теплый	**IIa (175 - 232)**	**20 - 22**	**19 - 23**	**60 - 40**	**0,2**

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 (смотри табл.7.1 и 7.2) допустимые и оптимальные параметры микроклимата рабочего помещения для технологического персонала должны быть следующими: допустимая температура воздуха в холодный период года 17-23^0 С, оптимальная 19-21^0 С; в теплый период года 18-27^0 С, оптимальная 20-22^0 С; температура рабочих поверхностей в холодный период года допустимая 16,0 - 24,0 ^{0} С оптимальная 18-22^0 С; в теплый период года допустимая 16,0 - 24,0 ^{0} С 17-28 допустимая 16,0 - 24,0 ^{0} С оптимальная 19-23^0 С; допустимая относительная влажность воздуха 15–75%, оптимальная 40-60%; оптимальная скорость движения воздуха на рабочем месте 0,2 м/с, в холодный период года допустимая скорость движения воздуха на рабочем месте для диапазона температур ниже оптимальных величин 0,1 м/с, в холодный период года допустимая скорость движения воздуха на рабочем месте для диапазона температур выше оптимальных величин 0,3 м/с, в теплый период года допустимая скорость движения воздуха на рабочем месте для диапазона температур ниже оптимальных величин 0,1 м/с, в

теплый период года допустимая скорость движения воздуха на рабочем месте для диапазона температур выше оптимальных величин 0,4 м/с.

Таблица 3.4

ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более <**>
Холодный	**IIа (175 - 232)**	**17,0 - 18,9**	**21,1 - 23,0**	**16,0 - 24,0**	**15 - 75**	**0,1**	**0,3**
Теплый	**IIа (175 - 232)**	**18,0 - 19,9**	**22,1 - 27,0**	**17,0 - 28,0**	**15 - 75**	**0,1**	**0,4**

Основными источниками шума является технологическое оборудование, расположенное в отдельно стоящих помещениях. Характер работы в помещении операторной – наблюдение и дистанционное управление с речевой связью по телефону. Для данного помещения предельный спектр шума приведен табл. 3.5. В качестве нормирующего документа используется СН 2.2./2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки».

Таблица 3.5

Допустимые уровни шума

Рабочие места	Уровень звукового давления дБ в октавных полосах с осредненными геометрическими частотами.									Эквивалентный уровень звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения наблюдений и дистанционного управления с речевой связью по телефону	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Вибрация на разрабатываемой установке возникает в результате работы смежного оборудования. Тип вибрации технологическая, которая передается на рабочие места без источников вибрации.

В качестве нормирующего документа используется ГОСТ 12.1.012-90 «Система стандартов безопасности труда». «Вибрация, общие требования безопасности».

Воздействие вибрации на человека-оператора классифицируется:

- по способу передачи вибрации на человека;
- по направлению действия вибрации;
- по временной характеристике вибрации.

В качестве факторов, влияющих на степень и характер неблагоприятного воздействия вибрации, должны учитываться:

- риски (вероятности) проявления различных патологий вплоть до профессиональной вибрационной болезни;
- показатели физической нагрузки и нервно-эмоционального напряжения;
- влияние сопутствующих факторов, усугубляющих воздействие вибрации (охлаждение, влажность, шум, химические вещества и т.п.);
- длительность и прерывистость воздействия вибрации;
- длительность рабочей смены.

Для общей вибрации вибрационные нагрузки на оператора выбираем категорию 3 тип «а» т.к по характеру условий труда: технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования или

передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. По примеру источников вибрации: станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечно-прессовое оборудование,литейные машины, электрические машины, насосные агрегаты, вентиляторы,буровые станки, оборудование промышленности стройматериалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности, стационарное оборудование сельскохозяйственного производства.

Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора. Общая вибрация, категория 3, тип "а"

Таблица 3.6

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Нормативные значения виброскорости, Дб
2,0	108
4,0	99
8,0	93
16,0	92
31,5	92
63,0	92

Нормирование освещения осуществлено по СНиП-23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Требования к освещению помещений промышленных предприятий (КЕО, нормируемая освещенность, допустимые сочетания показателей ослепленности и коэффициента пульсации освещенности) следует принимать по табл. 7.5

Величина минимальной освещенности устанавливается по характеристике зрительной работы, которую определяют наименьшим размером объекта различия, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона. В соответствии с рекомендациями в таблице 3.7 [23]: выбираем характеристику зрительной работы средней точности с наименьшим эквивалентным размером объекта различения от 0,5 до 1 мм; разряд зрительной работы – IV; подразряд зрительной работы – Г (контраст объекта с фоном средний или большой, характеристика фона – светлый или средний, исскуственное освещение при системе общего освещения – 200 лк, сочетание нормируемых величин показателя освещенности – 40 % и коэффициента пульсации – 20 %, коэффициент естественного освещения при естественном освещении для верхнего или комбинированного освещения – 4%, при боковом – 1,5%, коэффициент

естественного освещения при совмещенном освещении для верхнего или комбинированного освещения – 2,4%, при боковом – 0,9%).

В насосной установлено следующее электроооборудование, приведенное в табл 37

Таблица 3.7

Оборудование	Номинальное напряжение, В	Потребляемая мощность, кВт
Электродвигатель насоса подачи орошения	380	15
Электродвигатель насоса откачки куба	380	15

В помещении основными потребителями являются промышленная автоматика, измерительные приборы и освещение общей мощностью более 100 кВт.

Согласно приведенному оборудованию по степени поражения людей электрическим током помещение операторной относится к классу повышенной опасности, а оборудование, находящееся в операторной, к особо опасному классу.

Все оборудование имеет непрерывный режим работы. Остановка производится в соответствии с графиком планово-предупредительных ремонтов.

На установке Л-24-6 присутствуют сосуды, работающие под давлением. Разгерметизация оборудования может привести к образованию газоопасной обстановки и послужить причиной загорания и взрыва. Причинами разгерметизации могут быть ослабление крепежа фланцевых соединений аппаратов и трубопроводов, разрушение торцевых и сальниковых уплотнений насосного оборудования, коррозия, износ металла оборудования, а также несоблюдение технологического режима.

3.3.3 Меры по снижению и устранению опасных и вредных факторов

Для обеспечения допустимого микроклимата в помещении операторной предусмотрен местный кондиционер производительностью по воздуху 5000 м^3/ч и мощностью 3,5 кВт.

Для достижения данного уровня шума необходимо производить акустическую обработку помещений. Это производится путем размещения на внутренних поверхностях помещения звукопоглощающих облицовок. В качестве облицовок применяют слой однородного пористого материала (акустических минераловатных плит "Акмигран", "Акминит" и МВП, панелей фирмы "PAROC"). Также для защиты от шума можно уменьшать его на пути распространения. Эффективное снижение

шума можно достичь путем установки звукоизолирующих преград в виде стен или перегородок.

Данные мероприятия позволяют довести уровень шума до уровня соответствующего ГОСТ 12.1.003-83.

Уменьшение вибрации осуществляется путем установки смежного оборудования на фундаменте с применением виброизолирующей опоры, типа упругих прокладок, между насосным оборудованием и фундаментом, на который установлено технологическое оборудование.

Для освещения помещения операторной используется искусственное освещение. По конструктивному исполнению – общее освещение. В качестве источников света применяются газоразрядные лампы. Для освещения производственных помещений с небольшой запыленностью и нормальной влажностью используем светильники ЛОУ.

Для устранения опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования применяется защитное заземление. Типа заземляющего устройства – контурное. Согласно требованиям Правил устройства электроустановок сопротивление защитного заземления не должно превышать 4 Ом. Также для автоматического отключения установки при возникновении в ней опасности поражения током применяется защитное отключение. Тип устройства защитного отключения – реагирующее на напряжение корпуса относительно земли.

Для обеспечения нормальной работы сосудов работающих под давлением и предотвращения аварийных ситуаций во время планово-предупредительного ремонта определяется остаточная толщина стенки корпуса аппаратов и производится 100% контроль сварных швов.

На колоннах стабилизации К-2,3 и сепараторе бензина С-9 установлены предохранительные клапаны для того, чтобы обеспечить сброс пара или газа, когда давление в аппарате будет выше максимально допустимого. Установленные предохранительные клапаны – пружинные прямого действия.

3.3.4 Расчет естественного освещения

При расчете естественного освещения в помещении операторной установки Л-24-6 определяется необходимая площадь световых проемов помещения, обеспечивающей нормированное значение коэффициента естественного освещения.

Расчет площади световых проемов производится:

при боковом освещении помещений по формуле:

$$S_0 = \frac{e_н \cdot \eta_0 \cdot K_з \cdot K_{зд} \cdot S_П}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, \text{ где}$$

$e_н$ – нормированное значение коэффициента естественного освещения;

η_0 =10,5 - световая характеристика окна (определяется по СНиП 23-05-95);

$К_{зд}$ =1 - коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями, зданий нет (определяется по СНиП 23-05-95);

$К_з$ =1,5 – коэффициент запаса (определяется по СНиП 23-05-95);

τ_0 – общий коэффициент светопропускания светового проема;

r_1=1,7 – коэффициент, учитывающий повышение коэффициента естественного освещения при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения при средневзвешенном коэффициенте $\rho_{ср}$ (определяется по СНиП 23-05-95);

Средневзвешенный коэффициент отражения от стен, потолка и пола находится из выражения:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_{ст} \cdot S_{ст} + \rho_{пт} \cdot S_{пт} + \rho_{пл} \cdot S_{пл}}{S_{ст} + S_{пт} + S_{пл}}$$

где $\rho_{ст}$= 0,50, $\rho_{пт}$= 0,70, $\rho_{пл}$= 0,30 – средневзвешенные коэффициенты отражения от стен, потолка и пола.

$S_{ст}$ = 224 м^2, $S_{пт}$= 160 м^2, $S_{пл}$= 160 м^2 – площади стен, потолка и пола.

$$\rho_{ср} = \frac{0{,}5 \cdot 224 + 0{,}7 \cdot 160 + 0{,}3 \cdot 160}{224 + 160 + 160} = 0{,}476$$

Нормированное значение коэффициента естественного освещения определяется формулой в %:

$$e_Н = emc,$$

где e =1,5 – коэффициент естественного освещения определяемый по разряду выполняемой работы (IV);

m =1 – коэффициент светового климата без учета прямого солнечного света;

$$e_H = 1{,}5 \cdot 1 \cdot 1 = 1{,}5$$

Общий коэффициент светопропускания светового проема определяем по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \text{ ,где}$$

τ_1 =0,8 – коэффициент светопропускания стекла (двойное стекло) (определяется по СНиП 23-05-95);

τ_2 =0,85 – коэффициент, учитывающий потери света в оконных переплетах (металлические переплеты, двойные разделенные) (определяется по СНиП 23-05-95);

τ_3 =1 – коэффициент, учитывающий потери света в зависимости от степени загрязнения остекления (при боковом освещении = 1) (определяется по СНиП 23-05-95);

τ_4 =1 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (убирающиеся регулируемые жалюзи, наружные) (определяется по СНиП 23-05-95);

$$\tau_0 = 0.8 \cdot 0.85 \cdot 1 \cdot 1 = 0.68$$

Таким образом, требуемая площадь световых проемов равна:

$$S_0 = \frac{1.5 \cdot 10.5 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 160}{0.68 \cdot 1.7 \cdot 100} = 32.7 \text{ м}^2.$$

Необходимое число окон вычисляется по формуле:

$$n_{окн} = \frac{S_0}{S_{окн}} = \frac{32{,}7}{7{,}2} = 4{,}5$$

В соответствии с проведенным расчетом получаем, что для освещения помещения операторной естественным светом необходимо установить 5 окон площадью по 7,2 м^2.

3.3.5 Краткая характеристика опасности блока

<u>Состав блока:</u>

В состав блока входит оборудование блока стабилизации: колонна ректификации К-3, горячие насосы дизельного топлива Н-9, 17, печи стабилизации

односкатные П-3, 4, колонна ректификации К-2, горячие насосы для откачки очищенного дизельного топлива Н-7, 8, теплообменники стабилизации Т-16, 15, 14, 13, 9, аппараты воздушного охлаждения очищенного дизельного топлива АВГ-1-10, аппараты воздушного бензина АВГ-1, 2, 3, 4, холодильники паров верха К-2 - Х-101/ / 1,2, сборник газа Е-101, холодильник паров верха К-2 - Х-103, сепаратор бензина С-9, насосы откачки бензина Н-10, 12, емкость раствора щелочи Е-5, насосы Н-15, Н-5.

Таблица 3.9

Энергетические показатели опасности

Полный энергетический потенциал	КДж	$6,25 \cdot 10^{8}$
Приведенная масса паров	кг	13590
Относительный энергетический потенциал		51,71
Категория взрывоопасности блока		I
Суммарный радиус разрушения	м	17,54

Таблица 3.10

Радиусы разрушений по тротиловому эквиваленту

Характер разрушения	Давления ударной волны (кПа)	Радиус разрушения, м
Сильное разрушение зданий	> 100	66,9079
Среднее повреждение зданий с массовыми обвалами	70	98,6012
Среднее повреждение зданий	28	169,031
Легкое повреждение труб	14	986,006
Разрушения остекления	< 2	713,049

Таблица 3.11

Основные факторы опасности блока

	Технические параметры		Пожаровзрывоопасные характеристики		
	Р атм.	T^{0} С	Температура вспышки	НКПР % об.	ВКПР % об.
1.Бензин	0,7	140	-27	1	6
2.Диз.топливо	10	200	65	1,4	7,5
3.Углеводородные газы	0,7	200	-	1,3	28,6

Опасными веществами, которые используются на блоке стабилизации дизельного топлива являются: бензин, дизельное топливо, углеводородные газы. Основным энергетическим показателем опасности блока является категория взрывоопасности блока – I. Относительный энергетический потенциал блока – 51,71. Сильное разрушение зданий, с давлением ударной волны более 100м кПа возможно на расстоянии 66,9 м.

4. Экономическая часть

Расчет производственной себестоимости продукции.

Промышленное предприятие в процессе производства и реализации продукции расходует сырье, материалы, топливо, энергию, амортизирует основные фонды, оплачивает труд работников, несет расходы по обслуживанию и управлению производством по реализации продукции, оплате услуг других организаций. Совокупность всех текущих затрат предприятия на производство и реализацию продукции, выраженных в денежной форме, образует себестоимость этой продукции.

При планировании, учете и анализе себестоимости, составляющие ее разнообразные виды затрат по какому-либо общему признаку объединяют в ограниченное число групп, т.е. классифицируют затраты.

На химических предприятиях калькуляции составляются как на товарную продукцию, так и на полуфабрикаты. При калькулировании рассчитывается себестоимость не только единицы, но и всего выпуска данной продукции за рассматриваемый период (месяц, квартал, год).

Расчет затрат на сырье и материалы.

В статью сырье и материалы включают затраты на эти ресурсы, непосредственно входящие в состав готовой продукции, а так же необходимые для условий протекания реакций (катализаторы, растворители и пр.) или изменения качества получаемой продукции (пластификаторы, термостабилизаторы и пр.) Эти затраты рассчитывают исходя из норм расходов сырья, материалов и цен на них (без учета налога на добавленную стоимость).

Затраты на сырье:

$$З_c = Q_i \cdot Ц_i, \text{ где}$$

Q_i – плановый объем i-го вида сырья, кг;

$Ц_i$ – цена i-го вида сырья, руб.

Таблица 4.1.

Расчет затрат на сырье. (за 1 месяц 30 суток)

№ п/п	Наименование видов сырья	Количество сырья, тыс. тонн	Цена за 1 т сырья, тыс. руб	Сумма затрат, млн. руб
1	Неочищенное дизельное топливо	108	14	1512
	Итого затрат:			1512

Расчет затрат на топливо и энергию.

Статья "Топливо и энергия" включает затраты на топливо, электрическую, тепловую и другие виды энергии, расходуемые на технологические цели. Расчет ведется по действующим ценам и тарифам через норму расходов.

Затраты на энергоресурсы:

$$З_{эл} = Н_{расх.э.} \cdot Q_i \cdot Ц_i,$$

где $Н_{расх.э.}$ – техническая норма расхода i-го вида энергоресурсов;

Q_i – плановый объем i-го вида сырья, кг;

$Ц_i$ – цена i-го вида энергоресурсов, руб.

Таблица 4.2.

№ п/п	Наименование энерго-ресурсов	Цена энергоре-сурса,руб	Расход-ная норма	Ед. изм	Плановая потребность	
					В нат. выраж	руб
1	Электроэнер.-я	1,95	4,4	кВтч/т	475200	926640
2	Пар	421,5	0,028	ккал/т	3024	1274616
3	Вода оборотн.	0,62	0,035	тыс.м^3/т	3780	2344
4	Воздух КИП	0,23	0,0012	тыс.м^3/т	130	30
	Итого:					2203630

Затраты на энергоресурсы за январь 2008 года составили 2203630 рублей.

Расчет условно-постоянных расходов.

Условно-постоянными расходами называются расходы, общая сумма которых в расчете на годовой выпуск продукции не изменяется (или изменяется незначительно) в связи с изменением объема производства, тогда как в себестоимости единицы продукции они изменяются примерно обратно пропорционально изменению объема производства. К этой группе относятся все

накладные расходы, расходы на подготовку, а также заработная плата с отчислениями основных рабочих.

Условно-постоянные расходы рассчитываются с учетом количества калькулируемой продукции (табл. 4.3.).

Таблица 4.3.

№ п/п	Наименование статей	Затраты	
		на 1 тонну калькулируемой продукции, руб.	на весь выпуск, руб.
1	Зарплата основная и дополн.	2,44	263520
2	Отчисление на соц. страхов.	0,15	16200
3	Амортизация	0,9	97200
4	Текущий ремонт	0,6	64800
5	ВЗП	6,85	739800
6	Цеховые расходы	0,46	49690
7	Общезаводские расходы	3,45	372600
	Итого:		1603810

Расчет полной себестоимости производства продукции.

Сумма затрат образует себестоимость производства продукции ($C_{зав}$) на данном предприятии (табл. 4.4.).

$$C_{зав} = З_с + З_м + З_э + УПР,$$

где $З_с$ – сумма затрат на сырье, руб.;

$З_м$ – сумма затрат на вспомогательные материалы, руб.;

$З_э$ – сумма затрат на топливо и энергию, руб.;

$УПР$ – сумма условно-постоянных расходов, руб.

$C_{произв} = C_{зав} - C_{нкп}$. Структура затрат.

Таблица 4.4.

№ п/п	Калькуляционные статьи расходов	Затраты на весь выпуск, руб.
1	Сырье и материалы	1512000000
2	Энергоресурсы	2203630
3	Условно-постояные расходы	1603810
	Итого:	1515807440

Из себестоимости производства($C_{зав}$), вычитают себестоимость попутной продукции($C_{нкп}$), которая может получаться вместе с основной, но имеет самостоятельное потребительское значение. Общая сумма затрат предприятия за вычетом себестоимости попутной продукции составляет производственную

себестоимость, которая показывает, во что обходится предприятию производство этой продукции.

Расчет калькулируемой продукции.

Таблица 4.5.

№ п/п	Наименование продукта	Кол-во тонн	Цена (себестоимость) единицы продукции, тыс. руб	Сумма, млн. руб.
1	Очищенное дизельное топливо	100	18	1800
2	Бензин гидроочистки	8	20	160
	Итого			1960

Расчет внутризаводских цен.

В нефтеперерабатывающей промышленности при расчете внутризаводских цен товарной продукции используется нормативно-калькуляционный метод, при котором количественной основой цены является прибыль от реализации продукции.

Величину прибыли в цене устанавливает предприятие-изготовитель продукции, исходя из расчетного норматива рентабельности продукции, обеспечивающего необходимый доход (табл. 4.6).

$$Ц = C_{пр} + \left(\frac{P_n}{1100}\right),$$

$$C_{пр} = C \cdot \left(1 + \frac{P_n}{100}\right).$$

Таблица 4.6.

Расчет внутризаводских цен.

Наименование продукта	Себестоимость ед. продукции, тыс. руб.	Уровень рентабельности, %	Внутризавод-я цена, тыс. руб.
Очищенное дизельное топливо	18	15	20,7
Бензин гидроочистки	20	15	23

Расчет прибыли и рентабельности.

Прибыль – это важнейший результативный и обобщающий показатель, характеризующий в денежном выражении количественную и качественную стороны деятельности предприятий: рост объема производства, снижения себестоимости продукции и повышения ее качества и т. д.

На химических предприятиях прибыль формируется из следующих источников:

- от реализации ТП (работ, услуг) по основной деятельности предусмотренной уставом предприятия ($П_{р.тп}$);
- от реализации ОФ и другого имущества ($П_{р.им}$);
- от внереализационных операций ($П_{во}$).

Общая сумма прибыли, полученной от этих источников, называется валовой (балансовой прибылью ($П_в$)).

$$П_в = П_{р.тп} + П_{р.им} + П_{во}.$$

Основной частью (90-95%) от общей суммы валовой (балансовой) прибыли является прибыль от реализации ТП.

Эта прибыль определяется как разница между объемом реализуемой продукции в оптовых (отпускных) ценах ($Ц_i$) предприятия изготовителя продукции и полной стоимостью ($С_{пр i}$) этой продукции.

В данном расчете прибыль от реализации товарной продукции определяется по следующей формуле:

$$П_{р.тп} = ТП_{пл} - С_{произв},$$

где $ТП_{пл}$ – плановый объем производства ТП, руб.;

$С_{произв}$ – производственная себестоимость, руб.

$П_{р.тп}$ = 20,7 –18 =2,7 тыс. руб. (по дизельному топливу)

Для сравнения оценки эффективности работы предприятия используют относительный показатель прибыли, называемый рентабельностью, он показывает относительный размер прибыли на каждый рубль текущих затрат.

$$P_n = \frac{\sum_{i=0}^{n} (Ц_i - C_i) \cdot Q_i}{\sum_{i=0}^{n} C_i \cdot Q_i} \cdot 100\%,$$

$$P_n = \frac{П_{р.тп}}{C_{произв}} \cdot 100\%,$$

$$P_n = \frac{2,7}{18} \times 100\ \% = 15,1$$

Вывод:

В результате производственно-хозяйственной деятельности получились следующие данные:

- рентабельность производства продукции – 15,1 %;
- прибыль от реализации товарной продукции составит 2,7 тыс. рублей за тонну очищенного дизельного топлива.

Заключение

В данном дипломном проекте был рассмотрен блок стабилизации дизельного топлива на установке гидроочистки дизельных топлив Л-24-6 на ОАО «Сибнефть Омский НПЗ» производительностью 3600 т/сутки.

В ходе проектирования были выполнены необходимые проектные и поверочные расчеты. Произведен расчет процесса стабилизации дизельного топлива, на основании которого разработана технологическая схема. Выполнен расчет основного аппарата – стабилизационной колонны.

На основании проведенных расчетов получены следующие результаты: для обеспечения процесса стабилизации дизельного топлива необходимо заменить верхнюю часть колонн К-2,3 с Ду=1200 мм на Ду=1400 мм. Заменить желобчатые тарелки на 22 клапанных тарелки. Для лучшего захолаживания продуктов верха колонн К-2,3 монтируются дополнительные водяные холодильники ХК-1,2. Произвести замену сепараторов бензина С-9,10 на один сепаратор большего размера С-9.

Выполнены необходимые прочностные расчеты: расчет толщины стенки колонны, толщины стенок эллиптической крышки и эллиптического днища.

В разделе «Технология машиностроения» предложена технология сборки клапанной двухпоточной тарелки с центральным сливом.

В разделе «Автоматизация и контроль производства» предложена функциональная схема автоматизации процесса разделения смеси.

В разделе «Охрана труда» выявлены опасные факторы производства и предложены методы и средства борьбы с ними.

В заключении дипломного проекта приведены список использованной литературы и приложение к чертежам проекта.

Литература

1. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1983. – 272с., ил.
2. Багатуров С. А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации. – 3-е изд., перераб. – М.: Химия, 1974. – 440 с., ил.
3. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Физматгиз, 1963. – 708 с.
4. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. – Л.: Химия, 1965. 308 с., ил.
5. Лащинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с., ил.
6. Пугач В. В., Мамонтов Г. В., Мишин В. П. Кожухотрубчатые таплообменные аппараты общего и специального назначения: Каталог. – М.: ЦИНТИХИМНефтемаш, 1991. 108 с., ил.
7. Пугач В. В., Мамонтов Г. В., Мишин В. П. Кожухотрубчатые таплообменные аппараты общего и специального назначения: Каталог. – М.: ЦИНТИХИМНефтемаш, 1991. 108 с., ил.
8. Никифоров А. Д., Беленький В. А., Поплавский Ю. В. Типовые технологические процессы изготовления аппаратов для химических производств: Атлас типовых технологических процессов и чертежей. – М.: Машиностроение, 1979. 280 с., ил.
9. Юдин Е. Я., Белов С. В. Охрана труда в машиностроении. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. 432 с., ил.
10. Данилов А. М. Присадки и добавки. Улучшение экологических характеристик нефтяных топлив. – М.: Химия, 1996. – 232 с.
11. Данилов А. М., Энгелин Б. А., Селянина А. А. Оптимизация нефтяных топлив присадками и добавками топливам (Тематический обзор). – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1990. – 56 с.
12. Насиров Р. К., Харченко В. Ю., Насиров И. Р., Талисман Е. М., Ковальчук Н. А. Экологические аспекты производства и сертификации нефтепродуктов

(Тематический обзор). – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1996. – 83 с.

13. Насиров Р. Н., Талисман Е. Л., Дистерова О. А. Перспективные дизельные топлива / / Нефтепереработка и нефтехимия: НТИС. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1994. – № 5. – С. 19.
14. Осипов Л. Н., Каминский Э. Ф., Курганов В. М., Хавкин В. А. О перспективах организации производства экологически чистого дизельного топлива на российских НПЗ / / Нефтепереработка и нефтехимия: НТИС. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1995. – № 8. – С. 9.
15. Поконова Ю.В. Нефть и нефтепродукты – Спб.: Профессионал, 2000. – 980 с.
16. Кузнецов А.А. Кагерманов С.М. Судаков Е.М. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности . М., Химия. 1974г.
17. Орочко Д.И. Сулимов А.Д. Осипов Л.Н. Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке М., Химия. 1971 г.
18. Средин в.в. Тарасенков П.М. Оборудование и трубопроводы установок каталитического риформинга и гидроочистки. Л., Гостоптехнадзор 1963 г.
19. Дырин В.Г.,Власов В.Г. Гидроочистка, гидрообессеривание и гидрокрекинг нефтяного сырья. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию Самарский Политехнический институт 1991г - 41с
20. Н.И. Черножуков Технология переработки нефти и газа. М., 1966 г.
21. Технологический регламент установки гидроочистки дизельного топлива Л – 24/6. ТР – 2 – 009 – 217 – 06/Омск. ОАО “Сибнефть - ОНПЗ”, 2006. – 230 с.
22. Андреев Е.И. Расчет тепло- и массообмена в контактных аппаратах. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ие, 1985. – 192 с.
23. Оптимизация систем охлаждения, состоящих из аппаратов воздушного охлаждения и кожухотрубных теплообменников // Ведерников Л.Г., Головач И.И., Питерцев А.Г. и др. / ВНТК Совершенств. проц. маш. и аппар. холод. и криог. техн. и кондиц. воздуха: Тез. докл.- Ташкент, 1977.- С. 7-8.
24. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена.- М.: Автомиздат, 1979.- 416.
25. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.- М.: Химия, 1973.- 750 с.
26. Кафаров В.В. Основы массопередачи.- М.: Высшая школа, 1972.- 494 с.