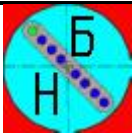


Процесс
разделения
смеси ацетон
- сырец
фенол-сырец.



	Стр
Введение	-
1 Технологическая часть	-
1.1. Характеристика исходного сырья и готовой продукции	-
1.2. Описание технологического процесса	-
1.3. Материальные и тепловые балансы	-
1.4. Автоматизация и контроль производства	-
1.5. Природоохранные мероприятия	-
2. Конструкторская часть	-
2.1. Техническое задание	-
2.2. Конструкция и принцип работы аппарата	-
2.3. Расчет технической характеристики аппарата	-
2.4. Расчеты на прочность элементов машины	-
2.5. Технология изготовления конического днища	-
3. Организационно-техническая часть	-
3.1. Подбор и компоновка оборудования цеха	-
3.2. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования	-
3.3. Тепло- энергоснабжение установки	-
3.4. Охрана труда	-
4. Экономическая часть	-
Заключение	-
Приложение	-

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



ВВЕДЕНИЕ

Омский Завод Синтетического каучука основан в 1960 году.

В настоящее время завод СК это предприятие ставшее гигантом отечественной нефтехимии, производящее продукцию для различных отраслей народного хозяйства.

На основе использования продуктов переработки нефти налажено производство синтетического каучука.

Завод является ведущим предприятием в стране по производству каучуков марок СКМС-30, АРКМ-2Т, СКМ-30АРК, не уступающих по свойствам аналогов каучуков итальянских фирм «EUROPEN-1712», «EUROPEN-1500».

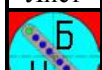
Каучуки, выпускаемые заводом, находят широкое применение в композициях с изопреном, натуральным каучуком для изготовления шин и резинотехнических изделий. На заводе разработана и внедрена комплексная система управления качеством продукции. Десять видов основной продукции выпускается с государственным знаком качества. Удельный вес этой продукции в общем объеме производства составляет более 50%.

Одним из продуктов получаемых на заводе СК является ацетон-сырец и фенол-сырец. Разделение на фракции смеси происходит в экстракционно-ректификационной колонне. Экстракционный эффект заключается в добавлении части воды в разделяемую смесь для более лучшей отгонки ацетона-сырца.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1.1. Описание технологической схемы разделения фенола-сырца и ацетона-сырца.

Схема установки изображена на рис.1.

Отстоявшаяся от солей (осветленная и обводненная) РМО из емкости поз. 265а насосом поз 269 подается на питание колонны поз 270.3.

Питание колонны поз 270.3 подогревается подогревателем поз 271а, обогреваемым паровым конденсатом с узла перегонки РМО. Температура питания колонны на выходе из подогревателя поз 271а замеряется и регистрируется (поз 7080).Схемой предусмотрена возможность подача питания на колонну помимо подогревателя поз 271а. Схемой предусмотрена возможность опорожнения подогревателя поз 271а в емкость поз 341.

Кубовая жидкость колонны подогревается кипятильником поз 271.3 обогреваемым паром давлением 1,6 МПа. Паровой конденсат из кипятильника поз 271.3 через конденсационную сборку сбрасывается в общий коллектор пароконденсата пара давления 1,6 МПа и далее поступает в сепаратор поз 334. Кубовая жидкость колонны самотеком поступает в емкость поз 319а.

Схемой предусмотрена возможность орошения колонны в емкость поз 341.

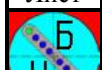
Пары ацетона-сырца поступают из колонны в конденсатор поз 272.3, охлаждаемый промышленной водой. Несконденсированные пары из конденсатора поз 272.3 поступают в конденсатор 273.3, охлаждаемый рассолом. Конденсат из конденсатора поз 272.3, 273.3 сливаются в сборник поз 276.2.

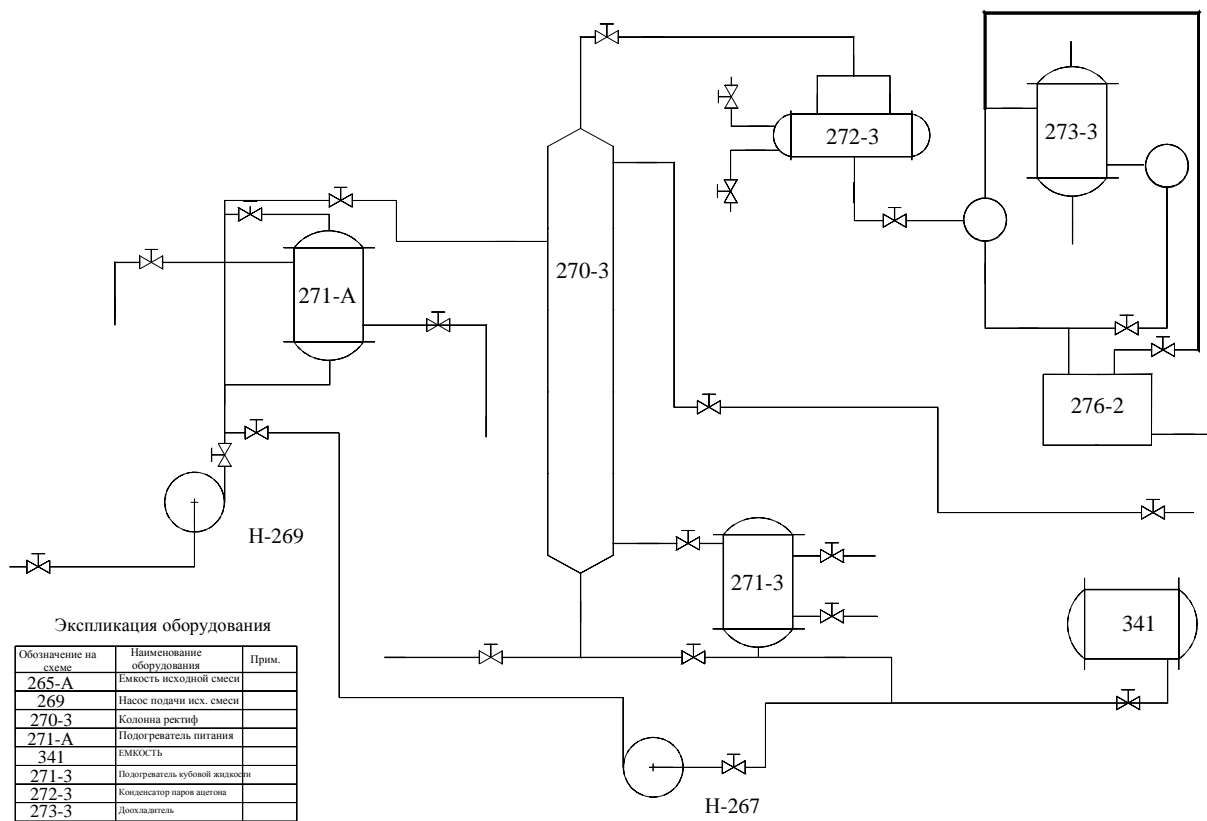
Ацетон-сырец из сборника поз 276.2 подается насосами поз 277.2,3 на флегму колонны.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист





Экспликация оборудования

Обозначение на схеме	Наименование оборудования	Прим.
265-А	Емкость исходной смеси	
269	Насос подачи исх. смеси	
270-3	Колонна ректиф.	
271-А	Погреватель питания	
341	Емкость	
271-3	Погреватель кубовой жидкости	
272-3	Конденсатор паров ацетона	
273-3	Доохладитель	
276-2	Сборник	

Рис. 1.1. Схема технологическая процесса разделения смеси ацетон-сырец фенол-сырец.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

1.2. Характеристика исходного сырья и готовой продукции

1. Проектная производительность установки 11,3 т/час по исходной смеси при работе 350 дней в году.

2. Состав смеси:

Ацетон-сырец – 30% масс

Фенол-сырец – 68% масс

вода – 2% масс

3. На ректификационную установку поступает (при проектной мощности)

	<i>кг/час</i>
<i>Исходная смесь</i>	<i>11300</i>
<i>Ацетон-сырец</i>	<i>3390</i>
<i>Фенол-сырец</i>	<i>7684</i>
<i>Вода</i>	<i>226</i>

4. Требования к составу переработанной смеси

4.1. Реально действующая установка:

	<i>Масс %</i>	<i>молярная доля</i>
<i>Ацетон-сырец</i>	<i>80,0%</i>	<i>не менее 0,971</i>
<i>Фенол-сырец</i>	<i>Не менее 85,0%</i>	<i>не менее 0,938</i>

4.2. Необходимая:

	<i>Масс %</i>	<i>молярная доля</i>
<i>Ацетон-сырец</i>	<i>Не менее 98,0%</i>	<i>не менее 0,993</i>
<i>Фенол-сырец</i>	<i>Не менее 85,0%</i>	<i>не менее 0,958</i>

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



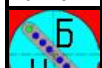
Для реализации данного процесса необходимо:

1. Рассчитать разделяющую способность ректификационных колонн и оптимальные скорости потоков внутри колонн.
2. Выполнить необходимые энергетические и прочностные расчеты.
3. Предложить методы повышения качества сырья с обоснованием выбранного метода.
4. Выполнить экономические расчеты, подтверждающие эффективность предложенного метода.
5. Предложить методы борьбы с негативными факторами влияющие на окружающую среду и здоровье человека.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



1.3. Автоматизация и контроль производства процесса разделения смеси ацетон-сырец – фенол-сырец.

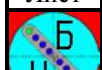
В химической технологии многочисленную группу составляют массообменные процессы, из которых наиболее распространены газовая абсорбция, ректификация (дистилляция) и сушка. Для этих процессов характерны значительная инерционность и запаздывание, так как фактически технологический процесс складывается из гидродинамического процесса перемещения потоков вещества, процессов теплопередачи и массопередачи. Инерционность и запаздывание проявляются особенно сильно в технологических аппаратах больших размеров, которыми преимущественно оснащено современное крупнотоннажное химическое производство.

Важно знать, что условия для протекания массообменного технологического процесса в разных частях аппарата оказываются различными и для получения точной математической модели эти различия необходимо учитывать. Поэтому динамические характеристики абсорберов, сушилок, ректификационных колонн и тому подобных объектов регулирования описываются дифференциальными уравнениями в частных производных. Для практических целей автоматизации такую модель обычно сильно упрощают, усредняя условия протекания процесса в разных частях рабочего объема аппарата и переходя, таким образом, к типовым линейным моделям объектов.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



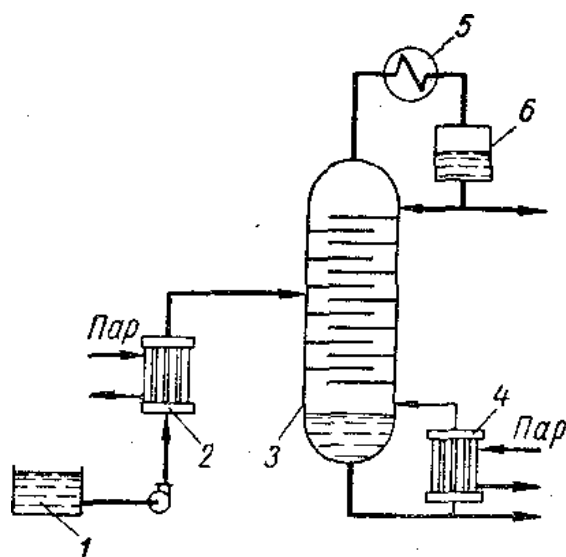


Рис.1.2. Схема простой ректификационной установки:

1 - емкость исходной смеси; 2 - теплообменник; 3 - ректификационная колонна; 4 - кипятильник; 5 - конденсатор; 6 - флегмовая емкость

Автоматическое регулирование процесса ректификации — одна из наиболее сложных задач, возникающих при автоматизации химических производств. Это объясняется сложным характером технологического процесса, взаимной зависимостью основных регулируемых параметров, а также большой инерционностью и запаздыванием, присущим ректификационным колоннам, как объектам регулирования.

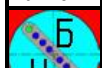
Типовая установка для ректификации двухкомпонентной смеси (рис. 1.2) состоит из емкости исходной смеси 1, теплообменника 2, в котором исходная смесь подогревается до температуры кипения, ректификационной колонны 3 с кипятильником 4, конденсатора 5 и флегмовой емкости 6. Задача управления процессом ректификации заключается в получении продуктов разделения (дистиллята и кубового остатка) определенной чистоты при заданной производительности установки и минимальном расходе греющего пара.

Основными возмущающими воздействиями для колонны являются изменения состава, расхода и температуры питания, давления в колонне и давления в линии греющего пара.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



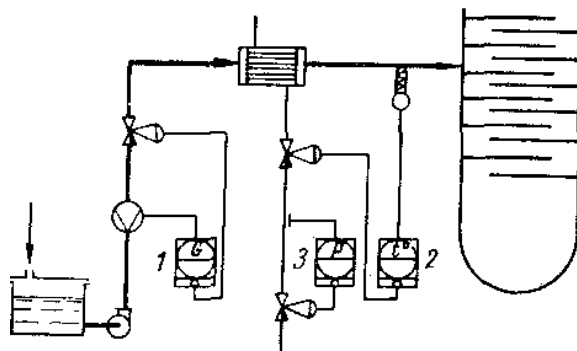


Рис. 1.3. Схемы САР расхода и температуры исходной смеси:

1 - регулятор расхода; 2 - регулятор температуры; 3 - регулятор давления греющего пара

Воздействие некоторых из перечисленных факторов на процесс ректификации можно устранить или значительно уменьшить с помощью локальных систем автоматического регулирования. По отношению к главному объекту регулирования — колонне — эти САР являются «внешними» и не оказывают влияния на процессы регулирования в колонне (рис. 1.3).

Расход исходной смеси, поступающей в колонну, можно стабилизировать при наличии буферной емкости, которая аккумулирует колебания расхода на входе ректификационной установки. Для этого применяется регулятор расхода 1. Если буферная емкость на входе установки отсутствует, то колебания расхода питания колонны устранить невозможно.

Температура исходной смеси автоматически стабилизируется регулятором 2, который воздействует на расход пара, подаваемого в теплообменник.

Давление в линии греющего пара регулируется с помощью регулятора давления 3.

Существенно влияет на ход процесса ректификации давление в колонне, поэтому его необходимо стабилизировать. Давление изменяется по высоте колонны и в разных точках отличается на величину гидравлического сопротивления участка, расположенного между данными точками. В большинстве

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



случаев гидродинамический режим процесса ректификации остается достаточно стабильным и гидравлическое сопротивление можно считать постоянным. Поэтому достаточно стабилизировать давление в одной точке, например, в верхней части колонны.

Способ регулирования давления в колонне зависит от принятой технологии: если пары низкокипящего компонента полностью конденсируются, то давление в колонне регулируется изменением подачи охлаждающей воды в конденсатор (рис. 1.4, а). Если же часть паров отводится несконденсированными или если из колонны отводятся инертные газы, то регулирование давления осуществляется путем изменения расхода пара или газа на выходе из флегмовой емкости (рис. 1.4, б).



Рис. 1.4. Схемы САР давления в ректификационной колонне

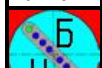
Для устойчивой работы колонны необходимо поддерживать ее материальный баланс, т. е. равенство питания и суммы расходов дистиллята и кубового продукта. При стабилизированном питании это достигается стабилизацией расхода одного из продуктов и регулированием расхода второго так, чтобы их сумма оставалась постоянной. Одновременное регулирование расходов обоих продуктов недопустимо.

В качестве примера на рис. 1.5. показаны две схемы автоматизации колонны, удовлетворяющие этому условию. В первой схеме (рис. 1.5, а) расход кубового продукта стабилизирован САР расхода, а расход дистиллята регулируется по уровню во флегмовой емкости. При этом уровень кубового остатка в сборнике колонны регулируется путем изменения расхода пара, подаваемого в кипятильник. Во второй схеме (рис. 1.5, б) используется САР рас-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



хода дистиллята, а расход кубового продукта регулируется по уровню в сборнике колонны. Для поддержания материального баланса флегмоной емкости в эту схему введен регулятор уровня, воздействующий на расход флегмы.

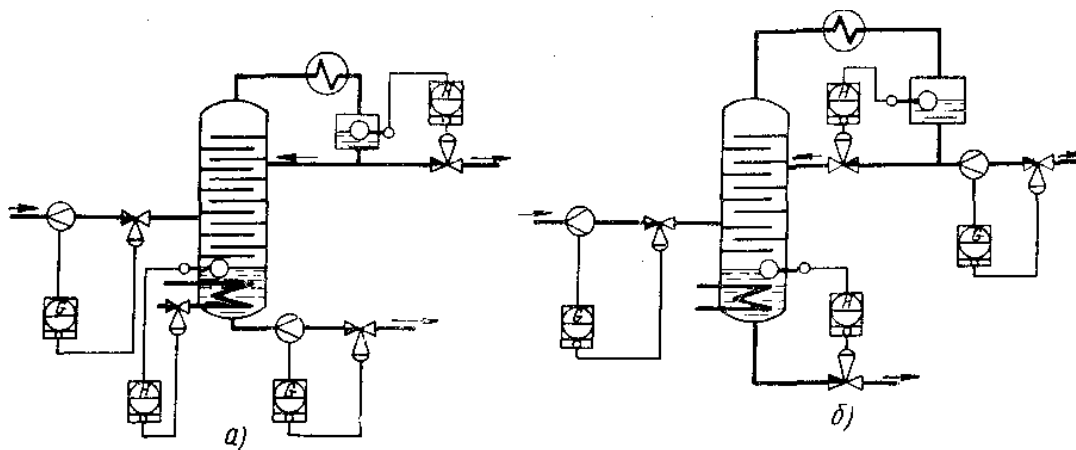


Рис. 1.5. Принципиальные схемы автоматизации, обеспечивающие поддержание материального баланса ректификационной колонны.

Наиболее сложной задачей является автоматическое регулирование состава готовых продуктов разделения. Трудности обусловлены взаимной зависимостью составов дистиллята и кубового продукта, а также большой инерционностью объекта регулирования (обобщенная постоянная времени по каналу «состав питания - состав продукта» у колонн разных типов составляет 60—180 мин).

Как правило, автоматически регулируется состав только одного продукта. Если необходимо обеспечить заданную чистоту дистиллята, то датчик состава устанавливают в верхней части колонны или на линии отбора дистиллята, и регулятор состава / воздействует на клапан, установленный на линии подачи флегмы на орошение колонны (рис. 1.6., а). Для поддержания материального баланса флегмовой емкости отбор готового продукта из нее поддержи-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

вается регулятором уровня 2.



Рис. 1.6. Принципиальные схемы автоматизации «верха» ректификационной колонны, обеспечивающие регулирование состава легкокипящего продукта: 1 — регулятор концентрации; 2 — регулятор уровня

Возможно использование и другой схемы (рис. 1.6, б): регулятор состава 1 воздействует на отбор дистиллята из флегмовой емкости, а регулятор уровня 2 воздействует на расход флегмы.

Если основным целевым продуктом разделения является высококипящий компонент, то датчик состава устанавливается в нижней части колонны или на линии отбора кубового продукта, а регулятор состава воздействует на отбор готового продукта. При этом расход пара в кипятильник колонны регулируется по уровню в сборнике кубового продукта (рис. 1.7., а).

При другом варианте схемы (рис. 1.7., б) регулятор состава воздействует на расход пара в кипятильник, а отбор кубового продукта производится по уровню в сборнике колонны.

Если имеются надежные датчики состава, регулирование качества готовых продуктов можно производить непосредственно по их составу. Для этого могут быть использованы анализаторы, основанные на измерении упругости паров и температурной депрессии, а также автоматические плотнометры, рефрактометры и хроматографы. Однако надежность и точность этих приборов в ряде случаев еще недостаточны. Поэтому гораздо чаще регулирование состава

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

ва продуктов ректификации производится по косвенному параметру — температуре в верхней или нижней части колонны. Применение этого метода основано на однозначной зависимости температуры кипения бинарной смеси от ее состава при постоянном давлении. В случае применения этого метода, особенно высокие требования, предъявляются к точности регулирования давления в колонне. Измерение температуры производится на одной из тарелок (контрольная тарелка), на которой изменение состава жидкости вызывает наибольшее изменение температуры. Контрольную тарелку выбирают по данным анализа статической характеристики колонны.

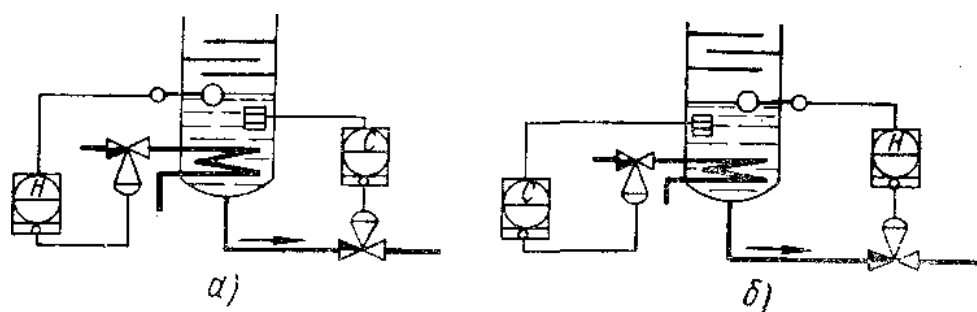


Рис. 1.7. Принципиальные схемы автоматизации «низа» ректификационной колонны, обеспечивающие регулирование состава высококипящего продукта

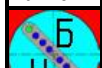
Схемы САР состава дистиллята и кубового продукта по температуре аналогичны схемам, изображенным на рис. 1.6. и 1.7. с заменой датчика состава на датчик температуры.

Необходимо учитывать, что точность измерения, а значит и регулирования состава по температуре невысока и зависит от многих факторов. Например, присутствие в исходной смеси незначительных примесей компонентов с более низкой температурой кипения, чем дистиллят, может привести к большим погрешностям измерения состава верхнего продукта по температуре в верхней части колонны. Кроме того, поддержание постоянного состава жидкости на контрольной тарелке еще не гарантирует получение готового продукта заданной чистоты, в особенности, если контрольная, тарелка находится далеко от верхней (или нижней) тарелки. Поэтому наиболее совершенными

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



являются двухконтурные САР состава продуктов, в которых задание регулятору температуры изменяет корректирующий регулятор в зависимости от состава готового продукта, контролируемого автоматическим анализатором.

Такие схемы обладают высокой надежностью, так как датчиком внутреннего контура регулирования служит термометр и при выходе из строя автоматического анализатора состава САР может продолжать функционировать как одноконтурная. С другой стороны, наличие корректирующего контура с автоматическим анализатором позволяет увеличить точность регулирования состава готового продукта.

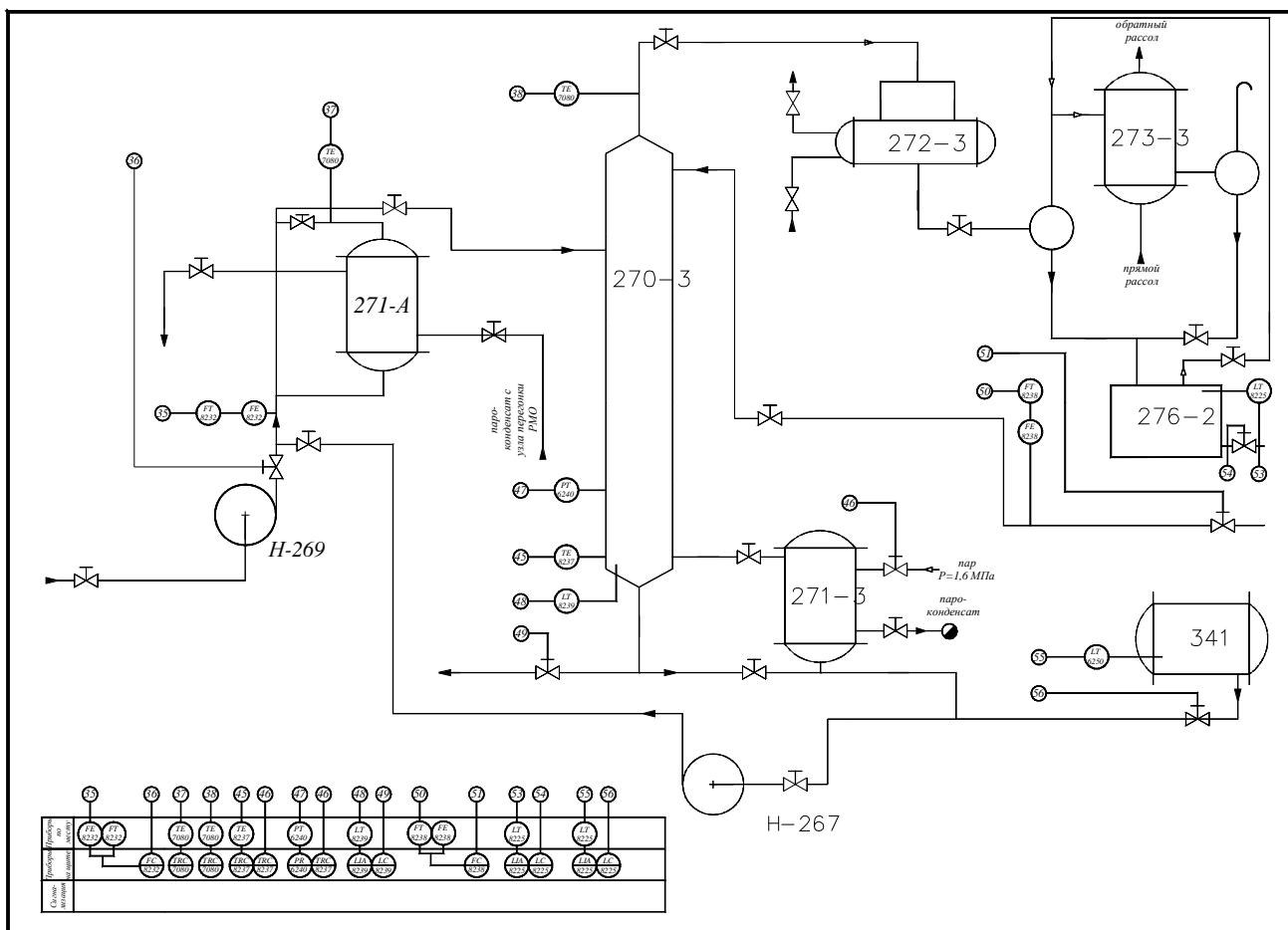


Рис. 2. Функциональная схема КИП

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2.1. Техническое задание

1. Колонна установлена во II географическом районе по ветровой нагрузке с нулевой сейсмичностью.
2. Колонна предназначена для разделения смеси ацетон-сырец – фенол-сырец.
3. Колонна установлена на открытой площадке.
4. Колонна работает по непрерывному циклу.
5. Температура расчетная – 150 °С;
Расчетное давление-0,1 МПа;
Пробное избыточное давление-0,2 МПа (в горизонтальном положении);
6. Материал колонны – 12Х18Н10Т ГОСТ 9940-72.
7. Материал патрубков – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 9940-72.
8. Прибавка на коррозию и эрозию – 2 мм.
9. Колонна тарельчатого типа (ситчато - клапанные тарелки).
10. Колонна выполнена теплоизолирована.
11. Колонна полностью автоматизирована.
12. Технические требования к конструированию по СТ СЭВ 800-77 и ОСТ 26-291-79;

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Литературно-патентный поиск

Исходя из поставленной задачи – улучшения качества переработки ацетона-сырца (с 80% до 98%) решение возможно двумя путями:

1. Увеличение флегмового числа, т.е. увеличение расхода орошения;
2. Увеличение числа тарелок в верхней (укрепляющей) части колонны.

Первый путь решения поставленной задачи ведет непосредственно к уменьшению расхода дистиллята, что в данном случае недопустимо. Таким образом выбираем первый путь решения проблемы.

2.2. Конструкция и принцип работы

Отстоявшаяся от солей (осветленная и обводненная) РМО из емкости насосом подается на питание ректификационной колонны.

Питание ректификационной колонны подогревается подогревателем обогреваемым паровым конденсатом с узла перегонки РМО. Температура питания колонны на выходе из подогревателя замеряется и регистрируется. Схемой предусмотрена возможность подача питания на колонну помимо подогревателя. Схемой предусмотрена возможность опорожнения подогревателя в емкость.

Кубовая жидкость колонны подогревается кипятильником обогреваемым паром давлением 1,6 МПа. Паровой конденсат из кипятильника через конденсационную сборку сбрасывается в общий коллектор пароконденсата пара давления 1,6 МПа и далее поступает в сепаратор. Кубовая жидкость колонны самотеком поступает в емкость.

Схемой предусмотрена возможность орошения колонны в емкость.

Пары ацетона-сырца поступают из колонны в конденсатор, охлаждаемый промышленной водой. Несконденсированные пары из конденсатора поступают в конденсатор, охлаждаемый рассолом. Конденсат из конденсатора сливаются в сборник.

Ацетон-сырец из сборника подается насосами на флегму колонны.

2.3. Расчет технической характеристики

Материальный баланс колонны:

Расход дистиллята $P=0,7196$ кг/с;

Расход кубовой жидкости $W=2,399$ кг/с;

Расход питания $F=3,1186$ кг/с;

Мольные доли концентраций соответственной дистиллята, питания и кубовой жидкости по низкокипящему компоненту:

$x_p=0,88335$ кмоль;

$x_f=0,4528$ кмоль;

$x_w=0,2537$ кмоль;

Средняя концентрация низкокипящего компонента в укрепляющей (верхней) части колонне

$$x_{срв} = \frac{x_f + x_p}{2} = 0,669 \text{ кмоль};$$

Средняя концентрация низкокипящего компонента в исчерпывающей (нижней) части колонне

$$x_{срн} = \frac{x_f + x_w}{2} = 0,3383 \text{ кмоль};$$

Средняя мольная масса в верхней части колонны

$$M_{\text{в}} = M_{\text{нк}} * x_{\text{срв}} + M_{\text{вк}} (1 - x_{\text{срв}}) = 58 * 0,669 + 112(1 - 0,669) = 75,874 \text{ кг/кмоль}$$

Средняя мольная масса нижней части колонны

$$M_{\text{н}} = M_{\text{нк}} * x_{\text{срн}} + M_{\text{вк}} (1 - x_{\text{срн}}) = 58 * 0,3383 + 112(1 - 0,3383) = 93,7318$$

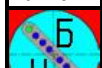
кг/кмоль;

Средняя мольная масса в области тарелки питания

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$M_f = M_{нк} * x_f + M_{вк} (1 - x_f) = 58 * 0,4528 + 112(1 - 0,4528) = 87,5428 \text{ кг/кмоль};$$

$$y_w = x_w = 0,2537 \text{ кмоль};$$

$$y_f = x_f = 0,88535;$$

Для определения значения равновесных параметров концентраций в жидкой и газовой фазах необходимо выполнить аппроксимацию равновесной линии процесса разделения смеси. Т.к. линия имеет перегибы, то аппроксимация одной полиномиальной зависимостью вызывает затруднения. Выполним разбиение равновесной линии на два участка.

Значение равновесной линии в точке питания колонны

$$y_f = y^*(x_f);$$

$$y_f = 0,0288 * 0,4528^2 + 0,2383 * 0,4528 + 0,7319 = 0,8457;$$

Средняя концентрация в газовой фазе низкокипящего компонента в верхней части колонны

$$y_{срв} = \frac{y_f + y_p}{2} = 0,86553 \text{ кмоль};$$

Средняя концентрация в газовой фазе высококипящего компонента в верхней части колонны

$$y_{срн} = \frac{y_f + y_w}{2} = 0,5497 \text{ кмоль};$$

Расход жидкости в верхней части колонны

$$L_g = \frac{PRM_g}{M_{нк}} = \frac{0,7196 * 2 * 75,874}{58} = 1,8576 \text{ кг/с};$$

Расход жидкости в нижней части колонны

$$L_g = \frac{PRM_n}{M_{нк}} + \frac{FM_n}{M_f} = \frac{0,7196 * 2 * 93,7318}{58} + \frac{3,1186 * 93,7318}{87,5488} = 5,6648 \text{ кг/с};$$

Расход пара в верхней части колонны

$$G_g = \frac{P(R+1)M_g'}{M_{нк}};$$

$$M_g' = M_{нк} * y_{срв} + M_{вк} (1 - y_{срв}) = 58 * 0,86553 + 112(1 - 0,86553) = 50,2$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист

Б
Ц

кг/кмоль;

Подставляя мольную массу пара в уравнение определения расхода пара получим

$$G_g = \frac{P(R+1)M'_g}{M_{нк}} = \frac{0,7196 * (2+1) * 50,2}{58} = 1,8685 \text{ кг/с};$$

Для нижней части колонны

$$M'_g = M_{нк} * y_{срн} + M_{вк} (1 - y_{срн}) = 58 * 0,5497 + 112(1 - 0,5497) = 82,3162$$

кг/кмоль;

Подставляя значение мольной массы пара в нижней части колонны в уравнение расхода пара получим

$$G_g = \frac{P(R+1)M'_g}{M_{нк}} = \frac{0,7196 * (2+1) * 82,3162}{58} = 3,064 \text{ кг/с};$$

Определим эффективность нижней тарелки. Диаметр колонны 2000 мм. Тип тарелки ситчато – клапанная. Высота перелива 0,04 м.

Для определения эффективности необходимо определить фазовые числа переноса.

Фазовые числа определим по уравнениям вида

$$n_y = (0,776 + 4,63h_n - 0,238\omega_y \sqrt{\rho_y} + 105 * V_x * l_{cp}) * (Pr_y)^{-0,5};$$

$$n_x = 2,03 * 10^4 * \sqrt{D_x} * [0,21 * \omega_y * \sqrt{\rho_y} + 0,15] * \tau,$$

где ρ_y – плотность пара кг/м³;

Pr_y – диффузионный критерий Прандтля для паровой фазы;

D_x – коэффициент диффузии для паровой фазы, м²/с;

τ - среднее время пребывания жидкости на тарелке, с.

Для определения времени пребывания жидкости на тарелке необходимо знать рабочую площадь тарелки S_p (м²) и высоту запаса жидкости на тарелке h_0 , которую определим по уравнению вида

$$h_0 = \frac{0,042 + 0,19 * h_n - 0,0135 * \omega_y \sqrt{\rho_y'} + 2,4 * V_x}{L_{cp}};$$

Для первой (с низа) тарелки $\rho_y=2,52 \text{ кг/м}^3$; $L=5,6648 \text{ кг/с}$; $\rho_x=954 \text{ кг/м}^3$;
 $t=125 \text{ }^\circ\text{C}$.

Рабочая площадь тарелки составляет $S_p=0,5024 \text{ м}^2$;

Длина пути жидкости $b=0,623 \text{ м}$;

$$l_{cp} = \frac{Sp}{b} = \frac{0,5024}{0,623} = 0,806 \text{ м};$$

Расход пара

$$V_y = \frac{G}{\rho_y} = \frac{3,064}{2,52} = 1,216 \text{ м}^3/\text{с};$$

Скорость пара

$$\omega_y = \frac{V_y}{S_p} = \frac{1,216}{0,5024} = 2,42 \text{ м/с};$$

Коэффициент диффузии для паровой фазы ($\text{м}^2/\text{с}$) рассчитаем по уравнению

$$D_y = \frac{1,013 * 10^{-8} * T^{1,75}}{P * \left(\nu_1^{1/3} + \nu_2^{1/3} \right)^2} * \sqrt{\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}},$$

где M_1 и M_2 – молекулярная масса компонентов;

$$M_1=46,069; \quad M_2=112,134;$$

ν_1 и ν_2 – диффузионные молярные объемы;

P – общее давление в колонне, МПа;

$$D_y = \frac{1,013 * 10^{-8} * 125^{1,75}}{0,06 * \left(50,36_1^{1/3} + 156,58_2^{1/3} \right)^2} * \sqrt{\frac{1}{46,069} + \frac{1}{112,134}} = 5,77 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

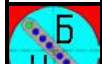
Определяем значение диффузионного критерия Прандтля

$$Pr'_y = \frac{\mu_y}{\rho_y * D_y} = \frac{0,013}{2,52 * 5,77 * 10^{-6}} = 0,894;$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$n_y = (0,776 + 4,63 * 0,04 - 0,238 * 2,42 \sqrt{2,52} + 105 * 0,00594 / 0,806) \times (0,894)^{-0,5} = 0,894$$

Коэффициент диффузии определим по уравнению

$$D_x = 7,4 * 10^{-12} \sqrt{\frac{\varphi * M * T}{\mu * \nu^{0,6}}},$$

где φ - фактор ассоциации растворителя;

μ - вязкость раствора, мПа*с;

$$D_x = 7,4 * 10^{-12} \sqrt{\frac{2,6 * 56,58 * (273 + 125)}{(0,028 * 59,2^{0,6})}} = 9,1949 * 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с};$$

Определим среднее время пребывания жидкости на тарелке

$$h_0 = \frac{0,042 + 0,19 * 0,04 - 0,0135 * 2,42 \sqrt{2,52} + 2,4 * 0,00594}{0,806} = 0,0155 \text{ м};$$

$$\tau = \frac{S_p h_0}{V_x} = \frac{0,5024 * 0,0155}{0,00594} = 1,31 \text{ с};$$

Определим числа единиц переноса

$$n_x = 2,03 * 10^4 * \sqrt{9,1949 * 10^{-9}} * [0,21 * 2,42 * \sqrt{2,52} + 0,15] * 1,31 = 2,4396$$

Определим фактор массопередачи mG/L . Тангенс угла наклона линии равновесия принимаем $m=0,78$.

Определяем общее число единиц переноса

$$n_{ou} = \left(\frac{1}{n_y} + \frac{mG}{L} * \frac{1}{n_x} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,894} + \frac{0,78 * 3,064}{5,6646} * \frac{1}{2,4396} \right)^{-1} = 0,75;$$

Принимая для паровой фазы модель идеального вытеснения, определяем локальную эффективность на нижней тарелке

$$E_0 = 1 - e^{-n_{ou}} = 1 - e^{-0,75} = 0,527$$

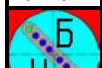
Определение эффективности на верхней тарелке.

Для определения эффективности первоначально необходимо определить фазовые числа единиц переноса

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Для верхней тарелки имеем следующие физические параметры жидкости и пара $\rho_y=1,719 \text{ кг/м}^3$; $L=1,8576 \text{ кг/с}$; $\rho_x=990 \text{ кг/м}^3$; $G=1,8685$; $t=85 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определяем среднюю длину пробега жидкости на тарелке

$$l_{cp} = \frac{Sp}{b} = \frac{0,5024}{0,623} = 0,806 \text{ м};$$

Расход пара

$$V_y = \frac{G}{\rho_y} = \frac{1,8685}{1,719} = 1,087 \text{ м}^3/\text{с};$$

Скорость пара

$$\omega_y = \frac{V_y}{S_p} = \frac{1,087}{0,5} = 2,1636 \text{ м/с};$$

Коэффициент диффузии для паровой фазы ($\text{м}^2/\text{с}$) при $t=85 \text{ }^\circ\text{C}$ рассчитаем по уравнению

$$D_y = \frac{1,013 * 10^{-8} * T^{1,75}}{P * \left(\nu_1^{1/3} + \nu_2^{1/3} \right)^2} * \sqrt{\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}},$$

где M_1 и M_2 – молекулярная масса компонентов;

$$M_1=46,069; \quad M_2=112,134;$$

ν_1 и ν_2 – диффузионные мольные объемы;

P – общее давление в колонне, МПа;

$$D_y = \frac{1,013 * 10^{-8} * (85 + 273)^{1,75}}{0,06 * \left(49,7^{1/3} + 154^{1/3} \right)^2} * \sqrt{\frac{1}{46,069} + \frac{1}{112,134}} = 2,9 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

Определяем значение диффузионного критерия Прандтля

$$Pr'_y = \frac{\mu_y}{\rho_y * D_y} = \frac{0,015 * 10^{-3}}{1,719 * 2,9 * 10^{-6}} = 3;$$

$$n_y = \left(0,776 + 4,63 * 0,04 - 0,238 * 2,1636 * \sqrt{1,719} + 105 * 0,00188 / 0,8064 \right) * (3)^{-0,5} = 0,3064$$

Коэффициент диффузии определим по уравнению

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$Dx = 7,4 * 10^{-12} \sqrt{\frac{\varphi * M * T}{\mu * \nu^{0,6}}},$$

где φ - фактор ассоциации растворителя;

μ - вязкость раствора, мПа*с;

$$Dx = 7,4 * 10^{-12} \sqrt{\frac{2,6 * 56,58 * (273 + 125)}{(0,028 * 59,2^{0,6})}} = 9,1949 * 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с};$$

Определим среднее время пребывания жидкости на тарелке

$$h_0 = \frac{0,042 + 0,19 * 0,04 - 0,0135 * 2,42 \sqrt{2,52} + 2,4 * 0,00594}{0,806} = 0,0155 \text{ м};$$

$$\tau = \frac{S_p h_0}{V_x} = \frac{0,5024 * 0,0155}{0,00594} = 1,31 \text{ с};$$

Определим числа единиц переноса

$$n_x = 2,03 * 10^4 * \sqrt{9,1949 * 10^{-9}} * [0,21 * 2,42 * \sqrt{2,52} + 0,15] * 1,31 = 2,4396$$

Определим фактор массопередачи $\frac{mG}{L}$. Тангенс угла наклона линии равновесия принимаем $m=0,78$.

Определяем общее число единиц переноса

$$n_{oy} = \left(\frac{1}{n_y} + \frac{mG}{L} * \frac{1}{n_x} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,3064} + \frac{0,554 * 1,8685}{1,8587} * \frac{1}{2,948} \right)^{-1} = 0,289;$$

Принимая для паровой фазы модель идеального вытеснения, определяем локальную эффективность на верхней тарелке

$$E_0 = 1 - e^{-n_{oy}} = 1 - e^{-0,289} = 0,25$$

Определение КПД тарелки (эффективности по Мэрффри) на нижней тарелке.

$$E_x = \left(0,00378 + 0,0171 * \omega_s - \frac{3,68 * V_x}{l_{cp}} + 0,18 * h_n \right)$$

$$E_x = \left(0,00378 + 0,0171 * 2,42 - \frac{3,68 * 0,00594}{0,806} + 0,18 * 0,04 \right) = 6,3 * 10^{-3}$$

Определяем значение критерия Пекле по уравнению вида

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист

Б
Ц

$$Pe_x = \frac{b^2}{E_x * \tau};$$

b – длина пути жидкости, м;

τ - среднее время пребывания жидкости на тарелке, с;

$$Pe_x = \frac{b^2}{E_x * \tau} = \frac{0,623^2}{6,3 * 10^{-3} * 1,31} = 47,03$$

$$\eta = \frac{Pe_x}{2} \left\{ \sqrt{1 + \left(\frac{4 * E_{\mu y}}{Pe_x} \right) * \frac{m * G}{l}} - 1 \right\}$$

$$\eta = \frac{47,03}{2} \left\{ \sqrt{1 + \left(\frac{4 * 0,527}{47,03} \right) * \frac{0,78 * 3,064}{5,6646}} - 1 \right\} = 0,2213;$$

$$\lambda = \eta + Pe_x = 0,2213 + 47,03 = 47,2513;$$

Определяем эффективность по Мэрфри

$$E_{\mu y} = 0,527 \left(\frac{1 - \exp(-\lambda)}{\lambda * \left(1 + \frac{\lambda}{\eta} \right)} + \frac{\exp(\eta - 1)}{\eta * \left(1 + \frac{\eta}{\lambda} \right)} \right);$$

$$E_{\mu y} = 0,527 \left(\frac{1 - \exp(-47,2513)}{47,2513 * \left(1 + \frac{47,2513}{0,2213} \right)} + \frac{\exp(0,2213 - 1)}{0,2213 * \left(1 + \frac{0,2213}{47,2513} \right)} \right) =$$

$$= 0,527 * \left(\frac{1}{10136,2} + \frac{0,2477}{0,2234} \right) = 0,587$$

Определение эффективности по Мэрфри верхней тарелки

Определяем E_x

$$E_x = \left(0,00378 + 0,0171 * 2,1636 - \frac{3,68 * 0,00188}{0,806} + 0,18 * 0,04 \right) = 3,198 * 10^{-3}$$

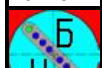
Определяем значение критерия Пекле по уравнению вида

$$Pe_x = \frac{b^2}{E_x * \tau};$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



b – длина пути жидкости, м;

τ - среднее время пребывания жидкости на тарелке, с;

$$Pe_x = \frac{e^2}{E_x * \tau} = \frac{0,623^2}{3,198 * 10^{-3} * 4,5135} = 26,889$$

$$\eta = \frac{Pe_x}{2} \left\{ \sqrt{1 + \left(\frac{4 * E_{\mu y}}{Pe_x} \right) * \frac{m * G}{l}} - 1 \right\}$$

$$\eta = \frac{26,889}{2} \left\{ \sqrt{1 + \left(\frac{4 * 0,25}{26,889} \right) * \frac{0,554 * 1,8665}{1,6576}} - 1 \right\} = 0,1385;$$

$$\lambda = \eta + Pe_x = 0,1385 + 26,889 = 27,028;$$

Определяем эффективность по Мэрфри

$$E_{\mu y} = 0,527 \left(\frac{1 - \exp(-\lambda)}{\lambda * \left(1 + \frac{\lambda}{\eta} \right)} + \frac{\exp(\eta - 1)}{\eta * \left(1 + \frac{\eta}{\lambda} \right)} \right);$$

$$E_{\mu y} = 0,527 \left(\frac{1 - \exp(-27,028)}{27,028 * \left(1 + \frac{27,028}{0,1385} \right)} + \frac{\exp(0,1385 - 1)}{0,2213 * \left(1 + \frac{0,1385}{27,028} \right)} \right) = 0,4624$$

Для определения расхода пара и жидкости (внутренние материальные потоки) в колонне на каждой тарелке воспользуемся уравнением материальных балансов вида:

-для нижней части

$$L_n - G_{n-1} = W$$

$$L_n * x_n - G_{n-1} * y_{n-1} = W * x_w$$

$$x_n = \frac{W * x_w + G_{n-1} * y_{n-1}}{L_n}$$

$$y_n = y_{n-1} + E_{\mu y} (y^*(x_n) - y_{n-1})$$

Уравнение равновесной линии для нижней части колонны имеет вид

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$y^* = 0,00288x^2 + 0,2383x + 0,7319$$

Для верхней части колонны уравнения материального баланса имеют вид

$$G_{n-1} - L_n = P$$

$$G_{n-1} * y_{n-1} - L_n * x_n = P * x_p$$

$$x_n = \frac{P * x_p + G_{n-1} * y_{n-1}}{L_n}$$

$$y_n = y_{n+1} + E_{\mu y} (y^*(x_n) - y_{n-1})$$

Расчеты сведем в таблицу 3.

табл. 3

№ п/п	L	G	E _{μy}	x	y
1	5,6648	3,064	0,587	0,2537	0,2537
2	5,599	3,039	0,5864	0,2582	0,2670
3	5,334	3,015	0,5858	0,2627	0,2800
4	5,489	2,990	0,5851	0,2673	0,2940
5	5,404	2,996	0,5845	0,2718	0,3080
6	5,339	2,941	0,5839	0,276	0,3200
7	5,27	2,917	0,5833	0,2800	0,3340
8	5,2	2,892	0,5827	0,2850	0,3480
9	5,143	2,867	0,5820	0,2890	0,3610
10	5,078	2,843	0,5814	0,2940	0,3740
11	5,013	2,819	0,5808	0,2990	0,3880
12	4,95	2,794	0,5802	0,3030	0,401
13	4,88	2,769	0,5790	0,3080	0,4150
14	4,817	2,745	0,5785	0,3130	0,4260
15	4,752	2,720	0,5780	0,3170	0,4420

16	4,686	2,696	0,5777	0,3220	0,4550
17	4,621	2,672	0,5771	0,3260	0,4690
18	4,556	2,647	0,5765	0,3306	0,4820
19	4,490	2,6228	0,5758	0,3350	0,4960
20	4,425	2,598	0,5753	0,3390	0,5000
21	4,360	2,573	0,5746	0,3440	0,5230
22	4,295	2,549	0,5740	0,3490	0,5360
23	4,229	2,5247	0,5734	0,3530	0,5490
24	4,161	2,500	0,5728	0,3570	0,5630
25	4,099	2,476	0,5722	0,3620	0,5760
26	4,034	2,451	0,5715	0,3670	0,5890
27	3,969	2,427	0,5709	0,3710	0,6040
28	3,900	2,402	0,5703	0,3760	0,6170
29	3,838	2,378	0,5697	0,3804	0,3800
30	3,773	2,353	0,5690	0,3849	0,3819
31	3,708	2,329	0,5685	0,3890	0,3890
32	3,643	2,304	0,5678	0,3890	0,3939
33	3,577	2,279	0,5672	0,3939	0,6840
34	3,512	2,255	0,5666	0,3990	0,6970
35	3,447	2,230	0,5659	0,4030	0,7100
36	3,382	2,206	0,5654	0,4070	0,7240
37	3,316	2,182	0,5647	0,4120	0,7300
38	3,250	2,157	0,5641	0,4166	0,7510
39	3,186	2,133	0,5635	0,4210	0,7650
40	3,120	2,108	0,5628	0,4260	0,7760
41	3,056	2,084	0,5623	0,4300	0,7920
42	2,990	2,059	0,5620	0,4347	0,8050
43	2,925	2,034	0,5610	0,4390	0,8180
44	2,860	2,010	0,5600	0,4438	0,8320
45	2,723	1,999	0,5578	0,4480	0,8437

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

46	2,644	1,9872	0,5500	0,4528	0,8490
47	2,5656	1,9753	0,5420	0,5300	0,8520
48	2,486	1,965	0,5330	0,5700	0,8565
49	2,408	1,951	0,5240	0,6100	0,8601
50	2,329	1,939	0,5160	0,6490	0,8637
51	2,250	1,928	0,5060	0,6890	0,8600
52	2,172	1,916	0,4970	0,7280	0,8709
53	2,0936	1,904	0,4890	0,7670	0,8745
54	2,0149	1,892	0,4800	0,8070	0,8781
55	1,9026	1,880	0,4710	0,8460	0,8600
56	1,8576	1,8665	0,4625	0,8850	0,8853
№ п/п	L	G	E_{μy}	x	y

Т.о. необходимо выполнить расчет в определении необходимом количестве тарелок для достижения требуемого качества ацетона-сырца в верхней (укрепляющей) части колонны.

Необходимый расчет выполним при помощи уравнений материального баланса для укрепляющей части колонны. Расчеты сведем в табл. 2.

Табл. №2

№ п/п	L	G	E_{μy}	x	y
56	1,8576	1,8665	0,4625	0,8850	0,8853
57	1,7476	1,853	0,4540	0,9090	0,9093
58	1,6376	1,8395	0,4455	0,9330	0,9333
59	1,5276	1,826	0,4370	0,9570	0,9573
60	1,4176	1,8125	0,4285	0,9810	0,9813
61	1,3076	1,7990	0,4200	0,995	0,9970

Таким образом для достижения необходимого качество продукта верха колонны необходимо установить дополнительно 5 тарелок.

2.4. Расчеты на прочность элементов аппарата

Условные обозначения для расчета на прочность представлены в табл. 3.

Условные обозначения для расчета на прочность

Табл. 3.

№ п/п	Наименование	Обозначение	Размерность
1	2	3	4
1	Исполнительная толщина стенки обечайки (штуцера)	$S, S_{ш}$	мм
2	Исполнительная толщина днища	S_d	мм
3	Расчетная толщина стенки обечайки, днища	S_p	мм
4	Расчетная толщина стенки штуцера	$S_{шр}$	мм
5	Исполнительная толщина накладного кольца	S_k	мм
6	Расчетная толщина накладного кольца	S_{pk}	мм
7	Внутренний диаметр обечайки	D	мм
8	Расчетный диаметр обечайки (днища)	D_p	мм

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



9	Внутренний диаметр штуцера	$D_{ш}$	мм
10	Радиус кривизны вершины эллиптического диска	R	мм
11	Расчетное давление	P_p	МПа
12	Допускаемое напряжение	$[\sigma]$	МПа
13	Коэффициент, учитывающий условия эксплуатации сосуда	η	
14	Предел текучести при расчетной температуре	σ_T	МПа
15	Модуль продольной упругости при расчетной температуре	E	МПа
16	Прибавка к расчетной толщине	c	мм
17	Исполнительная ширина накладного кольца	b	мм

Рабочее давление в колонне $P_{раб.}=0,06$ МПа;

Материал колонны и внутренних устройств – сталь 10X17 Н13М3Т;

Допускаемое напряжение при температуре 20 °С $[\sigma]_{20}=184$ МПа;

Допускаемое напряжение при рабочей температуре $[\sigma]=182$ МПа;

Допускаемое напряжение при температуре $[\sigma]_T=274$ МПа;

Предел текучести при температуре 20 °С $[\sigma]_{T20}=276$ МПа;

Модуль упругости материала аппарата при рабочей температуре $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

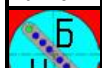
Расчетное наружное давление

$P_{н.р.}=P_{атм.}-P_{ост.}=0,1-0,06=0,04$ МПа.

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



2.5.1. Расчет на прочность обечайки $\varnothing 2000$ мм

Толщина стенки[7-10]

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,1 \cdot P_{н.р.} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} = \frac{1,1 \cdot 0,04 \cdot 2000}{2 \cdot 182} = 0,241 \\ 0,01 \cdot D \cdot K_2 = 0,01 \cdot 2000 \cdot 0,45 = 9 \end{array} \right\} = 9,0 \text{ мм} \quad (11)$$

Где K_2 – коэффициент, определяемый по номограмме.

Для определения коэффициента K_2 по номограмме необходимо определить промежуточные коэффициенты K_1, K_3, K_4 .

$$K_1 = \frac{n_y \cdot P_{нр}}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E} = \frac{2,4 \cdot 0,04}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,15 \quad (12)$$

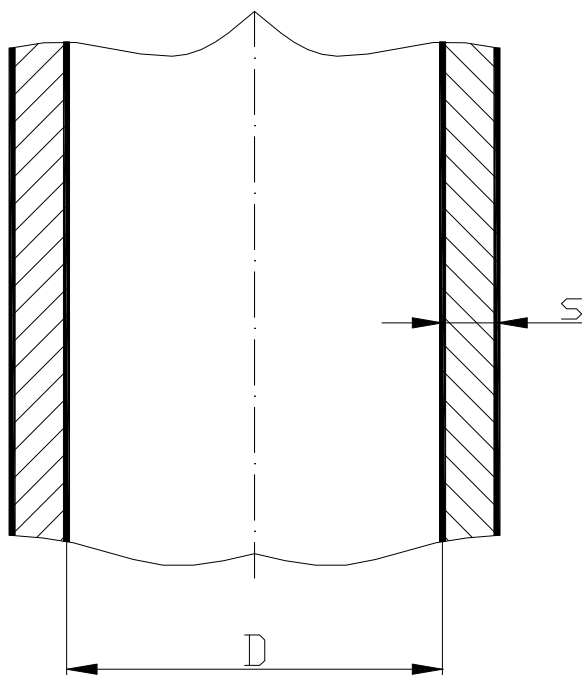


Рис. 5. Схема обечайки колонны

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$K_4 = \frac{10^3 [\sigma]}{E} = \frac{1000 \cdot 182}{2 \cdot 10^{-5}} = 0,91 \quad (13)$$

$$K_3 = \frac{l_p}{D} = \frac{2000}{2000} = 1 \quad (14)$$

l_p – расчетная длина, мм;

$K_2=0,45$.

$S=Sp+C+C_0$ – исполнительная толщина стенки, мм.

$S=9+1=10$;

Принимаем исполнительную толщину стенки обечайки 10 мм [11].

Допускаемое наружное давление определим по формулам:

-из условия прочности [7-10]

$$[P_n]_{\sigma} = \frac{2[\sigma](S-c)}{D+s+c} = \frac{2 \cdot 182 \cdot (10-1)}{2000+10-1} = 1,63 \text{ МПа} \quad (15)$$

-из условия устойчивости

$$[P_n]_{\sigma} = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{l_p} \cdot \left[\frac{100 \cdot (s-c)}{D} \right]^{2,5} = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{2,4 \cdot 1} \cdot \frac{2000}{2000} \cdot \left[\frac{100(10-1)}{2000} \right]^{2,5} = 0,235 \text{ МПа}$$

Условие устойчивости при условии нагружения наружным давлением

$$\frac{P_{нр}}{[P_n]} \leq 1 \quad (16)$$

Допускаемое наружное давление определим по формуле

$$[P_n] = \frac{[P_n]_{\sigma}}{\sqrt{1 + ([P_n]_{\sigma}/[P_n]_E)^2}} \quad (17)$$

$$[P_n] = \frac{1,63}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,63}{0,235} \right)^2}} = 0,233 \text{ МПа}$$

Условие устойчивости

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист

Б
Ц

$$\frac{P_{нр}}{[P_n]} = \frac{0,034}{0,233} = 0,146 < 1$$

Условие устойчивости выполняется.

2.5.2. Расчет на прочность эллиптической крышки $\varnothing 2000$ мм

Толщина стенки [7-10]

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_{н.р.} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} = \frac{0,04 \cdot 2000}{2 \cdot 182} = 0,22 \\ \frac{0,9 \cdot D}{510} \cdot \sqrt{\frac{n_y \cdot P_{нр}}{10^{-6} E}} = \frac{0,9 \cdot 2000}{510} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 0,04}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}} = 2,445 \end{array} \right\} = 2,445 \text{ мм}$$

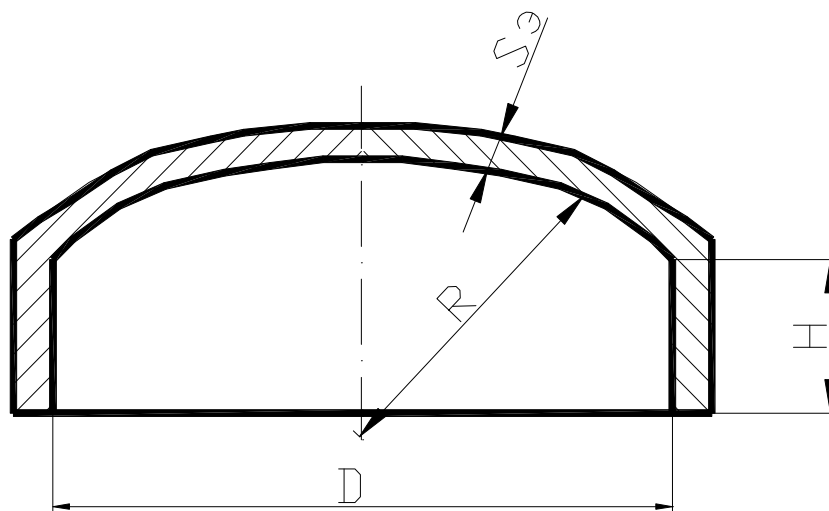


Рис. 6. Схема эллиптической крышки

$S_{эк} = S_p + C + C_0$ – исполнительная толщина стенки, мм.

$S = 2,445 + 1 = 3,445$ мм;

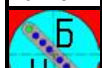
Принимаем исполнительную толщину эллиптической крышки 10 мм [11].

Допускаемое наружное давление определим по формулам:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



-из условия прочности

$$[P_n]_{\sigma} = \frac{2[\sigma](s_9 - c)}{D + s_9 + c} = \frac{2 \cdot 182 \cdot (10 - 1)}{2000 + 10 - 1} = 1,63 \text{ МПа};$$

-из условия устойчивости

$$\begin{aligned} [P_n]_{\sigma} &= \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y} \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{K_9 D} \right]^{2,5} = \\ &= \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{2,4} \cdot \left[\frac{100(10 - 1)}{2000 \cdot 0,947} \right]^{2,5} = 0,27 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Коэффициент K_9 определяется по формуле

$$K_9 = \frac{1 + (2,4 + 8 \cdot x)x}{1 + (3 + 10 \cdot x) \cdot x} \quad (18)$$

где $x = 10 \cdot \frac{s_9 - c}{D} \cdot \left(\frac{D}{2 \cdot H} - \frac{2 \cdot H}{D} \right) = 0,092$

$H = 0,25D = 0,25 \cdot 2000 = 500 \text{ мм}$ – высота днища.

Условие устойчивости при условии нагружения наружным давлением

$$\frac{P_{np}}{[P_n]} \leq 1$$

Допускаемое наружное давление определим по формуле

$$\begin{aligned} [P_n] &= \frac{[P_n]_{\sigma}}{\sqrt{1 + ([P_n]_{\sigma} / [P_n]_E)^2}} \\ [P_n] &= \frac{1,63}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,63}{0,27} \right)^2}} = 0,266 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Условие устойчивости

$$\frac{P_{np}}{[P_n]} = \frac{0,04}{0,266} = 0,15 < 1$$

Условие устойчивости выполняется.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



2.5.3 Расчет аппарата на ветровую нагрузку.

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

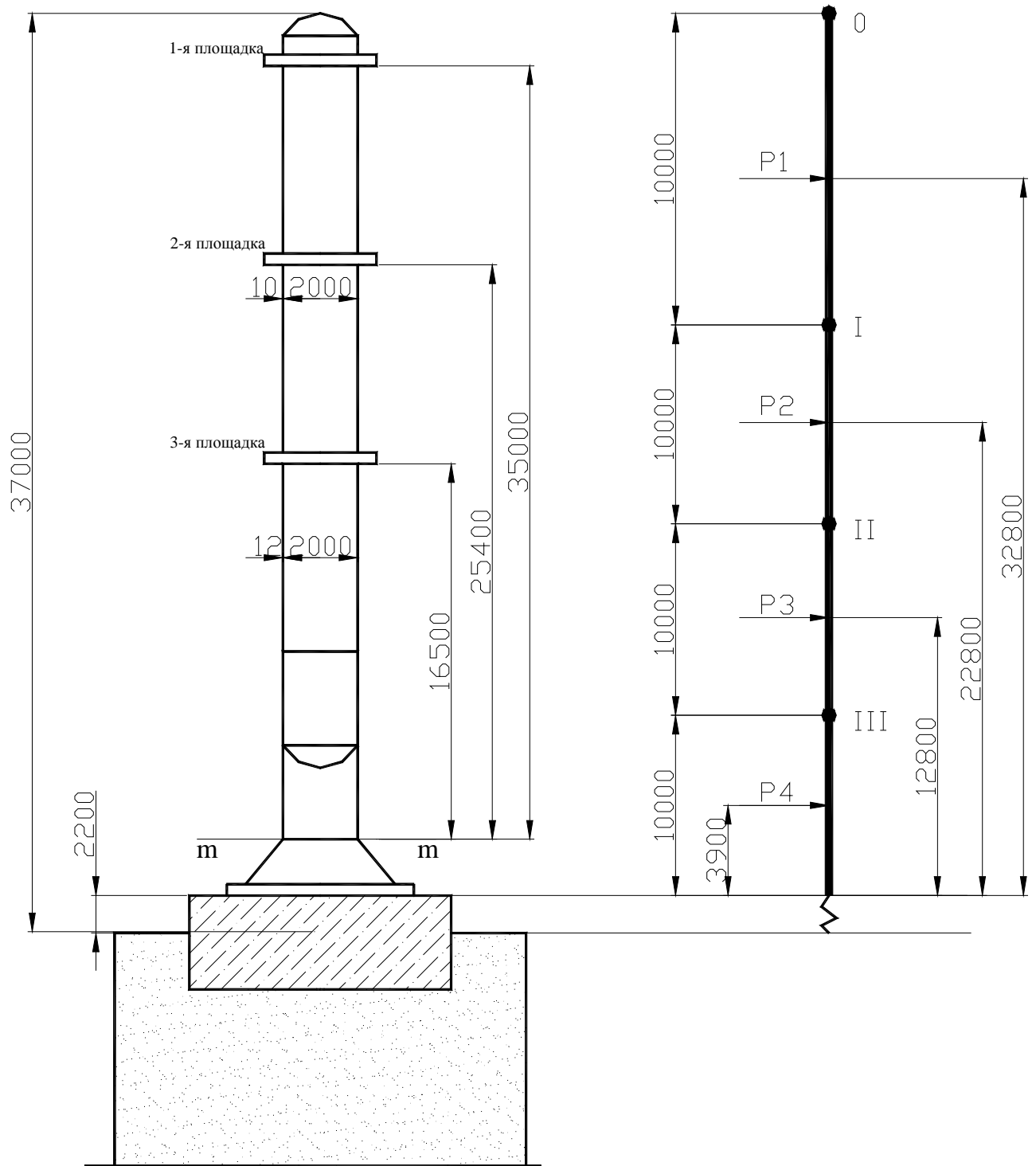


Рис. 7. Расчетная схема аппарата для ветровой нагрузки

Условные обозначения для расчета на ветровую нагрузку представлены

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Условные обозначения

Табл. 4.

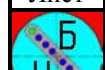
№ п/п	Наименование	Обозначение	Размерность
1	2	3	4
1	Исполнительная толщина обечайки	S	м
2	Внутренний диаметр аппарата	D	м
3	Наружный диаметр i-ого участка аппарата (с учетом изоляции)	D_i	м
4	Прибавка к расчетной толщине	C	м
5	Экваториальный момент инерции площади сечения верхней части корпуса аппарата относительно центральной оси	J₁	м ⁴
6	Экваториальный момент инерции подошвы фундамента относительно центральной оси	J_ф	м ⁴
7	Высота аппарата	H	м
8	Нормативный скоростной напор ветра для высоты над поверхностью земли до 10 м	q	Н/м ²
9	Осевая нагрузка от массы аппарата	Q	Н
10	Предел текучести материала обечайки при расчетной температуре	σ_T	МПа
11	Ускорение силы тяжести	g	м/с ²
12	Модуль продольной упругости при расчетной температуре	E	МПа
13	Изгибающий момент от действия ветровых нагрузок	M_в	Нм

1. Место установки колонны II-ой географический район

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



2. Материал аппарата – 10Х17Н13М3Т по ГОСТ 5632-72

3. Осевые нагрузки:

Осевая нагрузка от массы аппарата при эксплуатации

$$Q_1 = Q_c' + Q_{пл} + Q_{кр} + Q_{шт} + Q_{уз.шт} + Q_{ж}$$

3.1. Осевая нагрузка от массы сухого аппарата.

$$Q_c = Q_{сн} + Q_{уз}$$

Осевая нагрузка от массы аппарата с учетом внутренних устройств

$$Q_{он} = 33 * 10^4 \text{ Н}$$

Осевая нагрузка от массы изоляции колонны

$$Q_{уз} = \frac{\pi}{4} \left[(D + 2 * S + 2 * \delta)^2 - (D + 2 * S)^2 \right] * H * \rho_{уз}$$

где δ - толщина изоляции;

$\delta=90$ мм;

ρ - плотность изоляции;

$\rho=2300$ кг/м³;

$$Q_{уз} = \frac{\pi}{4} \left[(2 + 2 * 0,1 + 2 * 0,09)^2 - (2 + 2 * 0,1)^2 \right] * 38 * 2300 = 52 \text{ кН};$$

$$Q_c = Q_{он} + Q_{уз} = 52 + 33 = 85 \text{ кН};$$

3.2. Осевая нагрузка от массы площадок.

$$Q_n = n \frac{\pi}{4} \left[(D + 2 * S + 2 * l_n)^2 - (D + 2 * S)^2 \right] * q_n;$$

где n – количество площадок;

$n=3$;

l_n – вылет площадки, м;

$l_n = 0,02 * 10^{-2}$ МПа

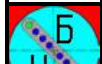
$$Q_n = 3 \frac{\pi}{4} \left[(2 + 2 * 0,1 + 2 * 1)^2 - (2 + 2 * 0,1)^2 \right] * 0,02 = 57 \text{ кН};$$

Осевая нагрузка от массы крана-укосины

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$Q_{к-у}=5 \text{ кН};$$

Осевая нагрузка от массы шлемовой трубы

$$Q_{из} = \frac{\pi}{4} [(D_{шт} + 2 \cdot S_{шт})^2 - (D_{шт})^2] \cdot H_{шт} \cdot \rho_{ст};$$

ρ - плотность материала;

$$\rho=7950 \text{ кг/м}^3;$$

Осевая нагрузка от массы изоляции шлемовой трубы:

$$\begin{aligned} Q_{из-шт} &= \frac{\pi}{4} \cdot [(D_{шт} + 2 \cdot S_{шт} + 2 \cdot \delta)^2 - (D_{шт} + 2 \cdot S_{шт})^2] \cdot H_{шт} \cdot \gamma_{из} = \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot [(100 + 2,06 + 2,9)^2 - (100 + 2,06)^2] \cdot 2000 \cdot 0,23 \cdot 10^{-3} = 1500 \cdot \text{кгс} / \text{см}^2 = 15000 \cdot \text{кН} \end{aligned}$$

Осевая нагрузка от массы жидкости при эксплуатации:

$$Q_{жс}=25 \cdot mс=250 \text{ кН}$$

$$Q_I=38,1+5,7+0,5+1,5+2,5=74 \cdot mс=740 \text{ кН}$$

Осевая нагрузка от массы аппарата при гидравлическом испытании равна:

$$Q_2=Q_c+Q_{пл}+Q_{к-у}+Q_{шт}+Q_{из шт}+Q_в$$

Осевая нагрузка от массы воды в аппарате при гидроиспытании:

$$\begin{aligned} Q_в &= \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (H - H_o) \cdot \gamma_в = 0,785 \cdot 200^2 \cdot (3800 - 580) \cdot 10^{-3} = 101000 \cdot \text{кгс} / \text{см}^2 = \\ &= 101 \cdot mс = 1010 \cdot \text{кН}, \end{aligned}$$

где H_o – высота опоры.

$Q_2=38,2+5,7+0,5+3+1,5+101=150 \cdot mс=1500 \text{ кН}$ – осевая нагрузка от массы пустого (без монтируемых на месте внутренних устройств и изоляции) аппарата.

$$Q_3=28,5 \cdot mс=2850 \cdot \text{кН}.$$

Значения осевых нагрузок при различных режимах работы аппарата све-

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



дены в таблицу:

Режим работы			Осевая нагрузка $Q^{(v)}$, кН
Эксплуатация		1	740
Гидроиспытание	V	2	1500
«После монтажа»		3	285

$$D=2 \text{ м};$$

$$D_u=2,2 \text{ м} - \text{с учетом толщины изоляции};$$

$$H=40 \text{ м} - \text{с учетом фундамента};$$

Отношение высота аппарата к его диаметру:

$$\frac{H}{D} = \frac{40}{2} = 20 > 5, \text{ поэтому расчетная схема аппарата выбирается в виде уп-}$$

руго-защемленного стержня.

2.5.4. Расчет изгибающего момента действующего на аппарат от ветровой нагрузки.

а) период собственных колебаний:

$$T = 1,79 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{Q}{q} \cdot \left(\frac{H}{E^t \cdot J_1} + 4 \cdot \varphi_0 \right)}$$

$$H=40 \text{ м}; q=9,81 \text{ м/сек}^2; E^t=1,99 \cdot 10^7 \text{ МПа};$$

$$Q_1=74 \cdot mc=74 \cdot 10^4 \text{ МПа}; Q_2=150 \cdot mc=1500 \text{ кН}; Q_3=28,5 \text{ мс}=285 \cdot \text{кН};$$

$$J_1 = \frac{\pi}{8} \cdot D_{cp}^3 \cdot (S - c); D_{cp} - \text{средний диаметр аппарата};$$

$$D=2 \text{ м}, S=0,01 \text{ м}; C=0,002 \text{ м}.$$

$$D_{cp}=2+(0,01-0,002)=2,008 \text{ м};$$

$$J_1 = \frac{\pi}{8} \cdot 2,008^3 \cdot (0,01 - 0,002) = 0,025 \text{ м}^4;$$

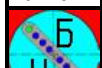
φ_0 – угол поворота опорного кольца;

$$\varphi_0 = \frac{1}{C_\varphi \cdot J_\varphi};$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$C_\varphi=10000 \text{ тс/м}^3$ – коэффициент упругого неравномерного сжатия грунта;

$$I_\varphi=0,065 \cdot D_{нк}^4=0,065 \cdot 2,92^4=4,725 \text{ м}^4,$$

где $D_{нк}=2,92 \text{ м}$ – наружный диаметр опорного кольца;

$$\varphi_0 = \frac{1}{10000 \cdot 4,725} = 0,00002 \text{ 1/тс} \cdot \text{м};$$

$$T_1 = 1,79 \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{74}{9,81} \cdot \left(\frac{40}{1,99 \cdot 10^7 \cdot 0,025} + 4 \cdot 0,00002 \right)} = 25 \text{ сек}$$

$$T_2 = 1,79 \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{150}{9,81} \cdot \left(\frac{40}{1,99 \cdot 10^7 \cdot 0,025} + 4 \cdot 0,00002 \right)} = 3,54 \text{ сек}$$

$$T_2 = 1,79 \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{265}{9,81} \cdot \left(\frac{40}{1,99 \cdot 10^7 \cdot 0,025} + 4 \cdot 0,00002 \right)} = 1,54 \text{ сек}$$

Ветровая нагрузка, действующая на i – том участке:

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

Показатели			Участки аппарата			
			0-I	I-II	II-III	III-IV
Коэффициент пульсации скоростного напора ветра $m_i=f(K_i)$			0,32	0,33	0,35	0,35
Коэффициент динамичности $\varepsilon_v=f(T)$	V	1	2,42			
		2	2,8			
		3	2,1			
Коэффициент увеличения скоростного напора $\beta_{iV}=1+\varepsilon_{mi}$	V	1	1,77	1,8	1,85	1,85
		2	1,9	1,9	1,98	1,98
		3	1,67	1,7	1,74	1,74

q_i – нормативный скоростной напор ветра для середины i – го участка.

$$q_i=q \cdot \theta_i;$$

θ_i – поправочный коэффициент на возрастание скоростного напора ветра для середины i – го участка.

$$\theta_{0-I}=1,72; \theta_{I-II}=1,6; \theta_{II-III}=1,35; \theta_{III-IV}=1.$$

$$q_{0-I}=0,035 \cdot 1,72=0,06 \text{ тс/м}^2=0,6 \text{ МПа};$$

$$q_{I-II}=0,035 \cdot 1,6=0,056 \text{ тс/м}^2=0,56 \text{ МПа};$$

$$q_{II-III}=0,035 \cdot 1,35=0,047 \text{ тс/м}^2=0,47 \text{ МПа};$$

$$q_{III-IV}=0,035 \cdot 1=0,035 \text{ тс/м}^2=0,35 \text{ МПа}.$$

Усилие от действия ветра P_{iV}	V	1	1,4	1,33	1,45	0,86
		2	1,5	1,4	1,23	0,9
		3	1,32	1,26	1,08	0,8

$$V_1 \quad D_{i1}=D_{i2}=D_{i3}=2,2 \text{ м}, D_{i4}=2,204 \text{ м}.$$

$$V_2 \quad D_{i1}=D_{i2}=D_{i3}=2,2 \text{ м}, D_{i4}=2,204 \text{ м}.$$

$$V_3 \quad D_{i1}=D_{i2}=D_{i3}=2,2 \text{ м}, D_{i4}=2,204 \text{ м}.$$

в) Изгибающий момент от ветровой нагрузки на аппарат относительно основания его (без учета обслуживающих площадок):

$$M_{eV} = \sum_{i=1}^{n_0} P_i \cdot V \cdot x_{iV}$$

x_i – расстояние i – го участка от основания аппарата.

для V_1 :

$$M_{e1} = 1,4 \cdot 32,8 + 1,33 \cdot 22,8 + 1,15 \cdot 12,8 + 0,86 \cdot 3,9 = 94,8 \text{ тсм} = 948 \text{ кН*м};$$

для V_2 :

$$M_{e2} = 1,5 \cdot 32,8 + 1,4 \cdot 22,8 + 1,23 \cdot 12,8 + 0,9 \cdot 3,9 = 100,4 \text{ тсм} = 1004 \text{ кН*м};$$

для V_3 :

$$M_{e3} = 1,32 \cdot 32,8 + 1,26 \cdot 22,8 + 1,08 \cdot 12,8 + 0,8 \cdot 3,9 = 89 \text{ тсм} = 890 \text{ кН*м};$$

Изгибающий момент в расчетном сечении “m-m” при наличии на аппарате “m” обслуживающих площадок:

$$M'_{eiV} = M_{eV} + \sum_{i=0}^{m_0} M'_{eiV}$$

$m_0=3$ – число обслуживающих площадок выше расчетного сечения “m-

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



м”.

M'_{eiV} - изгибающий момент от действия ветра на i – ую площадку.

$$M'_{eiV} = 1,4 \cdot \beta_{iV} \cdot q_i + \sum f_i \cdot (x_{ni} - x_0)$$

Показатели			Площадки		
			1	2	3
Диаметр площадки $D_{ni}, м$			4,02	4,02	4,02
Высота площадки $h_{ni}, м$			1	1	1
Расстояние от низа i – той площадки до основания аппарата $x_{ni}, м$			35	25,4	16,5
Коэффициент θ_i			1,7	1,5	1,3
Расчетный ветровой напор $q_i=q \cdot \theta_i; тс/м^2$			0,06	0,05	0,046
Коэффициент пульсации m_i			0,325	0,345	0,35
Коэффициент увеличения ветрового напора $\beta_{iV}=1+\varepsilon_{Vni}$	V	1	1,78	1,83	1,85
		2	1,91	1,97	1,98
Сумма проекции всех элементов площадки на вертикальную плоскость $\sum f_i = (0,3 \div 0,4) \cdot D_{ni} \cdot h_{ni}$			1,61	1,61	1,61
Изгибающий момент от действия ветра на i – ую площадку $M'_{eiV} тсм$	V	1	8,42	5,23	3,16
		2	9	5,64	3,38

Суммарный изгибающий момент

для V_1 :

$$M'_{e1} = M'_{e1} + M'_{e11} + M'_{e21} + M'_{e31} = 94,3 + 8,42 + 5,23 + 3,16 = 111 тсм = 1110 кН·м$$

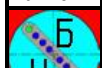
для V_2 :

$$M'_{e2} = M'_{e2} + M'_{e12} + M'_{e22} + M'_{e32} = 100,4 + 9 + 5,64 + 3,38 = 118,4 тсм = 1184 кН·м$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



для V_3 :

$$M'_{e3} = M_{e3} = 89 \text{ тсм} = 890 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Расчетный изгибающий момент для 3^х состояний аппарата:

для V_1 :

$$M'_{e1} = M_{e1} = 111 \text{ тсм} = 1110 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

для V_2 :

$$M'_{e2} = 0,6 \cdot M_{e2} = 0,6 \cdot 118,4 = 71,05 \text{ тсм} = 710,5 \cdot \text{кН}\cdot\text{м}$$

для V_3 :

$$M'_{e3} = M_{e3} = 89 \text{ тсм} = 890 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент от шлемовой трубы:

$$M_{шт} = Q_{шт} \cdot l_{шт} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ тсм} = 90 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент от крана укосины:

$$M_{к-у} = Q_{к-у} \cdot l_{к-у} = 0,5 \cdot 1,6 = 0,8 \text{ тсм} = 0,8 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

С учетом $M_{шт} + M_{к-у}$:

$$M_1 = 120,8 \text{ тсм} = 120,8 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_2 = 80,85 \text{ тсм} = 80,85 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_3 = 89 \text{ тсм} = 89 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

2.5.5. Расчет на устойчивость обечайки, работающей под совместным действием наружного давления осевой сжимающей силы и изгибающего момента.

$$\frac{N}{N_{доп}} = \frac{M}{M_{доп}} + \frac{P}{P_{доп}} \leq 1$$

Расчетная осевая сжимающая сила:

$$N = Q_V$$

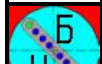
Допускаемая осевая сжимающая сила:

$$N_{доп} = \pi \cdot D \cdot (S - c) \cdot \varphi_0 \cdot \sigma^*$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



При $\frac{B}{2 \cdot (S - c)} < 0,18 \cdot \frac{E}{\sigma_T}$ - коэффициент уменьшения допускаемых на-

пряжений

$$\varphi_a = \frac{1}{1 + 25 \cdot \left[\frac{\sigma_T}{E} \cdot \frac{D}{2 \cdot (S - c)} \right]^2}$$

Расчетный изгибающий момент в расчетном поперечном сечении обечайки:

$$M = M_V$$

Допускаемый изгибающий момент в расчетном поперечном сечении обечайки:

$$M_{дон} = 0,785 \cdot \varphi_a \cdot \sigma^* \cdot D^2 \cdot (S - c)$$

Формула справедлива при:

$$\frac{D}{2 \cdot (S - c)} < 0,23 \cdot \frac{E}{\sigma_T}$$

Коэффициент $\varphi_a = \frac{1}{1 + 15,3 \cdot \left[\frac{\sigma_T}{E} \cdot \frac{D}{2 \cdot (S - c)} \right]^2}$

Допускаемое давление равно:

$$P_{дон} = 6,49 \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot \frac{D}{l} \cdot \left[\frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right]^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D}}$$

при условии:

$$1,5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (S - c)}{D}} \leq \frac{l}{D} \leq \sqrt{\frac{D}{2 \cdot (S - c)}}$$

Расчет проводим для нижней части колонны с учетом наружного давления:

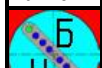
для V_I :

$N = Q_I = 74000$ кгс; $M = M_I = 12080000$ кгс·см; $E = 1,99 \cdot 10^5$ МПа; $\sigma_T = 219$ МПа;
 $\sigma^* = 146$ МПа; $D = 2000$ мм; $S = 12$ мм; $c = 2$ мм;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$\text{при } \frac{200}{2 \cdot (1,2 - 0,2)} < 0,18 \cdot \frac{1,99 \cdot 10^6}{2190}, 100 < 163,5$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{1 + 23 \cdot \left[\frac{2190}{1,99 \cdot 10^6} \cdot \frac{200}{2 \cdot (1,2 - 0,2)} \right]^2} = 0,78$$

$$N_{дон} = 3,14 \cdot 200 \cdot (1,2 - 0,2) \cdot 0,78 \cdot 1460 = 715166 \text{ кгс} = 7151660 \text{ Н}$$

$$\text{при } \frac{200}{2 \cdot (1,2 - 0,2)} < 0,23 \cdot \frac{1,99 \cdot 10^6}{2190}, 100 < 209$$

$$\text{и } \varphi_0 = \frac{1}{1 + 153 \cdot \left[\frac{2190}{1,99 \cdot 10^6} \cdot \frac{200}{2 \cdot (1,2 - 0,2)} \right]^2} = 0,84$$

$$M_{дон} = 0,785 \cdot 0,84 \cdot 1460 \cdot 200^2 \cdot (1,2 - 0,2) = 38508960 \text{ кгс} \cdot \text{см} = 3850896 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_p = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10 \text{ МПа}$$

$$\text{при } 1,5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (1,2 - 0,2)}{200}} \leq \frac{200}{200} \leq \sqrt{\frac{200}{2 \cdot (1,2 - 0,2)}}$$

$$0,15 < 1 < 10$$

$$P_{дон} = 6,49 \cdot 10^{-6} \cdot 1,99 \cdot 10^6 \cdot \frac{200}{200} \cdot \left[\frac{100 \cdot (1,2 - 0,2)}{200} \right]^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (1,2 - 0,2)}{200}} = 2,28$$

$$\text{кгс/см}^2 = 22,8 \text{ МПа}.$$

$$\frac{74000}{715166} = \frac{12080000}{38508960} + \frac{1}{2,28} \leq 1$$

$$0,854 < 1$$

В рабочем состоянии и при гидравлическом испытании устойчивость корпуса обеспечена.

2.5.6. Подбор опоры.

Величина минимальной приведенной нагрузки принимается равной большему из 2^х значений.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$\frac{4 \cdot M_1}{D} + N_1 = \frac{4 \cdot 12080000}{200} + 74000 = 315600 \text{ кгс} = 31560 \text{ Н}$$

$$\frac{4 \cdot M_2}{D} + N_2 = \frac{4 \cdot 8085000}{200} + 150000 = 311700 \text{ кгс} = 31170 \text{ Н}$$

Максимальная приведенная нагрузка $Q_{\max} = 315600 \text{ кгс} = 31560 \text{ Н}$.

Величина минимальной приведенной нагрузки равна:

$$Q_{\min} = \frac{4 \cdot M_3}{D} - N_3 = \frac{4 \cdot 8900000}{200} - 28500 = 149500 \text{ кгс} = 14950 \text{ Н}$$

Для ближайшего табличного значения:

$$Q_{\max} = 400 \cdot 10^3 \text{ кгс} = 400 \cdot 10^2 \text{ Н}, \quad Q_{\min} = 200 \cdot 10^3 \text{ кгс} = 200 \cdot 10^2 \text{ Н}$$

В соответствии с рекомендуемым приложением 2 (IV, стр. 20).

Выбираем опору 3-2000-400-200-5800.

2.5.7. Расчет шва, соединяющего опорную обечайку с корпусом.

$$\sigma_{\max} = \frac{\varphi}{\varphi_{ш} \cdot \pi \cdot (D + S) \cdot (S - C_K)} + \frac{M_{\text{го}}}{\varphi_{ш} \cdot \pi \cdot (D + S)^2 + (S - C_K)}$$

$\varphi_{ш} = 0,7$ – коэффициент сварного шва;

$D = 200 \text{ м}$; $C = 0,2 \text{ см}$.

Толщина опорной обечайки $S = 2 \text{ см}$, в расчете принимаем $S = 1,2 \text{ см}$

Для V_1 :

$\varphi = 74000 \text{ кгс}$; $M_{\text{го}} = 12080000 \text{ кгс} \cdot \text{см} = 1206000 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$$\sigma_{\max} = \frac{150000}{0,7 \cdot \pi \cdot (200 + 1,2) \cdot (1,2 - 0,2)} + \frac{12080000}{0,7 \cdot \pi \cdot (200 + 1,2)^2 + (1,2 - 0,2)} = 303$$

$\text{кгс}/\text{см}^2$

$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{с.д.}}$

$\sigma_{\text{с.д.}} = 1540 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 15400 \text{ МПа}$ для 09Г2С при $t = 150 \text{ }^\circ\text{C}$

для V_2 :

$\varphi = 150000 \text{ кгс}$; $M_{\text{го}} = 8085000 \text{ кгс} \cdot \text{см} = 808500 \text{ Н} \cdot \text{м}$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$\sigma_{\max} = \frac{150000}{0,7 \cdot \pi \cdot (200 + 1,2) \cdot (1,2 - 0,2)} + \frac{8085000}{0,7 \cdot \pi \cdot (200 + 1,2)^2 + (1,2 - 0,2)} = 430$$

кгс/см²=4300 МПа.

430 кгс/см²<1540 кгс/см².

2.6. Технология изготовления дополнительной царги (части обечайки) колонны.

Карта технологическая процесса раскроя и отрезки заготовки на деталь (операция 03, 03к, 04) [18]

№ опер.	Наименование и содержание операции	Оборудование	Инструмент	Приспособление	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
03	<u>Разметка заготовки предварительная</u> Отмерить размеры L, нанести отметки мелом и риски чертилкой, проверить разность L1 и L2, закрепить углы и середины реза	Плиты сборочные	Скобы, молоток, чертилка, керн	Листо-захватные приспособления	Рулетка металлическая l=10 м, метр металлический, угольник металлический 90°
03 к	<u>Разметка заготовки окончательная</u> L2-L1 >Δ	Плиты сборочные	Скобы, молоток, чертилка, керн	Листо-захватные приспособления	Рулетка металлическая l=10 м, метр металлический, угольник металлический 90°

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист

Б
Ц

04	<u>Резка заготовки ножницами</u>	Ножницы листовые с наклонными ножами Н482	Ножи плоские	Листо-захватные приспособления	
----	----------------------------------	---	--------------	--------------------------------	--

Операционная карта типовая механической обработки (операция 06)

№ опер.	Наименование и содержание операции	Оборудование	Инструмент	Приспособление	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
06	<p>Подготовка кромок строганием</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить деталь на столе станка, выверить по поверхности (9) и закрепить 2. Строгать фаску, выдерживая размеры f, c, α° 3. Переустановить деталь для строгания фаски (14) 4. Строгать фаску (14), выдерживая размеры f, c, α° 5. Переустановить деталь для строгания фаски (2) 6. Строгать фаску (2), выдерживая размеры f, c, α° 7. Переустановить деталь для строгания фаски (15) 8. Строгать фаску (15), выдерживая размеры f, c, α°, R 	Кромкострогальный станок 7806	Клч гаечный разводной ГОСТ 7275-75, резец строгальный Т5К10	Гидроприжимы, винтовые прижимы	Штангенциркуль 0-125, шаблоны фасочные

Операционная карта слесарных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ (операция 08)

№ опер.	Наименование и содержание операции	Оборудование	Инструмент	Приспособление	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
8	<p>Сборка заготовки под сварку</p> <ol style="list-style-type: none"> Состыковать части заготовки, выдерживая размеры Проверить величину зазоров b Наметить мелом места прихваток длиной 30-40 мм с шагом 250-300 мм Подготовить кромки в местах прихваток Прихватить отдельные части заготовок в намеченных местах ручной электродуговой сваркой Зачистить места прихваток от шлака и брызг 	Оборудование сварочное	Молоток, машины электрошлифовальные типа С,	Листо-захватные приспособления, скобы	Рулетка металлическая $l=10$ м, штангенциркуль 0-125, щупы №4

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



**Карта технологического процесса раскрыя и отрезки заготовки на
деталь (операция 12)**

Но- мер опера- ции	Наименование и со- держание операции	Оборудо- вание	Инструмент	Приспо- собление	Измери- тельный инстру- мент
1	2	3	4	5	6
8	Правка заготовки на листопрямильных вальцах Установить заготовку, править ее до получения неровности в пределах ТУ	Вальцы листопрямильные СКМЗ-2038	Молоток	Плиты сборочные, листозахватные приспособления	Рулетка металлическая l=10 м, угольник 90°

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Операционная карта типовая холодной штамповки (операция 13)

Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование	Инструмент	Приспособление	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
13	<p align="center">Вальцевание с подгибкой кромок</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить деталь в вальцы, выверить переднюю кромку параллельно образующей валков 2. Зажать деталь между валками 3. Подогнуть кромку радиусом $R=300$ мм на длине $l=350$ мм с одной стороны 4. Подогнуть кромку радиусом $R=300$ мм на длине $l=350$ мм с другой стороны 5. Вальцевать деталь до диаметра $D=600$ мм, обеспечить допуски на диаметр, форму, перпендикулярность согласно образующей 	Трехвалковая листогибочная машина И2222		Листо-захватные приспособления, скобы, траверсы для транспортировки обечайки	Рулетка металлическая $l=10$ м, шаблоны радиусные,

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

ДП-170500-03-000.ПЗ



Операционная карта слесарных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ (операция 15-17)

Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование	Инструмент	Приспособление	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
15-17	<p>Сборка продольного стыка</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить деталь на роликовый стенд 2. Установить кольца сборочные по диаметру $D_{в=}$ 3. Установить стяжные трубины на торцах обечайки с двух сторон и стяжку 4. Подогнать диаметр $D=600$ мм и зазор $b=5$ мм 5. Подметить места прихваток длиной 30-40 мм и шагом 250-300 мм 6. Подготовить кромки в местах прихваток под сварку 7. Прихватить кромки продольного стыка и контрольные пластины ручной электродуговой сваркой 8. Зачистить места прихваток от шлака и брызг 	Роликовый стенд, сварочное оборудование	Абразивные круги, электродержатели,	Опоры роликовые, траверсы для транспортировки обечайки, трубины гидравлические, электрошлифовальные машины	Рулетка металлическая $l=10$ м, шаблоны радиусные,

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Операционная карта типовая холодной штамповки (операция 18)

Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование	Инструмент	Приспособление	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
18	<p align="center">Правка обечайки на трехвалковой листогибочной машине</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить деталь на стенд 2. Установить приспособления жесткости внутри детали 3. Калибровать деталь до обеспечения диаметра D=600 мм без повреждения сварного шва 	Трехвалковая листогибочная машина И2222		Листо-захватные приспособления, скобы, траверсы для транспортировки обечайки	Нутромеры трубчатые, шаблоны радиусные, рулетка металлическая

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ



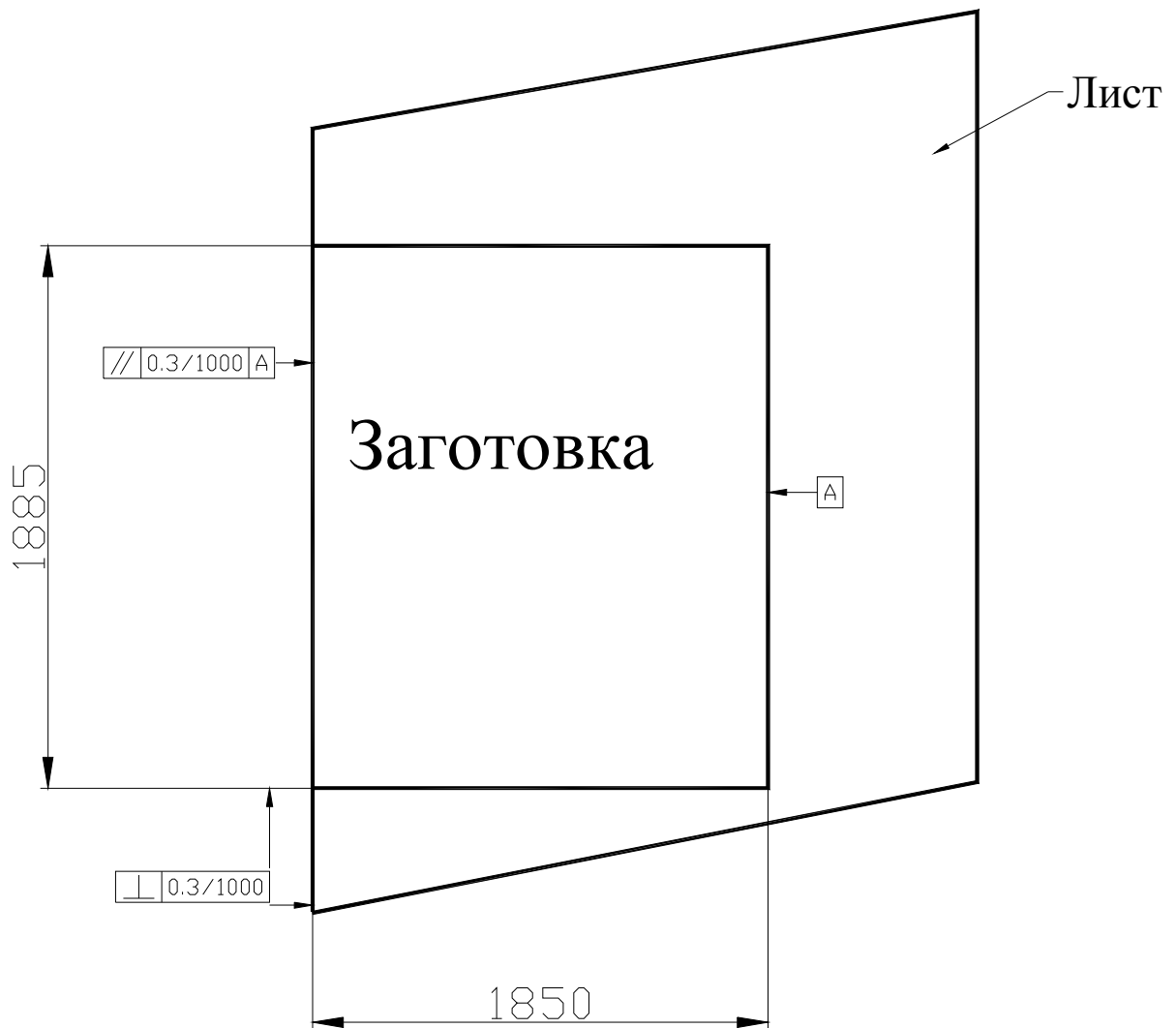


Рис. 9. Заготовка. Эскиз к операции 03

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



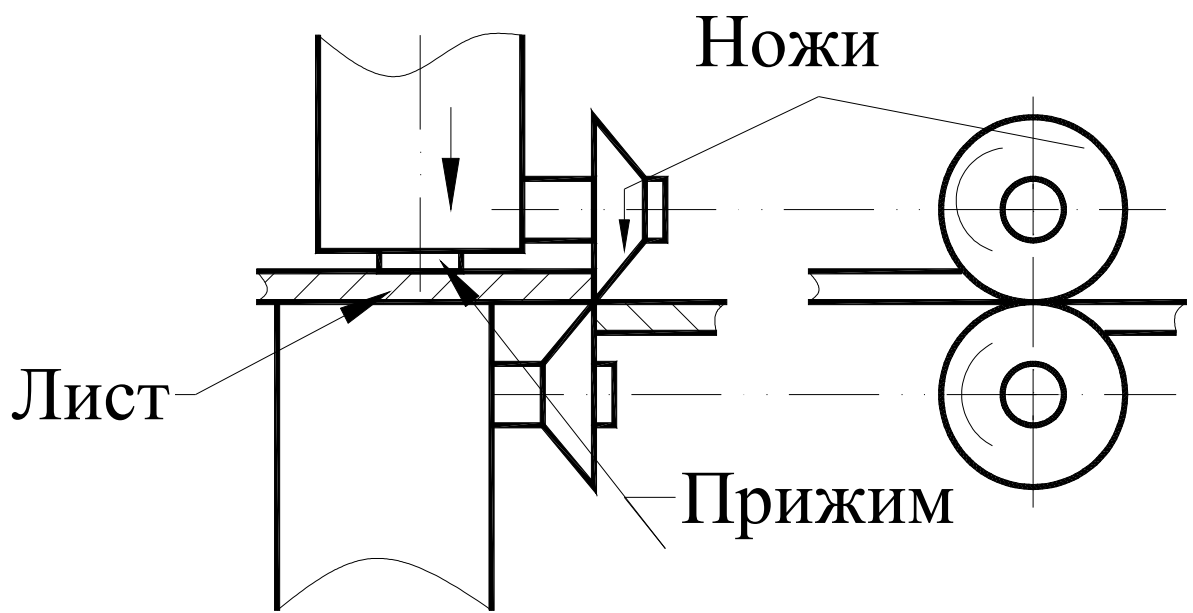


Рис. 10 Схема работы дисковых ножниц. Эскиз к операции 04

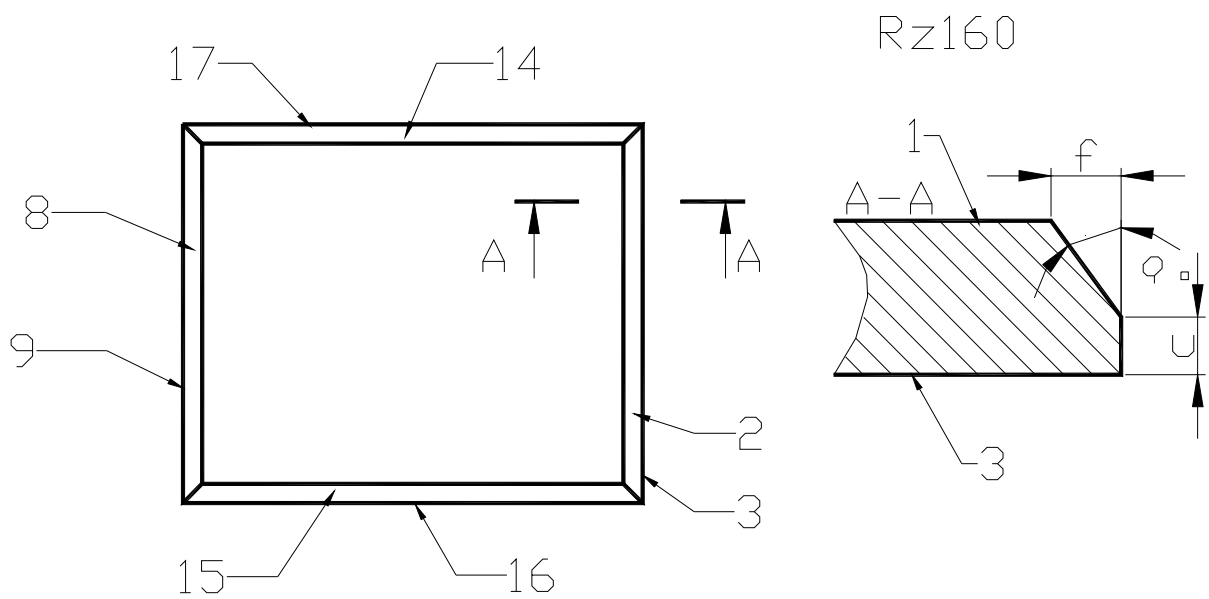


Рис. 11. Эскиз к операции 06 Кромкострогательная

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

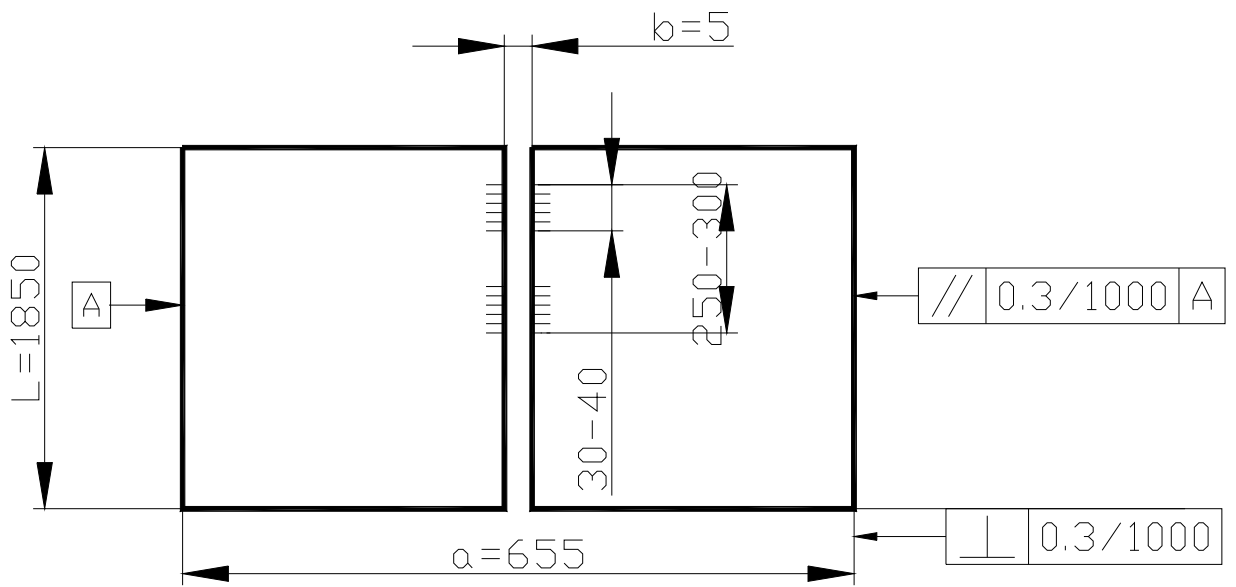


Рис. 12. Эскиз к операции 08. Сборка заготовки под сварку

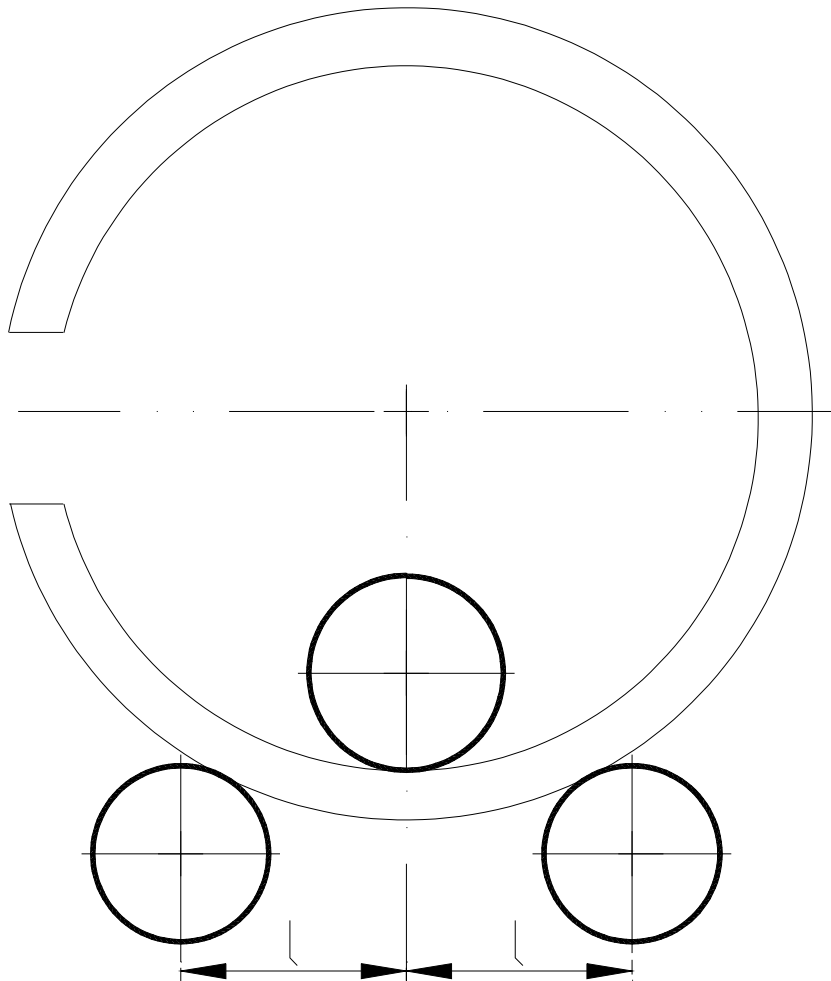


Рис. 13. Эскиз к операции 13 вальцевание с подгибкой кромок

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
ЧАСТЬ

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3.1. Подбор и компоновка оборудования цеха.

3.1.1. Подбор теплообменника (подогревателя).

Тепловая нагрузка:

$$Q = \frac{11227}{90} - \frac{40}{0,58} = 326000 \text{ ккал/час} = 1365940 \text{ Вт};$$

$$C_{\text{num}} = 0,55 \cdot 3 + 10 \cdot 13 + 0,51 \cdot 0,57 = 0,58 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Средняя разность температур:

$$40 \qquad \qquad \qquad 90$$

$$\underline{158} \qquad \qquad \qquad \underline{158}$$

$$cp = \frac{118 - 68}{2,8 \cdot \lg \cdot \frac{118}{68}} = 90,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$118 \qquad \qquad \qquad 68$$

Расход пара:

$$G_H = \frac{32600 \cdot 1,05}{499,9} = 685 \text{ кг/час}$$

Расчет ведем на теплообменник следующей характеристики:

$$F = 83 \text{ м}^2$$

$$D = 1000 \text{ мм}$$

ТНВ 1000-1 16-69

38В2-6

$$T_p = 38 \times 2 \times 2000 \text{ мм};$$

$$n = 361 \text{ шт.}$$

$$f_{\text{мтр.}} = 0,377 \text{ м}^2$$

$$f_{\text{тр.}} = 0,385 \text{ м}^2$$

Определение коэффициента теплопередачи:

а) Трубное пространство:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$V=111227 \text{ кг/час}$$

$$\gamma_{ж}=890 \text{ кг/м}^3$$

$$W = \frac{V_{сек}}{f_{мп} \cdot \gamma_{ж}} = \frac{11227}{0,325 \cdot 890 \cdot 3600} = 0,0108 \text{ м/сек}$$

$$\gamma_{ж} = \frac{100}{\frac{30}{170} + \frac{13}{100} + \frac{57}{1010}} = 890 \text{ кг/м}^3$$

Режим движения:

$$Re = \frac{0,0108 \cdot 0,034 \cdot 9810 \cdot 890}{0,8 \cdot 9,81} = 408 \text{ (режим ламинарный)}$$

$$lg \cdot \mu_{ж} = 0,3 \cdot lg \cdot 0,22 + 0,4 \cdot lg \cdot 2,0 + 0,3 \cdot lg \cdot 0,4 = 1,904$$

$$\mu_{ж} = 0,8 \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

Коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_1 = 1,86 \cdot \frac{\lambda}{\alpha} \cdot / Re \cdot Pr \cdot \frac{\alpha}{l} /^{\frac{1}{3}}$$

$$\lambda_{ж} = A \cdot c \cdot \gamma^{\frac{1}{3}} \sqrt{\frac{\gamma}{M}} = 1,52 \cdot 10^{-4} \cdot 0,58 \cdot 890 \cdot \sqrt[3]{\frac{890}{55,57}} = 0,199 \cdot \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{час} \cdot ^\circ \text{C}} = 0,231457 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\alpha_1 = 1,86 \cdot \frac{0,198}{0,034} \cdot / 408 \cdot 16,7 \cdot \frac{0,034}{2} /^{\frac{1}{3}} = 116 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot ^\circ \text{C} = 134,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

$$Pr = \frac{3600 \cdot c \cdot \mu \cdot q}{\lambda} = \frac{3600 \cdot 0,58 \cdot 0,8 \cdot 9,81}{10^2 \cdot 0,19} = 16,7$$

б) межтрубное пространство.

Коэффициент теплопередачи:

$$\alpha_2 = 14,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{\varepsilon^4 \cdot \lambda^3 \cdot \gamma^2 \cdot n \cdot l}{\mu \cdot G}} = 14,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,584^4 \cdot 0,19^3 \cdot 890^2 \cdot 361 \cdot 210}{0,8 \cdot 685}} = 25400$$

$$\text{ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot ^\circ \text{C} = 295402 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{116} + \frac{1}{25400 + 0,0008}} = 107 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot ^\circ \text{C} = 124,441 \text{ Вт};$$

$$F = \frac{326000}{90,5 \cdot 107} = 33,6 \text{ м}^2.$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



К установке принимается аппарат ранее принятый характеристики. Количество аппаратов – 1 шт.; материал – сталь углеродистая.

3.1.2. Кипятильник.

Назначение – подвод тепла к колонне.

Тепловая нагрузка: $Q=2521000 \text{ ккал/час}=10562990 \text{ Вт}$.

Параметры греющего пара:

$P=17 \text{ атм.};$

$t=203,4 \text{ }^\circ\text{C};$

$r=460,9 \text{ ккал/кг}$.

Средняя разность температур:

→ 203,4 °C

← 125 °C

$\Delta t_{\text{cp}}=78,4 \text{ }^\circ\text{C}$

Расход пара:

$$G_n = \frac{Q \cdot 1,03}{r} = \frac{2521000 \cdot 1,03}{460,9} = 5760 \text{ кг/час.}$$

Характеристика принятого теплообменника:

$F=160 \text{ м}^2$

$D=1400 \text{ мм}$

ТНВ 1400-1 17-59

38В2-4

$T_p=38 \times 2 \times 2000 \text{ мм};$

$n=703 \text{ шт.}$

Расчет коэффициента теплопередачи:

а) α для кипящей жидкости:

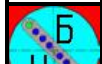
$$\alpha_g = 22 \cdot P^{0,58} \cdot \Delta t^{2,33}$$

$$\alpha_{\text{жс}} = \alpha_g \cdot \varphi$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$\varphi = \left(\frac{\lambda_{жс}}{\lambda_в} \right)^{0,53} \cdot \left(\frac{C_{жс}}{C_в} \right)^{0,12} \cdot \left(\frac{\gamma_{жс}}{\gamma_в} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{\mu_в}{\mu_{жс}} \right)^{0,94}$$

$$\lambda_{жс} = 0,18 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 0,209 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$C_{жс} = 0,604 \text{ ккал/кг} \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 0,7026 \text{ Вт/К};$$

$$\lambda_в = 0,59 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 0,68617 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$C_в = 1 \text{ ккал/кг} \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 0,1163 \text{ Вт/К};$$

$$\gamma_{жс} = 965 \text{ кг/м}^3; \gamma_в = 935 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu_в = 0,18 \text{ м}; \mu_{жс} = 0,684 \text{ м}.$$

$$\varphi = \left(\frac{0,18}{0,59} \right)^{0,53} \cdot \left(\frac{0,604}{1,0} \right)^{0,12} \cdot \left(\frac{965}{935} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{0,18}{0,624} \right)^{0,94} = 0,16.$$

Для конденсирующего пара:

$$\alpha_2 = 27 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,34^3 \cdot 865^2 \cdot 703 \cdot 0,034 \cdot 10^4}{0,13 \cdot 5460}} = 9750 \quad \text{ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 11339,25$$

Вт/м²·К.

Расход пара:

$$G_n = \frac{2521000}{460,9} = 5460 \text{ кг/час}.$$

$$\text{Задаем } \Delta t_{ст}' = 196 \text{ °C};$$

$$\Delta t' = 203,4 - 196 = 7,4 \text{ °C};$$

$$q_1 = 9750 \cdot 7,4 = 72100 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} = 98046 \text{ Вт/м}^2;$$

$$\Delta t_2 = t_{ст}' - t_{ст}'' = 138,4 - 125 = 13,4 \text{ °C};$$

$$t_{ст}'' = t_{ст}' - q \cdot K = 196 - 57,6 = 138,4 \text{ °C};$$

$$\alpha_в = 22 \cdot 1,2^{0,58} \cdot 13,4^{2,33} = 23400 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 98046 \text{ Вт/м}^2;$$

$$\alpha_{жс} = 23400 \cdot 0,16 = 3740 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 15670,6 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_2 = 3740 \cdot 13,4 = 50000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} = 209500 \text{ Вт/м}^2.$$

$$\text{Задаем } \Delta t_{ст}' = 197 \text{ °C};$$

$$\Delta t' = 203,4 - 197 = 6,4 \text{ °C};$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист

Б
Ц

$$q_1=9750 \cdot 6,4=62500 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}=261875 \text{ Вт/м}^2;$$

$$t_{\text{ст}}''=197-625000 \cdot 0,0008=197-50=147 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_2=\Delta t_{\text{ст}}'-t''=147-125=22 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\alpha_g = 22 \cdot 1,11 \cdot 1,2^{0,58}=33700 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{ }^\circ\text{C}=141203 \text{ Вт/м}^2;$$

$$\alpha_{\text{жс}} = 33700 \cdot 0,16=5380 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{ }^\circ\text{C}=22542,2 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_2=3740 \cdot 13,4=50000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}=209500 \text{ Вт/м}^2.$$

Задаем $\Delta t_{\text{ст}}'=197 \text{ }^\circ\text{C};$

$$\Delta t'=203,4-197=6,4 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$q_1=9750 \cdot 6,4=62500 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}=261875 \text{ Вт/м}^2;$$

$$t_{\text{ст}}''=197-625000 \cdot 0,0008=197-50=147 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_2=\Delta t_{\text{ст}}'-t''=147-125=22 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\alpha_g = 22 \cdot 1,11 \cdot 1,2^{0,58}=33700 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{ }^\circ\text{C}=141203 \text{ Вт/м}^2;$$

$$\alpha_{\text{жс}} = 33700 \cdot 0,16=5380 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{ }^\circ\text{C}=22542,2 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_2=5380 \cdot 22=118000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}=494420 \text{ Вт/м}^2.$$

$$q_{\text{ср}}=68000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}=284920 \text{ Вт/м}^2;$$

$$K = \frac{68000}{78,4} = 867 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{ }^\circ\text{C}=1008,321 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Необходимая поверхность теплопередачи:

$$F = \frac{2521000}{86,7 \cdot 78,4} = 37,2 \text{ м}^2;$$

с учетом запаса:

$$F=37,2 \cdot 1,4=52 \text{ м}^2.$$

Теплообменник, принятый для расчета проходит:

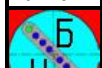
количество аппаратов – 2 шт.;

материал – сталь углеродистая X18H9T.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



3.1.3. Дефлегматор.

Назначение – конденсация паров дистиллята и флегмы колонны.

Тепловая нагрузка $Q=4195 \cdot (2+1) \cdot 190=2490000$ ккал/час=10433100 Вт.

Средняя разность температур:

80 85

$$\frac{40}{\underline{\hspace{1cm}}} \quad \frac{25}{\underline{\hspace{1cm}}} \quad c_p = \frac{60 - 45}{2,8 \cdot \lg \frac{60}{45}} = 90,5 = \frac{15}{2,3 \cdot 0,126} = 31,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

45 60

Расход охлаждающей воды:

$$G_n = \frac{2490000}{15 \cdot 1000} = 166 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Коэффициент теплопередачи принимаем равным 400
ккал/м²·час·°C=465,2 Вт/м²·K.

Необходимая поверхность теплопередачи:

$$F = \frac{2490000}{51,8 \cdot 400} = 120 \text{ м}^2;$$

с учетом запаса:

$$F=120 \cdot 1,4=168 \text{ м}^2.$$

Расчет ведем на теплообменник следующей характеристики (четырёхходовой):

$$F=173 \text{ м}^2$$

$$D=1400 \text{ мм}$$

ТНГ-1-10-Б9

38ГЗ-4

$$T_p=38 \times 2 \times 3000 \text{ мм};$$

$$n=510 \text{ шт}.$$

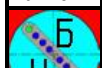
$$f_{\text{мтр.}}=0,898 \text{ м}^2$$

$$f_{\text{тр.}}=0,642 \text{ м}^2$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Определение коэффициента теплопередачи:

а) Трубное пространство:

$$W = \frac{V_{сек}}{f_{тр} \cdot \gamma_{ж}} = \frac{166,4}{0,642 \cdot 3600} = 0,288 \text{ м/сек}$$

$$f_{тр} + f_{мтр} = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} = 1,54 \text{ м}^2;$$

$$f_{мтр} = 0,758 \cdot (14^2 - 510 \cdot 0,058^2) = 0,785 \cdot 1,145 = 0,898 \text{ м}^2;$$

Режим движения:

$$Re = \frac{W \cdot d \cdot X}{\mu \cdot q} = \frac{0,288 \cdot 0,034 \cdot 9810 \cdot 1000}{0,76 \cdot 9,81} = 27600 > 10000 \quad (\text{режим турбу-}$$

лентный);

$$\mu = 0,76 \text{ м};$$

$$\gamma_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$Pr = 5,4$$

$$Nu = 0,023 \cdot 27600^{0,8} \cdot Pr^{0,4} = 156$$

Коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_1 = \frac{156 \cdot 0,53}{0,034} = 2430 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 2826,09 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}.$$

б) межтрубное пространство.

Конденсация паров:

$$\alpha_2 = 14,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{\lambda^3 \cdot \gamma^2 \cdot n \cdot z}{\mu \cdot G}} = 14,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,23^3 \cdot 760^2 \cdot 510 \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 0,58^4}{0,27 \cdot 4195 \cdot (2+1)}} = 2190$$

$$\text{ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 2546,97 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}.$$

$$\lambda_{см} = 0,23 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 0,2675 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}.$$

$$\mu = 0,27 \text{ м};$$

$$\gamma = 760 \text{ кг/м}^3.$$

Коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2430} + \frac{1}{2190 + 0,008}} = 600 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 697,8 \text{ Вт};$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



$$F = \frac{326000}{90,5 \cdot 107} = 33,6 \text{ м}^2.$$

К установке принимается аппарат ранее принятый характеристики.

Материал – сталь углеродистая.

3.1.4. Конденсатор.

Назначение – конденсация паров дистиллята и флегмы колонны.

1. Тепловая нагрузка ан аппарат составляет 10 % от общей тепловой нагрузки на дефлегматор.

$$Q=2490000 \text{ ккал/час}=10433100 \text{ Вт}.$$

2. Средняя разность температур:

$$85 \qquad \qquad \qquad 85$$

$$0 \qquad \qquad \qquad -5$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{90 + 85}{2} = 87,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

3. Расход рассола:

$$G = \frac{Q}{t \cdot c \cdot \gamma} = \frac{249000}{5 \cdot 0,69 \cdot 1230} = 59 \text{ м}^3.$$

4. Коэффициент теплопередачи K принимается равным 400 ккал/м²·час·°C.

5. Необходимая поверхность теплообмена составляет:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{249000}{400 \cdot 87,5} = 1,43 \text{ м}^2.$$

К установке принимается аппарат следующей характеристики:

площадь теплообмена – $F=21 \text{ м}^2$;

диаметр кожуха – $D=600\text{мм}$;

высота цилиндрической части – $H_{ц.ч.}=1500 \text{ мм}$;

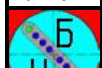
число труб – $n=121 \text{ шт.}$;

материал – сталь углеродистая.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



3.1.5. Холодильник.

Назначение – охлаждение дистиллята колонны.

Тепловая нагрузка: $Q=4195 \cdot 0,64 \cdot (85-69)=42900$ ккал/час=179751 Вт.

Средняя разность температур:

$$\begin{array}{r} 85 \\ 40 \\ \hline 45 \end{array} \quad \begin{array}{r} 69 \\ 25 \\ \hline 44 \end{array} \quad \Delta t=44,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Расход воды:

$$G_6 = \frac{42900}{15 \cdot 1000} = 2,86 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Расчет ведем на теплообменник следующей характеристики:
 $F=13 \text{ м}^2$

1000 ТНГ-1-16-Б9

28Г1,3-4

$T_p=25 \times 2 \times 1500$ мм;

$n=121$ шт.

$f_{\text{мтр.}}=0,067 \text{ м}^2$

$f_{\text{тр.}}=0,042 \text{ м}^2$

а) Трубное пространство:

$$W = \frac{2,86}{0,042 \cdot 3600} = 0,019 \text{ м/сек}$$

Режим движения:

$$Re = \frac{0,019 \cdot 0,021 \cdot 1000 \cdot 9810}{0,76 \cdot 9,81} = 525 < 2300 \text{ (режим ламинарный);}$$

$Pr=5,15$

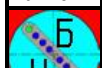
$$\alpha_1 = 1,86 \cdot \frac{\lambda}{0,021} \cdot Re^{\frac{1}{3}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\alpha}{1,5}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,86 \cdot \frac{0,53}{0,021} \cdot 525^{\frac{1}{3}} \cdot 5,15^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{0,021}{1,5}\right)^{\frac{1}{3}} = 157,0$$

ккал/м²·час·°C=182,591 Вт/м²·K.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



б) межтрубное пространство:

Скорость потока:

$$W = \frac{V_{сек}}{f_{мпр}} = \frac{4195}{760 \cdot 3600 \cdot 0,067} = 0,0228 \text{ м/сек.}$$

Эквивалентный диаметр:

$$d_{экв} = \frac{D^2 - n \cdot d^2}{D + n \cdot d} = \frac{0,384^2 - 121 \cdot 0,025^2}{0,364 + 121 \cdot 0,025} = 0,021 \text{ м};$$

$$Re = \frac{W \cdot d_{экв}}{\mu \cdot q} = \frac{0,0228 \cdot 0,021 \cdot 760 \cdot 9810}{0,27 \cdot 9810} = 1570 < 2300;$$

$$Pr = \frac{3600 \cdot C_p \cdot \mu \cdot q}{\lambda} = \frac{3600 \cdot 0,64 \cdot 0,27 \cdot 9,81}{0,23 \cdot 9810} = 2,7$$

$$\alpha_2 = 0,385 \cdot \frac{\lambda}{\alpha} \cdot Re^{0,56} \cdot Pr^{0,3}$$

$$\alpha_2 = 0,385 \cdot \frac{0,23}{0,021} \cdot 1370^{0,56} \cdot 2,7^{0,3} = 275 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 319,825 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{157} + \frac{1}{257 + 0,0008}} = 92,5 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C} = 107,59 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Необходимая поверхность теплопередачи:

$$F = \frac{42900}{92,5 \cdot 44,5} = 10,4 \text{ м}^2.$$

Принятый теплообменник подходит.

3.2. Монтаж, эксплуатация и ремонт машины.

3.2.1. Монтаж.

К производству монтажных работ разрешается приступать только после готовности оснований, фундаментов, опор под все собранные единицы.

Фундамент должен соответствовать требованиям проекта на фундамент.

Строповку и транспортировку деталей и сборочных единиц производить исходя из конкретных условий.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист

Б
Ц

Установить аппарат на фундаментах таким образом, чтобы расположение штуцеров соответствовало общей компоновке, общей компоновке, технологического оборудования. Установочный аппарат выверить при помощи регулировочных отжимных винтов или других устройств монтаж, испытание опробование, сдачу и приемку смонтированного аппарата производить согласно.

а) СНиПШ-Г-10-66 «Технологическое оборудование, общие правила производств и приемке монтажных работ»;

б) СНИПШ-Г-10-65 «Аппараты колонного и башенного типов. Правила производства и приемки монтажных работ».

По окончании монтажных работ произвести пневмоиспытание аппаратов с соблюдением всех действующих форм и правил техники безопасности.

3.2.2. Ремонт.

Ректификационные колонны применяют для процессов ректификации. Для хорошего контакта между жидкостью и паром применяют насадки.

Для безопасного и эффективного технического осмотра и ремонта высоких пустотелых колонных аппаратов пользуются специальной подвесной платформой, элементы которой вводят через люк и собирают внутри аппарата. Платформа поднимается с помощью троса, что позволяет производить осмотр и чистку внутренней поверхности аппарата, осмотр сварных швов, ремонт внутренней поверхности.

- Ремонт сосудов и их элементов должны выполняться специализированными организациями, располагающими техническими средствами, необходимыми для качественного выполнения работ.

Сварка

- Перед началом сварки д.б. проверено качество сборки соединяемых элементов, а также стыкуемых кромок и прилегающих к ним поверхностей. При сборке не допускается подгонка кромок ударным способом или местным нагревом.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



▪ Технология сварки при ремонте и монтаже сосудов допускается к применению после подтверждения ее в технологичности на реальных изделиях, проверки всего комплекта требуемых свойств сварных соединений и освоения эффективных методов контроля их качества.

Заварка трещин. Осмотрев трещину (с применением лупы), устанавливают ее размеры. Поверхность колонны в зоне трещины тщательно зачищают с внутренней и наружной сторон. На концах трещины просверливают отверстия для предотвращения ее распространения в длину. После засверловки трещину разделяют под сварку с помощью пневмомолотка и зубила или специального газового резака. Несквозные трещины разделяют односторонней вырубкой кромок на максимальную глубину под углом 50—60°. Сквозные трещины или несквозные глубиной более 0,4 толщины стенки разделяют на всю толщину. При толщине стенки колонны до 15 мм сварка ведется V-образным швом, при большей толщине стенки — X-образным швом.

Установка заплат. Сквозные трещины при значительном расхождении кромок, а также участки значительного износа, образовавшиеся в результате коррозии и эрозии, вырезают и на их место устанавливают заплаты. Необходимо, чтобы размер заплаты был больше размера поврежденного участка на 100-160 мм. Металл, из которого вырезают заплату, подбирают той же марки и толщины, что и стенка аппарата. При вальцовке заплаты радиус ее должен быть на 10 % меньше необходимого, так как при сварке она распрямляется. Радиус вальцевания проверяют с помощью шаблона.

У прямоугольной заплаты углы закругляют (радиус закругления не менее 50 мм). Заплаты сваривают только встык. Для снижения напряжений, возникающих при сварке заплату устанавливают и заваривают по схеме, изображенной на рис. 9.

При толщине заплат менее 20 мм их можно изготавливать выпуклыми.

Смена обечаек. Наиболее сложная операция при ремонте - замена изношенных обечаек и днищ аппаратов. Кромки поверхности аппарата и заме-

няемой детали зачищают перед сваркой до чистого металла на ширину 10 мм.

Сварку необходимо выполнять плавно, переходя от одного элемента к другому. Угол скоса элементов разной толщины должен быть не более 15°. Сварка стыковых швов без предварительного утончения более толстой стенки допускается, если разница в толщине соединяемых элементов не превышает 30 % (но не более 5 мм).

При изготовлении обечаек необходимо руководствоваться требованиями ОСТ 26-291-79. Ширина листов обечайки между вертикальными швами должна быть не менее 800 мм, а ширина замыкающей вставки — не менее 400 мм.

Обечайки, диаметр которых не превышает 500 мм, изготавливают с одним продольным швом. Смещение кромок не должно превышать в вертикальных швах 10 % номинальной толщины более тонкого листа (но не более 3 мм); в кольцевых швах при толщине листов до 20мм - 10 % плюс 1 мм, а при толщине более 20 мм - 15 % (но не более 5 мм); в соединениях из биметалла - 10 % (но не более 3 мм стороны основного слоя) и не более 50 % толщины коррозионно-стойкого металла.

Совместный увод кромок (угловатость) в швах должен быть не больше 10 % толщины листа плюс 3 мм (но не более 5 мм).

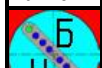
При изготовлении и сборке обечаек применяют листогибочные вальцы и различные ручные стяжки и распорки.

Дефектные люки и штуцера удаляют с помощью газовой резки. Материал для изготовления нового люка, штуцера и укрепляющего кольца должен соответствовать проекту. Сначала приваривают штуцер или люк, а затем укрепляющее кольцо. В новом кольце необходимо просверлить сигнальное отверстие. Размеры кольца тщательно подгоняют, при этом желательно, чтобы диаметр его был больше диаметра старого, и сварка производилась на новом месте. При ремонте укрепляющие кольца часто делают разъемными по диаметру на две половины.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Не рекомендуется врезать штуцера и лыки в местах сварного шва или при их пересечении.

После ремонта аппарат необходимо проверить на прочность и плотность, имея следующую документацию:

- описание технологии проведенного ремонта, сертификаты на использованные материалы и электроды, акт на просвечивание и качество сварных соединений, акт замера толщины стенок, копию удостоверения сварщика, результаты механических испытаний контрольного сварного шва.

Аппараты, в которых была осуществлена замена отдельных частей корпуса, врезка штуцеров, выправление вмятин, сварка на корпусе аппарата, подлежат гидравлическому испытанию на прочность. Гидравлическое испытание аппаратов, предназначенных для работы при температуре стенки до 200 °С, проводят при пробном давлении.

Гидравлическое испытание аппаратов, предназначенных для работы при температуре стенок выше 200 °С, проводят при пробном давлении.

Аппараты, работающие под вакуумом, испытывают при пробном давлении 0,2 МПа. Испытания ведут в течение 5 мин. После этого давление снижают до рабочего и обстукивают корпус молотком.

При отсутствии течи и потения в сварных швах и на основном металле, а также видимых остаточных деформаций, аппарат считают выдержавшим гидравлическое испытание на прочность. Затем проводят испытание на плотность под действием инертного газа. По окончании испытаний аппарат сдают из ремонта по акту.

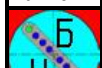
Контроль сварных соединений.

- Основными видами неразрушающего контроля металлических и сварных соединений являются:
 - визуальный и измерительный (выявление трещин всех видов и направлений, свищей, подрезов, наплывов, прожогов);
 - радиографический и ультразвуковой (внутренние дефекты);

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



- радиоскопический;
- стилоскопирование (подтверждение соответствия легирования металлических деталей);
- измерение твердости (проверка качества выполнения термической обработки сварных соединений);
- гидравлические испытания;
- пневматические испытания.

5.4. Установка сосудов.

- Сосуды должны устанавливаться на открытых площадках в местах, исключающих скопление людей, или в отдельно стоящих зданиях.
- Установка сосудов должна обеспечить возможность осмотра, ремонта и очистки их с внутренней и наружной сторон.
- Установка сосудов должна исключать возможность их опрокидывания.

Планово – предупредительный ремонт.

Система планово-предупредительного ремонта представляет собой совокупность организационно-технических мероприятий по надзору и уходу за оборудованием и коммуникациями по всем видам ремонта, осуществляемым в плановом порядке. Планово-предупредительный ремонт позволяет обеспечить:

- предотвращение преждевременного износа оборудования и постоянное поддержание его в работоспособном состоянии;
- предупреждение аварий оборудования;
- возможность выполнения ремонтных работ по плану, согласованному с планом производства;
- своевременную подготовку необходимых для ремонта запасных частей, материалов и обслуживающего персонала, а также минимальный простой оборудования в ремонте.

Планово-предупредительный ремонт проводят в заранее установленной последовательности, через определенные промежутки времени. Содержание

ремонта окончательно устанавливают в процессе его проведения в зависимости от состояния отдельных деталей и узлов.

Система планово-предупредительного ремонта оборудования включает текущий и капитальный ремонты. Этим видам ремонта предшествует межремонтное обслуживание.

Межремонтное обслуживание оборудования.

Межремонтное обслуживание производится механиком цеха совместно с рабочими. Для его проведения необходимо:

- обучить рабочих правилам технической эксплуатации и обеспечить их инструкциями по уходу за оборудованием, а также необходимым набором инструментов, смазочными и обтирочными материалами;
- установить правильный, исчерпывающий учет работы оборудования и остановок его на ремонт с внесением всех установленных показателей в паспортную документацию.

В межремонтное обслуживание оборудования входят:

- смазка, обтирка, чистка, регулярный наружный осмотр оборудования, выявление наружных дефектов, проверка работы предохранительных устройств, трущихся частей и состояния масляных и охлаждающих систем, наличия и исправности ограждающих устройств, наблюдение за работой контрольно-измерительных приборов и автоматических устройств, натяжением и состоянием ремней, тросов, цепей (особенно мест их соединения и крепления), а также за состоянием и подтяжкой ослабших болтовых клиновых соединений и крепежных деталей, проверка действия тормозов и приспособлений для моментальной аварийной остановки машин.

Межремонтное обслуживание предусматривает обязательную, правильно организованную передачу оборудования по сменам (сменными мастерами, бригадами, машинистами, аппаратчиками). Принимая оборудование, сменный мастер бригадир, машинист, аппаратчик проверяют состояние оборудования и чистоту рабочего места.

Все замеченные нарушения в работе оборудования должны быть зафик-

сированы в сменном журнале и немедленно устранены.

Капитальный ремонт. Капитальный ремонт оборудования является восстановительным. При его проведении машины или аппараты могут быть сняты с места установки и размещены вне производственного цеха.

При капитальном ремонте полностью разбирают аппарат, восстанавливая, как правило, первоначальные точность, мощность и производительность оборудования. Во время ремонта производят следующие работы: замену всех сломанных деталей и узлов или исправление их с доведением размеров до монтажных допусков; проверку осей, станин, заделку выработанных мест, обработку рабочих плоскостей, смену отдельных узлов изоляции; тщательную выверку и центровку машины; выверку (в случае необходимости) станины или рамы под машиной и подливку бетоном; замену футеровок; модернизацию агрегата с возможной унификацией сменных частей.

На проведение капитального ремонта составляют дефектную ведомость и смету расходов с приложением перечня работ и необходимых чертежей, а также разрабатывают план организации работ с учетом нормативов длительности ремонта. Ведомость утверждает главный механик, а смету и план ремонта - руководитель (директор) предприятия. На подготовку и проведение капитального ремонта наиболее сложных машин к агрегатов рекомендуется составлять сетевые графики.

Остановка оборудования на капитальный ремонт допускается лишь при полном обеспечении материалами, запасными частями и рабочей силой.

После ремонта оборудование испытывают как вхолостую, так и под нагрузкой. Приемку оборудования в рабочем состоянии осуществляет техническая комиссия, назначенная руководством предприятия, а ведущего оборудования, определяющего работу цеха (завода) — комиссия в составе главного механика предприятия, начальника и механика цеха, а также ответственного за проведение ремонта лица. Акт приемки на ведущее оборудование утверждает главный инженер предприятия; хранят его вместе с паспортом оборудования.

При проведении капитального ремонта, связанного с модернизацией оборудования, необходимо предварительно подготовить техническую документацию. Проекты модернизации основного оборудования утверждает главный инженер предприятия.

С целью сокращения сроков капитального ремонта применяют метод узлового ремонта, при котором заблаговременно подготавливают сменные узлы для замены узлов, наиболее трудоемких в ремонте.

Подготовка оборудования к ремонту.

До начала ремонтных работ оборудование должно быть очищено от грязи и шлама, промыто и отключено от коммуникаций. Перед ремонтом технологическое оборудование промывают нейтральными средствами, пропаривают, продувают через него воздух или отключают от систем специальными заглушками. Указанные работы проводят силами цеха-заказчика.

При сдаче трубопроводов в ремонт составляют акт. Руководитель ремонтных работ принимает от начальника смены цеха подготовленное к ремонту оборудование. Если работы выполняют вне цеха, оборудование в ремонт обязан сдать механик цеха.

Особое внимание необходимо уделять вопросам безопасного ведения ремонтных работ (обеспечения рабочих мест проверенным грузоподъемным и такелажным оборудованием, низковольтными или взрывобезопасными переносными лампами, не искрящим инструментом, изолирующими шланговыми противогазами, переносными вентиляторами, средствами пожаротушения), а также инструктажу рабочих по технике безопасности.

Если оборудование направляют на ремонт после аварии, предъявляют аварийный акт.

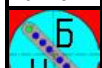
Отремонтированное оборудование принимают по акту.

Содержание выполняемых подготовительных работ фиксируют в ремонтном журнале, где отмечают все выявленные дефекты оборудования с указанием их характера. Заполненные ремонтные журналы, акты приемки оборудования из ремонта, документы на вновь установленные детали и мате-

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



риалы, из которых они изготовлены, а также описание и документацию на конструктивные изменения оборудования, протоколы и журналы испытаний и технологической проверки оборудования прилагают к паспортам оборудования или к акту приемки оборудования из ремонта.

Технические условия на ремонт оборудования. Технические условия на ремонт оборудования составляют на предприятии, а на оборудование общепромышленного назначения в централизованном порядке по усмотрению отраслевого главного управления или объединения.

В технических условиях должны быть приведены основные требования, предъявляемые к ремонту. Кроме того, технические условия должны содержать следующие сведения:

- перечень основных ремонтных работ, включая разборку и сборку оборудования;
- технологические указания по проведению ремонта, а также испытанию оборудования и ревизиям;
- правила приемки оборудования из ремонта;
- перечень запасных частей, подлежащих установке взамен изношенных, и допуски на точность сборки сопряженных трущихся поверхностей в основных узлах механизмов и машин;
- перечень защитных покрытий, мероприятий по борьбе с коррозией оборудования и аппаратов;
- указания по безопасному проведению ремонтных работ;
- способы проверки качества исполнения ремонта.

При опробовании оборудования, для которого по условиям эксплуатации требуется проверка производительности, давления, герметичности и других показателей, в технических условиях указывают методы проведения этих проверок и способы регулировки и наладки оборудования.

Освидетельствование и испытание оборудования инспектор Госгортехнадзора производит, как правило, в период остановки его на ремонт.

Технические условия на ремонт оборудования периодически необходи-

мо пересматривать с учетом выявленных недостатков или изменений режима работы оборудования и характера ремонта.

Все изменения в технических условиях на ремонт оборудования производятся службой главного механика предприятия.

- Своевременное проведение ремонтов сосудов согласно графиков.
- Ремонт сосудов и их элементов, находящихся под давлением не допускается.
- До начала производства работ внутри сосуда, соединенного с другими работающими сосудами общим трубопроводом, сосуд д.б. отделен от них заглушками или отсоединен. Отсоединенные трубопроводы д.б. заглушены.

Требования к монтажу.

- Выполнение монтажных работ производить в соответствии СНИП-3.05.05.-84, СНИП-III-4-80 и ведомственными инструкциям по монтажу и эксплуатации изделий.
- Аппараты поставлять на место монтажа в полностью собранном виде или крупными блоками.
- Установку аппаратов производить на фундаментах или несущих перекрытиях.
- Аппараты надежно заземлить в соответствии с требованиями правил ВСН10-72 и обеспечить достаточным освещением в соответствии с требованиями правил ПУ7-76.
- Перед сборкой фланцевых соединений произвести внешний осмотр уплотнительных поверхностей фланцев, прокладок и крепежа. Каждую разборку фланцевых соединений зарегистрировать в журнале осмотра и ремонта аппаратов под давлением.
- Монтаж аппарата производить согласно инструкции по монтажу сосудов и аппаратов ВСН351-75. Выверку вертикальности аппарата производить по приспособлениям с помощью теодолита.
- Перед монтажом произвести расконсервацию:
 - опорной поверхности и кромок монтажного разъема надрезом покры-

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



тия и его удалением;

- крепежных изделий промыванием горячей водой и моющим раствором с пассиваторами и последующей сушкой.
- Детали установленные на время транспортировки снять.
- Штуцеры монтажные работоспособны при температуре окружающего воздуха от 313 К (+40 °С) до 233 К (-40 °С). Максимальное усилие действующее на один штуцер – 1000 кН. Усилие, действующее на штуцера, может отклоняться от вертикали не более чем на 5°.

В настоящее время орошение ректификационной колонны осуществляется пожарохозяйственной водой, содержание солей кальция и магния в которой достигает 200 мг/л, что приводит к выпадению этих солей на поверхности насадки (образованию «накипи») и выходу колонны из строя. Для предотвращения этого явления рекомендуется орошение колонны вести обессоленной водой, допускается использование отработанной обессоленной воды.

3.3. Охрана труда

3.3.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте аппаратчика.

Основными факторами, создающими опасность при работе на установке разделения смеси ацетон-сырец – фенол-сырец и в операторном помещении блока являются [15-17]:

1. Опасность поражения электрическим током.
2. Статическое электричество.
3. Загрязнение рабочей зоны и неудовлетворительный микроклимат.
4. Недостаточная освещенность.
5. Опасность поражения химическими факторами.

Для обеспечения комфортной работы аппаратчикам и обслуживающему

персоналу, необходимо провести следующие мероприятия по вышеуказанным факторам.

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.

Действие электрического тока на человека и виды поражений.

Действие электрического тока на организм человека своеобразно и носит разносторонний характер. Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает термическое, электрическое и биологическое воздействие на различные системы организма. При этом могут возникнуть нарушения деятельности жизненно важных органов человека: мозга, сердца, легких.

Все виды действия электрического тока на организм человека можно объединить в два основных: электрические травмы и электрические удары.

Электрические травмы – это местные поражения тела: ожоги, металлизация кожи, механические повреждения организма.

Электрический удар вызывает возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольным судорожными сокращениями мышц, в том числе мышц сердца и легких. В результате могут возникнуть различные нарушения жизнедеятельности организма и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Смертельно опасным считается ток более 100 мА, который вызывает паралич органов дыхания и фибрилляцию сердца и называется **пороговым фибрилляционным**.

СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

Интенсификация технологического процесса транспортирования продукта приводит к образованию электрических зарядов на продукте и электрических газовых разрядов в аппаратах. Основная опасность, создаваемая электризацией различных материалов, состоит в возможности искрового за-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



ряда. Электростатическая электробезопасность объектов в соответствии с ГОСТ 12.1.018-086 должна обеспечиваться созданием условий предупреждающих возникновение разрядов статического электричества, способных стать источником зажигания объекта или окружающей и проникающей в него среды.

МИКРОКЛИМАТ.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-76 установлены оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности воздуха и скорости движения воздуха.

Метеорологические условия в операторном помещении определяются следующими параметрами:

1. Температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$.
2. Относительная влажность воздуха, φ %.
3. Атмосферным давлением, P мм.рт.ст.
4. Скоростью движения воздуха на рабочем месте, v м/с.

Атмосферное давление влияет на парциальное давление основных компонентов воздуха, а, следовательно, и на процесс дыхания. Нормальным атмосферным давлением является давление равное 760 мм.рт.ст. (для г. Омска).

Нормальное тепловое самочувствие (комфортные условия) обеспечивается при температуре внутренних органов человека $\sim 36,6^{\circ}\text{C}$.

При высокой температуре воздуха в помещении, кровеносные сосуды расширяются, при этом происходит повышение притока крови к поверхности тела, нарушается тепловой баланс организма. При понижении температуры окружающего воздуха реакция организма другая: кровеносные сосуды сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется.

Влажность воздуха также оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Повышенная влажность $\varphi > 85\%$, затрудняет терморегуляцию из-за снижения испарения пота, а слишком низкая влажность $\varphi < 20\%$, вызы-

вает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Оптимальное значение относительной влажности составляет 15 - 75%.

Движение воздуха в помещении является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. Максимальная скорость движения воздуха, ощущаемая человеком составляет 0,2 м/с. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-76 устанавливаются оптимальные и допускаемые нормы температуры, движения воздуха. Допускаемые пределы изменения климатических условий для помещений в которых расположены контрольно - измерительные приборы составляют:

температура 19 - 25°C;

относительная влажность воздуха до 75%;

скорость движения воздуха в помещении не более 0,2 м/с.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96 можно узнать допустимые и оптимальные нормы.

Таблица №6

Период года				Холодный	Теплый	
Категория работ				26	26	
Температура °C	Оптимальная			17-19	20-22	
	До- пус- ти- мая	Верхняя граница	На рабо- чем месте	Прост.	21	27
				Непрост.	23	29
		Нижняя граница		Прост.	15	16
				Непрост.	13	15
Влажность	Оптимальная			40-60	40-60	
	Допускаемая			75	70(25)	
Скорость движения воздуха	Оптимальная			0,2	0,3	
	Допускаемая			0,4	0,2-0,5	

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

ОСВЕЩЕНИЕ.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает возможность нормальной деятельности. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения зависят также производительность труда и качество выпускаемой продукции.

При освещении производственных помещений используют *естественное* освещение (солнечный свет), *искусственное* освещение осуществляемое с помощью электрических ламп и совмещенное, при котором в светлое время суток недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

При выполнении операции точечной сборки увеличение освещенности с 50 до 1000 лк позволяет получить повышение производительности труда на 25. Нормирование искусственного и естественного освещения осуществлено по СНиП-2305-95, «Естественное и искусственное освещение».

Естественное освещение помещений осуществляется через световые проемы и может быть выполнено в виде бокового, верхнего или комбинированного.

Точка для замера освещенности внутри помещения определяются: при боковом освещении – на линии пересечения вертикальной плоскости характерного разреза помещения (оси оконного проема) и горизонтальной плоскости, находящейся на высоте 1,0м от пола и на расстоянии, наиболее удаленном от светового проема; при верхнем освещении или комбинированном (боковом и верхнем) на линии пересечения вертикальной и горизонтальной плоскости на высоте 0,8м от пола, СНиП-11-А.8-81.

Нормы освещенности при искусственном и контраст естественного освещения при естественном и совмещенном освещении по СНиП 23-05-931.

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица №7

Характеристики зрительной работы	Эквивалентный размер объекта различения	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона
Средней точности	Свыше 0,5-10	4	в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный

Таблица №8

Искусственное освещение		Естественное освещение
Освещенность, АК	Сочетание нормируемых величин показатель ослепленности и коэффициента пульсации	КЕО, I _н , %

Таблица №9

При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения	Р	Кп, %	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
Всего	В том числе общего							
400	200	200	40	20	4	1,5	2,4	0,9

ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ.

Опасность и вредность работы на установке обусловлена применением вредных и токсичных продуктов: ацетона и фенола.

На блоке разделения ведется процесс в ректификационной колонне за счет подогрева продуктов в кубе колонны.

Опасность процесса заключается в выделении паров ацетона и фенола.

Огромную роль играет безопасность эксплуатации герметичных систем, находящихся под давлением.

Герметичность – это непроницаемость жидкостями и газами стенок и соединений, ограничивающих внутренние объемы устройств и установок.

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист Б ц
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

В ряде случаев нарушение герметичности, т.е. разгерметизация устройств и установок, не только нежелательна с технической точки зрения, но и опасна для обслуживающего персонала и производства в целом.

Во-первых, нарушение герметичности может быть связано с взрывом. Здесь следует различать две причины. С одной стороны, взрыв может являться следствием нарушения герметичности, например, воспламенение взрывчатой смеси, внутри установки. С другой, нарушение герметичности может стать причиной взрыва, например, при нарушении герметичности ацетиленового трубопровода вблизи участков нарушения образуется ацетиленовоздушная смесь, которая может воспламениться самыми слабыми импульсами. Незамеченное длительное горение приводит к такому сильному разогреву трубопровода, что ацетилен в нем самовоспламеняется.

Во-вторых, при разгерметизации создаются опасные и вредные производственные факторы, зависящие от физико-химических свойств рабочей среды, т.е. возникает опасность:

получение ожогов под воздействием высоких или, наоборот низких температур (термические ожоги) и из-за агрессивности среды (химические ожоги);

травматизма, связанного с высоким давлением газа в системе;

радиационная, возникающая, например, при использовании в установках в качестве теплоносителя жидких радиоактивных металлов, обладающих высоким уровнем ионизирующего излучения;

отравления, связанные с применением инертных и токсичных газов.

Принцип герметичности, используемый при организации рабочего процесса ряда устройств и установок, является важным с точки зрения и безопасности

3.3.2. Меры по снижению и устранению опасных и вредных факторов.

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Электричество широко применяется во всех отраслях народного хозяйства. Поэтому вопросам электробезопасности нужно уделять большое внимание.

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

При работе в операторном помещении необходимо соблюдать общие требования по электробезопасности ГОСТ 12.1.019-79.

Электробезопасность в соответствии с данным стандартом обеспечивается конструкцией электроустановок: техническими способами и средствами защиты; организационными и техническими мероприятиями. Конструкции электродвигателей используемых на установке изготовлены в исполнении «ВЗГ» и имеют первый класс защиты в соответствии с ГОСТ 12.2007.0-75, что соответствует условиям их эксплуатации и обеспечивает защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями. На установке все оборудование имеет заземление согласно ПУЭ – 76 (контурное заземляющее устройство R=40 м до 1000 В).

Организационные мероприятия включают в себя инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил техники безопасности и инструкций.

Технические мероприятия предусматривают отключение агрегата от источника питания, снятие предохранителей, обеспечивающие невозможность ошибочной подачи напряжения к месту работы, установку знаков безопасности и ограждения остающихся под напряжением токоведущих частей.

Изоляция имеет важное значение в электроустановках, она защищает их от чрезмерной утечки токов, предохраняет людей от поражения током и исключает возникновение пожаров.

Проводка в производственных помещениях выполняется изолированными проводами или кабелями, которые в местах, где возможно их механи-

ческое повреждение, укладывают в металлические трубы.

Электродвигатели для привода станков и оборудования применяются в соответствии с технологическими требованиями. Электродвигатели подразделяют на следующие типы: открытый, защищенный, закрытый, взрывозащищенный, влагонепроницаемый.

Выключатели тока служат для замыкания и размыкания электрических цепей. Они бывают различных типов и конструкций – воздушные, масляные и безмасляные, выбираемые в зависимости от напряжения и величины тока.

Мероприятия по защите от электротравматизма.

Причины несчастных случаев от электротока разнообразны и многочисленны, но основными из них при работе с электроустановками напряжением 1000В можно считать:

1) случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

2) прикосновение к нетоковедущим частям электроустановок, случайно оказавшимся под напряжением вследствие повреждения изоляции или другой неисправности;

3) попадание под напряжение во время проведения ремонтных работ на отключенном электрооборудовании из-за ошибочного его включения;

4) замыкание провода на землю и возникновение шагового напряжения на поверхности земли или основания, на котором находится человек.

Мероприятия по защите обеспечивают недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения; пониженное напряжение; заземление и зануление электроустановок; автоматическое отключение; индивидуальную защиту и др.

Недоступность токоведущих частей электроустановок обеспечивается размещением их на необходимой высоте, ограждением от случайного прикосновения, изоляцией токоведущих частей.

Внутри производственных зданий, в цехах, на участках не огражденные

провода, не имеющие изоляции, подвешивают на высоте не менее 3,5 м.

Основные требования к устройству электроустановок.

Требования касаются изоляции проводки, предохранителей, электродвигателей и выключателей тока.

Правилами устройства электроустановок определено, что сопротивление изоляции сети на участке между двумя смежными предохранителями или за последними предохранителями между любыми проводами должно быть не менее 0,5 МОм.

Изменение сопротивления изоляции установки необходимо производить после ее монтажа, ремонта и при эксплуатации периодически не реже одного раза в год в помещениях с повышенной опасностью и не реже двух раз в год – в особо опасных помещениях. Это необходимо потому, что материалы, применяемые для изоляции токоведущих частей электроустановок, с течением времени по ряду причин теряют свои первоначальные диэлектрические качества.

Неизолированные провода разрешается применять при использовании их в качестве контактных проводов для питания током электрокранов. Располагать их следует на высоте не менее 3,5 метров от пола. Провода снабжают специальными автоматическими выключателями мгновенного действия, выключающими ток при обрыве проводов.

На всех типах электродвигателей их клеммовые панели для присоединения проводов имеют надежное ограждение, исключающее возможность случайного прикосновения к токоведущим частям.

Защитные средства.

Защитными средствами называют приборы, аппараты и переносные приспособления, предназначенные для защиты персонала, работающего у электроустановок, от поражения электрическим током, электрической дугой и т.д.

Изолирующие защитные средства подразделяют на основные и дополнительные.

Основные изолирующие средства:

оперативные и измерительные штанги; изолирующие и токоизмерительные клещи; указатели напряжения; изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ.

Дополнительные средства:

диэлектрические перчатки; диэлектрические боты; диэлектрические коврики и изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах.

ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

Средства защиты от статического электричества в соответствии с «Правилами защиты от статического электричества» необходимо применять в помещениях и в зонах установки.

Для предупреждения возможности возникновения опасных искровых разрядов с поверхности оборудования, перерабатываемых продуктов необходимо обеспечить стекание возникающих зарядов статического электричества. Это достигается применением заземляющих устройств (коллективная защита) согласно ГОСТ 12.4.124-83.

Отвод зарядов заземляющими устройствами – наиболее простое средство защиты от статического электричества. Все металлические и электропроводные не металлические части технологического оборудования заземляются.

Заземляющие устройства для защиты от статического электричества объединено с заземляющим устройством для электрооборудования, и должно быть выполнено в соответствии с правилами устройства электроустановок. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 100 Ом.

Металлическое и неметаллическое оборудование: трубопроводы, вентиляционные короба, расположенные в операторной, на установке эстакадах должны представлять собой на всем протяжении непрерывную электриче-

скую цепь, которая присоединяется к контуру заземления не менее чем в 2-х точках.

Обслуживающий персонал ежевахтно визуально проверяет видимое заземление. При обнаружении порыва принимает меры к его ликвидации.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ И НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ МИКРОКЛИМАТ.

Важнейшее значение для нормальной жизнедеятельности человека имеет наличие чистого воздуха необходимого химического состава и имеющего оптимальные температуру, влажность и скорость движения.

Создание в рабочей зоне надлежащих метеорологических условий благоприятно воздействует на организм, способствует хорошему самочувствию, повышает безопасность работы, обеспечивает высокую работоспособность.

Вредные вещества (пары, газы, пыль), находящиеся в воздухе производственных помещений, через дыхательные пути, пищевой тракт могут попасть в организм человека и при определенных условиях вызвать острые или хронические отравления.

Для устранения вредных примесей и снижения ПДК вредных веществ, содержащихся в помещениях цеха необходимо применить принудительную вентиляцию. Данная мера позволит не только улучшить состав атмосферы рабочего помещения, но также понизить температуру воздуха (вследствие нагрева ее от ректификационных колонн) за счет понижения давления (отсос воздуха) и притока воздуха через ограждения из вне.

Индивидуальные средства защиты.

Для работы с вредными условиями труда, связанными с агрессивными средами, загрязнениями, повышенными температурами, влажностью. Рабочим установки в соответствии с ГОСТ 12.4.034-85 выдается спец. одежда, спец. обувь и другие средства индивидуальной защиты.

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Для защиты тела:

При работе с кислотами:

спец. одежда – суконный костюм

спец. обувь – ботинки или сапоги

При работе со щелочами:

спец. одежда-костюм ХБ

спец. обувь – ботинки или сапоги

В зимнее время дополнительно – куртка ватная.

Для защиты рук от воздействия вредных и агрессивных сред применяются рукавицы ХБ, шерстяные, резиновые перчатки или голицы с кислотостойкой пропиткой.

Для защиты головы – каски защитные.

Для защиты органов дыхания используют противогазы и респираторы:

- а) фильтрующие противогазы марки «БКФ»;
- б) фильтрующие противогазы марки «КД»;
- в) шланговые противогазы марки «ПШ-1», «ДПА-5»;
- г) противопылевые респираторы.

Для предохранения кожи открытых частей тела от повреждений необходимо использовать защитные крема и мази. Они наносятся на чисто вымытые части тела (лицо, руки, шею). После работы препараты смывают теплой водой с мылом.

Для работы внутри технологического оборудования в обязательном порядке используют только шланговые противогазы. У работающего должен быть дублер, который следит за состоянием работающего.

Каждый противогаз за обслуживающим персоналом закреплен индивидуально.

НЕДОСТАТОЧНАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ.

Нормальные условия работы в производственных помещениях могут быть обеспечены лишь при достаточном освещении рабочих зон, проходов,

проездов.

Электрические источники света, применяемые на производстве.

1. газоразрядные лампы;
2. лампы накаливания.

Требования, предъявляемые к производственному освещению.

1. Освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру работы.
2. Освещенность, должна обеспечивать равномерное освещение объекта.
3. Отсутствие резких теней на рабочем месте и блеклостей.
4. Величина освещенности постоянна во времени.
5. Направление светового потока должна быть оптимальным для обеспечения объекта.
6. Спектральный состав света должен обеспечивать правильную цветопередачу.
7. Все элементы осветительной установки должны быть достаточно долговечными, безопасными, простыми.

ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ.

На производстве могут быть аварии, причиной которых является неправильная эксплуатация установок, обусловленная недисциплинированностью обслуживающего персонала и администрации или вызванная отсутствием достаточного количества контрольных приборов.

Контрольные приборы дают возможность вести наблюдения за происходящим в установке процессами и предупреждать неполадки и аварии. Особенно важно применение автоматических устройств, которые, независимо от обслуживающего персонала, поддерживают заданный режим, включают оборудование, предупреждают возможность ошибочных действий персонала.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Для измерения давления применяют манометры.

Для измерения температуры применяют жидкостные термометры, термомпары, термометры сопротивления.

Для контроля уровня жидкости применяют жидкостные и мембранные указатели, водомерные стекла.

Чтобы избежать аварий на производстве, нужно проводить следующие осмотры:

а) внутренний осмотр и гидравлическое испытание вновь установленных сосудов, не подлежащих регистрации в органах надзора, - перед пуском их в работу;

б) внутренний осмотр сосудов – не реже чем через каждые два года;

в) периодический осмотр сосудов в рабочем состоянии;

г) гидравлический осмотр сосудов в рабочем состоянии;

д) досрочное техническое освидетельствование нерегистрируемых сосудов.

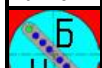
Санитарными нормами предусмотрено технологические процессы и производственное оборудование, принимать такими, чтобы отсутствовали или были минимальными выделения в воздух помещений, в атмосферу и в сточные воды вредных или неприятно пахнущих веществ, тепла и влаги, а также пыли.

Осуществление необходимых мероприятий надлежит проводить, заменяя вредные вещества в производстве менее вредными; сухие способы переработки пылящих материалов – мокрыми; пламенный нагрев – электрическим; твердое и жидкое топливо – газообразным, а также используя герметизацию и максимальное уплотнение стыков и соединений в технологическом оборудовании и трубопроводах – для предотвращения выделения вредностей в процессе производства; тепловую изоляцию нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и трубопроводов; укрытие погрузочных емкостей механического транспорта; применяя гидropневмотранспорт при транспортировке пылящих материалов.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Санитарными нормами установлено, что объем производственных помещений на одного работающего должен составлять не менее 15 м^3 , а площадь помещений – не менее $4,5 \text{ м}^2$. В производственных помещениях с объемом до 20 м^3 на одного работающего при отсутствии загрязнения воздуха вентиляция должна обеспечивать подачу наружного воздуха в количестве не менее 30 м^3 в час на каждого работающего, а в помещениях с объемом 20 м^3 на одного работающего – не менее 20 м^3 в час.

Чтобы создать в производственных помещениях нормальные метеорологические условия, необходимо удалить из них вредные газы, пары, пыль необходимо правильно спроектировать и надлежащим образом эксплуатировать вентиляционную систему (ГОСТ 12.3.002-75).

Вентиляция – это организованный воздухообмен в помещениях.

Если в производственном помещении недостаточно установленной вентиляционной системы необходимо поставить кондиционеры.

Кондиционирование воздуха создает и автоматически поддерживает внутри производственных помещений независимо от наружных метеорологических условий заданную температуру, относительную влажность, чистоту и скорость движения воздуха.

3.3.3. Расчет местной механической вытяжной вентиляции.

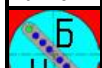
1. Определение конфигурации вентиляционной сети в зависимости от размеров помещения и размещения установок и оборудования, которые должна обслуживать вентиляционная система.
2. Определение количества воздуха, удаляемого местными отсосами от источника образования вредностей.
3. Расчет воздуховодов.
4. Выбор вентилятора и электродвигателя.

Для расчета рассматривается 2-х этажное помещение (операторное помещение). Размер этажа $10 \times 10 \times 6$.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Для расчета принудительной вентиляционной системы необходимо произвести расчет количества воздуха в помещении. Существует несколько основных методов расчета, среди которых метод определения необходимого количества воздуха по кратности воздухообмена. Этот метод принимают для ориентировочных расчетов, когда неизвестны виды и количества выделяющихся вредных веществ.

Кратность воздухообмена K показывает сколько раз в час меняется воздух в помещении. Отсюда необходимый воздухообмен

$$L = K \cdot V \quad (30)$$

где L – воздухообмен, м³/час;

V – объем помещения, м³.

Величина K обычно составляет 1 – 10 (большие величины для небольших помещений).

Исходя из предыдущей формулы воздухообмен на 1-ом этаже здания

$$L_1 = 4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 6 = 2400 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Так как объем всех этажей одинаков, то $L_1=L_2=L_3=2400 \text{ м}^3/\text{час.}$

Далее необходимо определить суммарный коэффициент местных сопротивлений на каждом участке воздуховода. Исходя из схемы воздуховодов (рис.) сопротивление на 1-ом участке (1-ый этаж) и его длина составят:

$\xi=0,7$ (на вход);

$\xi=0,15 \cdot 2=0,3$ (поворот 90° с радиусом поворота $R=2d$); $l=36$ м;

для второго участка (второй этаж):

$\xi=0,15 \cdot 3=0,45$ (поворот 90° с радиусом поворота $R=2d$); $l=41$ м;

Принимаем скорость воздуха в воздуховоде $V=5$ м/с. Тогда диаметр по всей длине воздуховода определится по формуле

$$d_1 = 1,13 \left(\frac{L_1}{v_1} \right)^{0,5} = 1,13 \left(\frac{2400}{3600 \cdot 5} \right)^{0,5} = 0,4126 \text{ м} \quad (31)$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Принимаем из стандартного ряда диаметров $d=0,42$

Т.к. расход воздуха и его скорость одинакова по всей длине, то

$$d_1=d_2=0,42 \text{ м.}$$

Величина динамического давления также будет одинакова для всех участков

$$\frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} = \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2} = \frac{0,66 \cdot 5^2}{2} = 8,25 \text{ Па.} \quad (32)$$

Далее составляем таблицу расчетов.

Таблица №10

№ участка	l, м	$\Sigma \xi$	L, м ³ /час	d, мм	v, м/с	$\frac{\rho v^2}{2}$, Па	λ/d	$\frac{l \lambda}{d \Sigma \xi}$	p ₁ , Па	p, Па	Δp , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	36	1,15	2400	420	6	21,6	0,05 5	2,07	3,22	70	70
2	41	0,6	2400	420	6	21,6	0,05 5	1,23	1,83	40	40

В данном случае невязки давлений нет, т.к. рассматривается магистраль постоянного сечения (отводов нет).

Суммарная потеря давления по всей длине составит $\Sigma \Delta p = 70 + 40 + 43 = 153 \text{ Па.}$

Т.к. потеря давления в воздуховоде составляет $p > 100 \text{ Па}$, то необходимо применить центробежный вентилятор марки Ц470N4 с частотой вращения $n=960 \text{ об/мин}$ и КПД $\eta=0,76$.

Мощность э/дв необходимую для привода вентилятора определим по формуле

$$N_{э/дв} \geq \left(\frac{L}{1000} \cdot \eta_s \cdot \eta_n \right) K_3 \quad (33)$$

где η_s – КПД вентилятора (по напорно-расходной характеристике);

η_n – КПД передачи (передача напрямую через муфту)

K_3 – коэффициент запаса.

$\eta_n=1$.

$K_3=1,1$.

$$N_{\text{э/дв}} \geq \left(\frac{2400}{1000} \cdot 0,74 \cdot 1 \right) \cdot 1,1 = 2 \text{ кВт.}$$

Принимаем к установке э/дв марки А02-41-6 мощностью 3 кВт и с частотой вращения 960 об/мин.

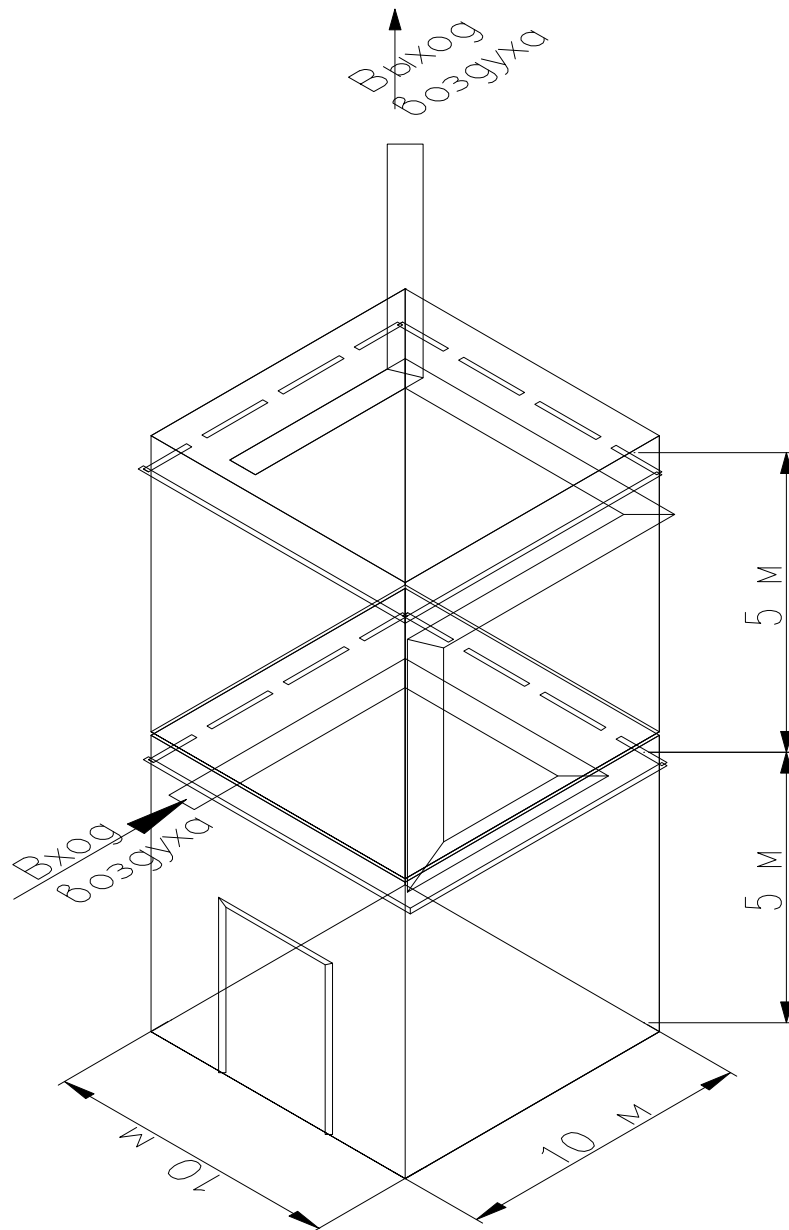


Рис. 8. Схема вентиляционной системы помещения цеха регенерации.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



3.3.4. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

Процесс воздействия сил и средств, а также использование методов и приемов для ликвидации пожара определяется по ГОСТ 12.1.003-81 ССБТ как тушение пожара.

Тушение пожара сводится к активному воздействию на зону горения для нарушения устойчивости реакции средствами пожаротушения. При возникновении пожара необходимо устранить условия, способствующие горению. Прекращение горения может быть достигнуто разными способами, а именно:

1. Охлаждение горящего вещества до температуры более низкой, чем температура воспламенения.
2. Прекращение доступа кислорода воздуха.
3. Удаление горящего вещества из среды горения.
4. Химическое торможение процесса горения с помощью специальных веществ.
5. Первичные средства пожаротушения применяются при ликвидации небольших загораний до прибытия пожарной команды.

К первичным средствам пожаротушения относятся ручные огнетушители, песок, асбестовое одеяло, подручные средства (носилки, вода, пар)

1. Огнетушители марки ОХВП-10 применяются при ликвидации небольших очагов загорания.

Запрещается тушить огнетушителем ОХВП-10 электрооборудование.

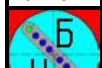
2. Огнетушители углекислотные типа ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 используются для тушения различных жидкостей и материалов, а также электрооборудования.
3. Сухой песок, асбестовое одеяло используется для тушения небольших очагов пожара.

Производство растворителей относится к категории взрывоопасных и пожароопасных объектов. По пожароопасности установка относится к кате-

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



гории «В», (Пожароопасные производства, обращающиеся в производстве вещества – это жидкости с температурой вспышки паров выше +61°С; горючие пыли и волокна.)[1].

Группа и категория взрывоопасности применяемых продуктов по ПЭУ-76.

Таблица №11

№	Наименование веществ, образующих взрывоопасную смесь с воздухом	Категория и группа взрывоопасной смеси
1.	Ацетон	IIА-ТI
2.	Фенол	IIА-ТI

Характеристика производственных помещений, наружных установок и отдельных видов оборудования по пожароопасности. Группа производственного процесса по санитарной характеристике.

Таблица №12

№	Наименования производства установки, от- деления производственного помещения	Категория пожарной опасности процесса (ОНП 24-86)	Степень огнестойкости зданий, сооружений	Классификация помещений и наружных установок		Группа производственных процессов по санитарной характеристике СНиП 2.09.04-87
				Класс помещений по ПЭУ	Категория и группа взрывоопасных смесей по ПЭУ ГОСТ 12.1.011-78	
1.	Аппаратный двор	Б	I	В-Гг	IIА-ТI	III-Б
2.	Будка КИП	А	I	В-Ia	IIА-ТI	III-Б

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-85 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования» здание операторной обеспечено первичными средствами пожаротушения:

1. внутренний пожарный кран-элемент внутреннего пожарного водопровода. Расположен на высоте 1,35м от пола на лестничной клетке у

входа, в коридорах. Пожарный кран снабжен рукавом диаметром 50мм длиной 20м. Производительность не менее 5л/с (2 крана*1помещение).

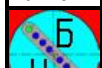
2. Огнетушители ручные химические пенные ОХВП-10. Количество не менее 4 штук, огнетушители углекислотные типа ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8. Количество не менее 2 штук.

С целью своевременного оповещения о возникновении пожара, вызова пожарных команд действует система пожарной связи и оповещения ЩИТ-1: охранно-пожарная сигнализация для оповещения пожарной охраны предприятия; диспетчерская связь, которая обеспечивает управление и взаимодействие пожарных частей со службами скорой помощи, милицией, снабжения установки электро- теплоэнергией, сырьем. Наряду с этими здание операторной снабжается электрической пожарной сигнализацией с кольцевой схемой подключения извещателей со станцией. На установке непосредственно монтируется ручная пожарная сигнализация. Ручные пожарные извещатели установлены на расстоянии до 150 м друг от друга. Ручные извещатели устанавливаются в здании операторной. Расстояние между ними не более 50м. Место установки извещателей необходимо освещать искусственным освещением.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

4.1. Оценка экономической эффективности модернизации ректификационной колонны разделения смеси ацетон –сырец – фенол - сырец.

Модернизация колонны должна обеспечить требуемую чистоту продукта (ацетон-сырец) в верхней части колонны.

Эта задача решается комплексом следующих мероприятий:

1. Осуществляется установка дополнительной царги в колонне с 5-ю дополнительными тарелками.

Для модернизации установки потребуются следующие капитальные вложения.

Согласно данным завода СК капитальные вложения будут составлять:

1. сумма на закупку дополнительных тарелок – $5 \cdot 190$ тыс руб.=950 тыс руб.
2. сумма на закупку материала для царги колонны – 30 тыс руб
3. Итого – 980 тыс руб

Себестоимость 1 тонны ацетона сырца повышенного качества составит – 7,1 т.р. (выход продукта с концентрацией не менее 98% ацетона – сырца).

Себестоимость 1 тонны ацетона сырца с концентрацией не менее 88 % ацетона – сырца составит – 6,3 т.р.

Количество выпускаемой продукции в год – 20512 тонн/год.

Эффект от модернизации будет заключаться в улучшении качества продукции.

Средства, полученные от улучшения качества продукта, составят

$$\text{Средства} = 7,1 - 6,3 = 0,8 \text{ тыс руб/тонну продукта};$$

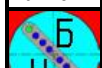
Годовая экономия от модернизации установки составит

$$\Delta C = 1,3 \cdot 20512 = 16,4 \text{ млн. руб/год.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Составим таблицу капитальных затрат на модернизацию установки

Таблица №13

№ п/п	Наименование затрат	Норма затрат		Примечание
		в %	в млн. руб	
1	Транспортные, заготовительно – складские работы	7	0,0686	От суммы капитальных вложений
2	Монтаж	30	0,294	
3	Технологические трубопроводы (включая монтаж)	15	0,147	
4	Контрольно – измерительные приборы	10	0,098	
5	Итого в млн. руб.	0,6076		

Годовой экономический эффект определяем по формуле

$$\mathcal{E}_z = \Delta C - E_n \cdot \Delta K \quad (34)$$

где ΔC – годовая экономия от модернизации установки регенерации растворителей, $\Delta C=26,67$ руб.

E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений. Для предприятий нефтехимической отрасли E_n принимается в пределах 0,2 – 0,33. Принимаем $E_n=0,2$.

ΔK – капитальные затраты на модернизацию установки регенерации.

$$\Delta K=0,6076 \text{ млн. руб.}$$

Годовой экономический эффект составит

$$\mathcal{E}_z = 16,4 - 0,2 \cdot 0,6076 = 16,3 \text{ руб.}$$

Определяем срок окупаемости

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta C} = \frac{0,6076}{16,4} = 0,037 \text{ года} \quad (35)$$

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

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



Заключение

Темой дипломного проекта является «Модернизация ректификационной колонны разделения смеси ацетон-сырец-фенол-сырец производительностью 20,5 тыс т/год ОАО «Завод СК».

Диплом состоит из 8 листов формата А1 и 109 листов пояснительной записки формата А4.

В проекте выполнены поверочный расчет ректификационной колонны для разделения смеси ацетон-сырец - фенол-сырец. Определены необходимые параметры колонны и количество дополнительных тарелок для достижения необходимого качества продукта.

Выполнены необходимые прочностные расчеты: расчет толщины стенки частей колонны толщины стенок эллиптической крышки и эллиптического днища.

В разделе «Технология машиностроения» предложена технология изготовления обечайки царги верхней части колонны для разделения смеси ацетон-сырец - фенол-сырец.

В разделе «Автоматизация производства» предложена функциональная схема автоматизации процесса разделения смеси ацетон-сырец - фенол-сырец.

В разделе «Охрана труда» выявлены опасные факторы производства и предложены методы и средства борьбы с ними. В качестве специального задания выполнен расчет вентиляции производственного помещения (операторной).

В разделе «Экономика» выполнены расчеты экономического эффекта от повышения качества выхода продукта в верхней части колонны. Рассчитан период окупаемости затрат на модернизацию установки.

В заключении дипломного проекта приведены список использованной литературы и приложение к чертежам проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков А.В, Кулаков М.В., Мелюшев Ю.К. Основы автоматизации и автоматизации химических производств. - М: Машиностроение, 1970. - 376 с.
2. Емельянов А. И., Капник О.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие по содержанию и оформлению проектов.- 3-е изд.. перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983.- 400 с
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков. А.А. Примеры и задачи по курсу Процессов и аппаратов химической технологии Л.: ГОСХИМИЗДАТ, 1961.-574 с.
4. Машины и аппараты химических производств. под ред. д-ра техн. наук, проф. И.И. Чернобыльского. 3-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1974.-456 с.
5. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химических технологий. - 2-е изд.- часть 1,2.-М.: Химия, 1995.-400 с, 367 с.
6. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химических технологий. - 2-е изд.- часть 1,2.-М.: Химия, 1995.-400 с, 367 с.
7. Михалев М.Ф. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов ВТУЗов / М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин / Под ред. М.Ф. Михалева. - Л.: Машиностроение, 1984. -301 с.
8. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
9. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп.- Л.: Машиностроение, 1970.- 752 с.
- 10.Калекин В.С., Ваняшов А.Д. Расчет и конструирование элементов тонкостенных сосудов и аппаратов химических производств.-Омск: 2001. –

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист

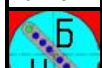


11. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. - М.: Машиностроение, 1992.- Т. 1. - 816 с., Т. 2. - 784 с., Т. 3. - 720 с.
12. Рудин М.Г. Карманный справочник нефтепереработчика. - Л.: Химия, 1989.-464 с.
13. Смурыгин Г.С. Ремонт аппаратурного оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. М.:Химия, 1988.-80с.
14. Фармазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Химия, 1971. – 296с.
15. Полтев М.К. Охрана труда в машиностроении. – М.: Высш. Школа, 1980.-294 с.
16. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении. М.: Машиностроение, 1983.-432 с.
17. Максимов Г.А. Отопление и вентиляция. Ч 2. Вентиляция. М.: Высш. Школа, 1968.-463 с.
18. Типовые технологические процессы изготовления оборудования в химическом машиностроении. М.: Химия, 1976.-323 с.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП-170500-03-000.ПЗ

Лист



ПРИЛОЖЕНИЕ

					ДП-170500-03-000.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		