

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 21 » 06 2016г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»

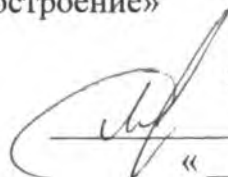
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ
СБОРКИ И СВАРКИ ЕМКОСТИ ПОД ГСМ

Пояснительная записка

Руководитель	 21.06.16 подпись, дата	ст. преподаватель должность, ученая степень	С.Л. Бусыгин инициалы, фамилия
Выпускник	 21.06.2016 подпись, дата		П.В. Иванов инициалы, фамилия
Рецензент	 подпись, дата	д.т.н. профессор должность, ученая степень	С.Н. Курявский инициалы, фамилия
Консультанты: Организационно- экономический раздел	 14.06.16 подпись, дата	ст. преподав. должность, ученая степень	Е.Е. Качуровская инициалы, фамилия
Раздел безопасность и экологичность проекта	 30.05.16 подпись, дата	доцент, к.т.н. должность, ученая степень	О.В. Чурбакова инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 21.06.16 подпись, дата	ст. преподаватель должность, ученая степень	С.Л. Бусыгин инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»



УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 21 » 06 2016г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
В ФОРМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Студенту Иванову П.В.
Группа ЗМТ 10-05 Направление (специальность) 150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»
Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологии и технологической оснастки для сборки и сварки емкости под гсм»
Утверждена приказом по университету № 4280/с от 29.03.2016
Руководитель ВКР: С.Л. Бусыгин, ПИ СФУ, Старший преподаватель
(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР: 1. Чертеж изделия; 2. Программа выпуска; 3. Технические условия на изготовление

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР)

1. Технологическая часть
2. Расчетно-конструкторская часть
3. Организационно-экономическая часть
4. Безопасность и экологичность проекта





Перечень графического или иллюстрированного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

1. Чертеж емкости (A1);
2. Технологический лист (2 A1);
3. Сварка продольного шва (A1);
4. Формирование ребер жесткости (A1);
5. Сварка днища и крышки (A1);
6. Приспособление (A2);
7. Тележка (A2);
8. Сварочная головка (A1);
9. Нижняя консоль (A1);
8. Техничко – экономические показатели (A1).

Консультанты по разделам

Наименование раздела ВКР	Инициалы, фамилия преподавателя-консультанта по разделу
Организационно-экономический раздел	Е.Е. Качуровская
Раздел безопасности жизнедеятельности и экологичности проекта	О.В. Чурбакова

ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ

Разраб.	Иванов			Разработка технологии и технологической оснастки для сборки и сварки емкости под ГСМ	Лист	Листов
Пров.	Бусыгин		21.06.16		2	91
Н. контр.	Бусыгин		21.06.16		ПИ СФУ	
Утв.	Демченко		21.06.16		Каф. «Машиностроение»	

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения этапов ВКР

№ этапа	Срок	Текстовая часть	Графическая часть
1	с 08.03.2016 по 15.03.2016	ТЧП - 50 %	лист № 1
2	с 16.03.2016 по 31.03.2016	КЧП – 50 % ТЧП – 40 %	лист № 2 лист № 3
3	с 01.04.2016 по 15.04.2016	КЧП – 50 % Б и ЭП – 40 % ОЭЧ – 25 % ТЧП – 10 %	лист № 4 лист № 5
4	с 16.04.2016 по 30.04.2016	Б и ЭП – 40 % ОЭЧ – 25 %	лист № 6 лист № 7 лист № 8
5	с 01.05.2016 по 25.05.2016	ОЭЧ – 50 %	лист №9
Всего	на 25.05.2016	100% по разделам	100%

ТЧП – технологическая часть

КЧП – конструкторская часть

Б и ЭП – безопасность и экологичность проекта

ОЭЧ – организационно-экономическая часть

Руководитель выпускной
квалификационной работы

С.Л. Бусыгин

_____ (подпись, дата)

Задание принял к исполнению

П.В. Иванов

_____ (подпись, дата)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа в форме дипломного проекта по теме: «Разработка технологии и технологической оснастки для сборки и сварки емкости под ГСМ» содержит 18 таблиц, 12 иллюстрации и 91 страниц печатного текста, количество использованных литературных источников 20, графическая часть проекта составляет 10 листов формата А1.

Пояснительная записка к проекту состоит из введения, четырех основных частей (технологическая часть, конструкторская часть, организационно-экономическая часть, безопасность и экологичность проекта), заключения и приложения.

В основных разделах содержатся результаты работы над проектом, произведены необходимые расчеты, приводятся иллюстрации. В заключении сделаны выводы по результатам работы над проектом.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	11
1.1 Описание конструкции.....	12
1.2 Описание материала.....	12
1.3 Технические требования к материалам.....	14
1.4 Технические условия на изготовление изделия.....	15
1.5 Заготовительные операции и оборудование.....	16
1.6 Технология сварки емкости под ГСМ.....	19
1.7 Расчет режимов сварки.....	24
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	32
2.1 Расчет элементов оснастки.....	33
2.1.1 Определение величины разжатия стенок изделия.....	33
2.1.2 Определение толщины стенки пневмоцилиндра.....	35
2.1.3 Проверочный расчет на срез и смятие штифта, соединяющего шток пневмоцилиндра и конус.....	35
2.1.4 Расчет пружины сжатия.....	37
2.1.5 Расчет пружины растяжения.....	39
2.2 Расчет сварочного трансформатора.....	41
2.2.1 Расчет индуктивного сопротивления вторичного контура машины X_B	41
2.2.2 Расчет сварочного трансформатора для контактной шовной машины МТ 2202 на $U_c = 380$ В.....	42
2.2.3 Электрический расчет.....	43
3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	65
3.1. Расчет нормы времени и фондов времени оборудования и рабочих.....	66
3.2 Расчет фондов времени.....	67
3.3. Расчет потребности в оборудовании и количестве рабочих.....	68
3.4 Расчет капитальных вложений по вариантам.....	69
3.5 Расчет текущих затрат.....	70
3.6 Затраты на обслуживание оборудования по вариантам.....	72
3.7 Расчет годового экономического эффекта.....	73
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	74
4.1 Общая характеристика проектируемого объекта с точки зрения безопасных условий труда.....	75
4.2 Объемно-планировочное решение здания проектируемого участка.....	76
4.3 Производственная санитария.....	76
4.3.1 Микроклимат производственных помещений.....	76
4.3.2 Освещение.....	77
4.3.3 Хозяйственно-питьевое водоснабжение.....	79
4.3.4 Выделение вредных веществ.....	79
4.3.5 Шум, инфразвук, ультразвук.....	81

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

4.4 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей технологического процесса.....	81
4.4.1 Опасность поражения электрическим током	81
4.4.2 Опасность травмирования движущимися частями машин и механизмов.....	84
4.4.3 Опасность термического ожога	84
4.4.4 Вибрация	84
4.5 Анализ и мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций	85
4.5.1 Предупреждение аварий технологического оборудования... ..	85
4.5.2 Обеспечение взрывопожарной безопасности	85
4.5.3 Обеспечение устойчивости объекта.....	85
4.6 Экологичность проекта.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
ЛИТЕРАТУРА	90
ПРИЛОЖЕНИЕ	91

ВВЕДЕНИЕ

Основные способы сварки связаны с нагревом металла в широком интервале температур и последующим охлаждением нагретых зон с различными скоростями. Такому тепловому воздействию на металл при сварке часто сопутствует влияние внешних усилий или сварочных напряжений. Эти факты в зонах сварных соединений металлов определяют протекание сложных структурных и фазовых изменений, имеющих определяющее значение для различных свойств: прочности, пластичности, вязкости, жаропрочности, коррозионной стойкости и др. структурные и фазовые превращения наряду с диффузионными процессами при сварке часто являются более сложными, чем при термической обработке металлов. В связи с этим металловедение, рассматривающее закономерности изменения состояния и свойств металлических сплавов разной природы и состава при различных условиях влияния внешних факторов – температуры, усилий, среды и др., является одной из основ сварки.

При сварке давлением соединение металлов может происходить в жидкой и твердой фазах. При этом виде сварки увеличивается роль и значение упругой и пластической деформации, создаваемой внешним усилием сдавливания металла зоны сварки.

Контактная зона сварного соединения при сварке металлов в твердой фазе формируется в сложных условиях, и для ее строения и свойств имеют значение установление металлической связи, рекристаллизация и диффузия.

Контактная сварка – это процесс образования неразъемных соединений конструкционных металлов в результате их кратковременного нагрева электрическим током и пластического деформирования усилием сжатия.

Соединение свариваемых деталей при контактной сварке (как и при других способах сварки) происходит путем образования связей между атомными агрегатами в зоне контакта этих деталей. При этом для образования физического контакта и активации соединяемых поверхностей затрачивается тепловая и механическая энергия, подводимая извне.

Известные способы контактной сварки классифицируют по ряду признаков:

- по технологическому способу получения соединений - точечная, рельефная, шовная, стыковая;
- по конструкции соединения (нахлесточное или стыковое);
- по состоянию металла в зоне сварки- с расплавлением металла и без расплавления;
- по способу подвода тока - одно- и двусторонняя;
- по роду сварочного тока и форме импульса тока (переменный - промышленной, повышенной и пониженной частоты, постоянный, униполярный - ток одной полярности с переменной силой в течение импульса);

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ				

- по числу одновременно выполняемых соединений - однотоочечная, многотоочечная, сварка одним или несколькими швами;
- по наличию дополнительных связующих компонентов (клея, грунта, припоя и др.);
- по характеру перемещения роликов при шовной сварке - непрерывная (с постоянным вращением роликов) или шаговая (с остановкой роликов на время сварки).

Точечная сварка – способ контактной сварки, при котором детали свариваются по отдельным ограниченным участкам касания (по ряду точек). При точечной сварке детали собирают внахлестку, сжимают усилием F электродами, к которым подключен источник электрической энергии (например, сварочный трансформатор). Детали нагреваются при кратковременном прохождении сварочного тока $I_{св}$ до образования зоны взаимного расплавления деталей, называемой ядром. Нагрев зоны сварки сопровождается пластической деформацией металла в зоне контакта деталей (вокруг ядра), где образуется уплотняющий пояс, надежно предохраняющий жидкий металл от выплеска и окружающего воздуха. Поэтому специальной защиты зоны сварки не требуется. После включения тока расплавленный металл ядра быстро кристаллизуется, и образуются металлические связи между соединяемыми деталями. Таким образом, образование соединения при точечной сварке происходит с расплавлением металла.

Нагрев при точечной сварке проводят импульсами переменного тока промышленной частоты 50 Гц (реже повышенной частоты 1000 Гц), а также импульсами постоянного или униполярного тока.

По способу подвода тока к свариваемым деталям различают двустороннюю сварку. В первом случае электроды подводят к каждому из деталей, а во втором – к одной из деталей. Для повышения плотности тока в точках касания деталей нижнюю деталь прижимают к медной подкладке, которая одновременно выполняет роль опоры.

Чаще всего за цикл сварки получают одну точку (однотоочечная сварка) и реже одновременно две и более точек (многотоочечная сварка). Иногда при точечной сварке применяют комбинированные соединения (клеесварные и сварно-паяные). Клей и припой вводят под нахлестку для повышения прочности и коррозионной стойкости соединений.

Рельефная сварка – одна из разновидностей точечной сварки. При этом на поверхности одной из деталей предварительно формируют выступ – рельеф, который ограничивает начальную площадь контакта деталей, в результате чего при сварке в этой зоне повышаются плотность тока и скорость тепловыделения. При нагреве рельеф постепенно деформируется; на определенной стадии процесса сварки формируется ядро, как при обычной точечной сварке. Часто на поверхности детали выполняют несколько рельефов или один протяженный выступ замкнутой формы, например, в виде

						Лист
					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

кольца. Прохождения сварочного тока получают одновременно несколько точек или плотный непрерывный шов (рельефная контурная сварка).

Шовная сварка – способ получения герметичного соединения (шва) путем образования ряда перекрывающихся точек. Подвод тока и перемещение деталей осуществляют с помощью вращающихся дисковых электродов – роликов. Как и при точечной сварке, детали собирают внахлестку и нагревают кратковременными импульсами сварочного тока. Перекрытие точек достигается соответствующим выбором паузы между импульсами тока и скорости вращения роликов. В зависимости от того, вращаются ролики непрерывно при сварке шва или останавливаются на время прохождения сварочного тока, различают непрерывную и шаговую сварку. Шаговая сварка отличается относительно небольшой производительностью, однако при этой сварке уменьшается скорость износа рабочей поверхности роликов и вероятность образования дефектов шва (трещин, раковин) по сравнению с непрерывной сваркой, когда прохождение сварочного тока и кристаллизация литого ядра осуществляются при вращающихся роликах.

Известны некоторые разновидности шовной сварки – односторонняя, многошовная (одновременная сварка нескольких швов на одной машине), шовно-стыковая сварка.

Стыковая сварка – способ контактной сварки, когда детали соединяются по всей площади касания (по всему сечению). Детали закрепляют в токоподводящих зажимах, один из которых зажим подвижный и соединен с приводом усилия сжатия машины. По степени нагрева металла торцов деталей различают стыковую сварку сопротивлением и оплавлением.

Точечную и роликовую электросварку используют для получения неразъемных соединений из современных конструкционных металлов (низко- и среднелегированных сталей, коррозионно-стойких, теплостойких и жаропрочных сталей и сплавов, а также сплавов титана и некоторых медных) толщиной 0,3 – 3 мм при изготовлении ответственных конструкций, работающих в условиях повышенных температур, агрессивных сред и динамических нагрузок. Поэтому к точечным и роликовым сварным соединениям деталей предъявляются повышенные требования по надежности и стабильности качества.

Сварка емкости под горюче-смазочные материалы производится механизированной сваркой в CO_2 . Известно, что недостатком механизированной сварки является низкая производительность процесса. Контактной шовной сваркой можно добиться высокой производительности.

В данной работе разрабатывается технология и технологическое оборудование для контактной шовной сварки емкости под горюче-смазочные материалы.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1.1 Описание конструкции

Емкость под горюче-смазочные материалы (бочка), изготовление которой рассматривается в данной выпускной квалификационной работе в форме дипломного проекта, предназначена для хранения и транспортировки горюче-смазочных материалов (бензин, керосин, масло, и т.д.).

Для изготовления емкостей под ГСМ используют коррозионностойкую жаропрочную высоколегированную сталь марки 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72.

Емкость под горюче-смазочные материалы (рисунок 1.1) состоит из: Основания 1; крышки 2; днища 3; ребер жесткости 4.

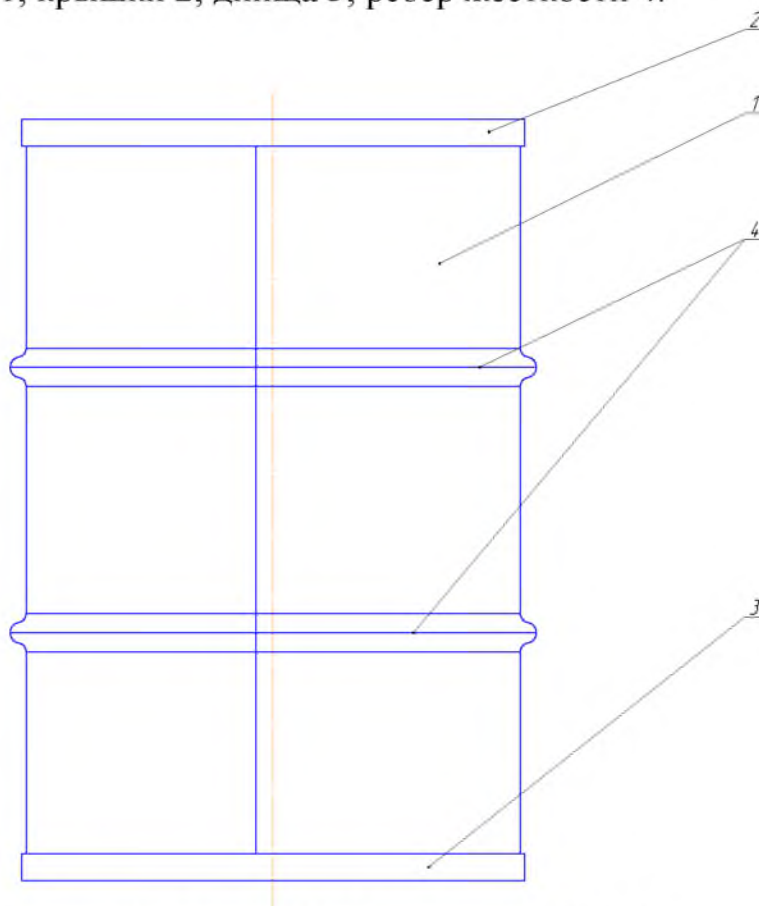


Рисунок 1.1 – Емкость под ГСМ

1.2 Описание материала

Исходя из условий эксплуатации изделия, а также взаимодействия его с агрессивными коррозионными средами, в качестве материала для изготовления емкостей под горюче-смазочные материалы используют коррозионностойкую жаропрочную высоколегированную сталь марки 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72.

Это хромоникелевая сталь аустенитного класса, такие стали известны в мировой практике под наименованиями стали типа 18-10 (содержание примерно 18% хрома и 10% никеля). Основным элементом, обеспечивающим

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

высокую коррозионную стойкость сталей типа 18-10, является хром, обеспечивающий способность стали к пассивации. Присутствие хрома в стали в качестве 18% делает сталь стойкой во многих средах окислительного характера, в том числе в азотной кислоте в широком диапазоне концентраций и температур. Благодаря наличию в стали никеля в количестве 9-12% обеспечивается аустенитная структура, что гарантирует высокую технологичность стали в сочетании с уникальным комплексом служебных свойств. Это дает возможность использовать стали типа 18-10 в качестве коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных материалов.

В сталях данного типа в зависимости от температурно-временных условий обработки могут происходить следующие фазовые превращения: выделение избыточных карбидных фаз и σ -фазы при нагреве в интервале 450-900⁰С образование в аустенитной основе феррита при высокотемпературном нагреве (более 1200⁰С); образование α -фазы мартенситного типа при охлаждении или холодной пластической деформации.

Легированием титаном, как сильным карбидообразующим элементом достигается высокая стойкость стали марки 12X18H10T имеет химический состав по ГОСТ 5632-72.

Сталь имеет первый балл стойкости ($v_{кр}$ до 0,1 мм\год) в 65 и 80-процентной азотной кислоте при температурах соответственно до 85 и 65⁰С, 100-процентной серной кислоте при температуре до 70⁰С.

Таблица 1.1 - Химический состав стали марки 12X18H10T

Содержание элементов, %								
С, не более	Si, не более	Mn, не более	Cr	Ni	Ti	Mo	S, не более	P, не более
0,08	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,5 - 0,7	-	0,020	0,035

Смесь азотной и серной кислот (25% HNO₃, 70% H₂SO₄; 10% HNO₃+60% H₂SO₄) при 60⁰С, 40%-ной фосфорной кислоты при 100⁰С.

Таблица 1.2 - Механические свойства листового проката стали 12X18H10T

Временное сопротивление σ_B , Н\мм ²	Предел текучести σ_T , Н\мм ²	Относительное удлинение σ_{10} , %	Ударная вязкость КС v , дж\см ²
510	205	43	59

Высоколегированные хромоникелевые стали, такие как сталь марки 12X18H10T проявляют повышенную чувствительность к термическому циклу сварки. Нагрев такого металла при сварке в определенной области температур способствует образованию карбидов хрома, выпадающих в основном вблизи границ зерен. Раствор в этом месте обедняется не только

углеродом, но и хромом. Неоднородность состава в случае воздействия коррозионной среды способствует развитию коррозии от поверхности внутрь металла по границам зерен. Поэтому сварку нужно вести с минимальным тепловложением, так как с увеличением погонной энергии возрастает склонность металла зон сварного соединения к росту зерна, изменению фазового состава, появлению микротрещин и падению пластичности.

Свариваемость легированных сталей оценивают пользуясь диаграммой Шеффлера. В данном случае пользуясь диаграммой Шеффлера. В данном случае сталь 12Х18Н10Т толщиной 1,7 мм обладает хорошей свариваемостью и не нуждается в дополнительной термообработке.

1.3 Технические требования к материалам

Технические требования применяемые к листовому прокату стали 12Х18Н10Т:

Химический состав стали марки 12Х18Н10Т должен соответствовать ГОСТу 5632-72

В листах не должно быть следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений и пузырей.

По виду и качеству поверхности листы должны соответствовать требованиям указанным в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Технические требования на листовую сталь марки 12Х18Н10Т

Марка стали	Группа поверхности	Условные обозначения	Состояние материала	Характеристики а поверхности	Наименование допустимых дефектов поверхности	Максимальная глубина залегания дефектов
12Х18Н10Т	2	М2б	Горячекатаная термически обработанная	Серебристо-матовая или блестящая, без пузырей, вздутий, трещин, окалины, плен, раскатанных пузырей	Рябизна, царапины, забоины, отпечатки, риски, раскатанные отпечатки	Глубина, не выводящая лист за предельные отклонения

Листы из стали марки 12Х18Н10Т не должны обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.

Также требуется обязательное наличие сертификата на листовую прокат, поставляемый для изготовления изделий из данной стали. В

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

сертификате указывается качество материала, номер партии, химический состав механические свойства.

Далее материал должен пройти входной контроль, который осуществляется спектральным методом.

Также перед отправкой в производство металл подвергают различным испытаниям.

Отбор проб для определения химического состава стали – по ГОСТ 7565-81. Химический состав определяют по ГОСТ 20560-81, ГОСТ 12344-88, ГОСТ 12345-88, ГОСТ 12346-88.

Качество поверхности проверяют без применения увеличительных приборов.

Измерение толщины листов и неплоскостности производят по ГОСТ 19903-74 и ГОСТ 19904-74 Размеры и форму листов проверяют измерительным инструментом, обеспечивающим необходимую точность измерения.

Отбор и подготовку проб для механических испытаний производят по ГОСТ 7564-73 поперек направления прокатки.

Шероховатость поверхности определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 2789-73 профилографом-профилометром по ГОСТ 19300-86 или в сравнении с рабочими образцами.

При приемке каждая партия листовой стали должна состоять из металла одной плавки, одного состояния материала, одной толщины и одного режима термообработки. В одну партию могут быть объединены листы, отличающиеся по толщине не более 40%. Контролю поверхности подвергают все листы партии а также все листы подвергают контролю неплоскостности и размеров.

Не допускается загрязненность стали неметаллическими включениями.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей повторные испытания проводят на выборке, отобранной по ГОСТ 7566-81.

1.4 Технические условия на изготовление изделия

1. Бочки должны изготавливаться в соответствии с требованиями настоящего стандарта по чертежам, утвержденным в установленном порядке.

2. Обечайка, днища и другие детали бочки должны изготавливаться из цельных заготовок. Обечайка должна иметь один продольный шов, выполненный контактной шовной или электродуговой сваркой.

3. Соединение днищ с обечайкой закатных бочек должно быть выполнено закатным швом с уплотнителем, не вступающим в реакцию с упаковываемым продуктом. Допускается герметизация закатного шва контактной роликовой сваркой без применения уплотнителя.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

4. Толщина закатного шва должна быть не более, чем на 0,2 мм больше пяти слоев основного материала.

5. Швы сварных соединений, выполненные контактной электросваркой, должны соответствовать ГОСТ 15878—79, выполненные дуговой сваркой в защитном газе ГОСТ 14771-79.

6. При соединении горловины с днищем завальцовкой размеры и формы фланца горловины и выштамповок в днище должны исключать проворот горловины.

7. Бочки должны быть герметичными при внутреннем избыточном давлении 0,05 МПа.

8. Бочки должны быть прочными. При падении заполненной бочки с высоты 1,2 м не должна нарушаться ее герметичность.

1.5 Заготовительные операции и оборудование

При поступлении на завод листовой прокат подвергается входному контролю по ГОСТ 24297-87, сортируется по толщине, маркам и уложен в штабеля на прокладках, расстояние между которыми выбирается таким образом, чтобы уложенный профиль не имел остаточных деформаций (прогибов). Прокат хранится в условиях исключаяющих снижение его качества, появление не допускаемых деформаций. До запуска в производство и перед правкой прокат очищается от ярко выраженных загрязнений, окалин и ржавчины механическим путем. Прокат с дефектами в виде расслоений, трещин, для изготовления металлоконструкций не допускается.

1) Правка проката

Правка листового проката производится в холодном состоянии. Правка производится на листопрямительной машине типа МЛЧ 1725.

Она состоит из нижней станины и ползуна, соединенных четырьмя колоннами, и механизма нажима. В нижней станине и ползуне на подшипниках качения смонтированы рабочие и опорные рамки. Для обеспечения механизированной задачи листа и улучшения качества правки установлены задающие ролики. Рабочие и задающие ролики приводятся во вращение электромеханическим приводом. Механизм нажима обеспечивает параллельную и наклонную настройку верхних рабочих роликов на заданную толщину листа. Расстояние между верхними и нижними рабочими роликами во время настройки фиксируется по показанию приборов.

В таблице 1.4 отражена техническая характеристика листопрямительной машины типа МЛЧ 1725.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

Таблица 1.4 – Техническая характеристика листопрямительной машины типа МЛЧ 1725.

Параметры	Характеристики
Размеры обрабатываемых листов, мм	
толщина	4-21
ширина	до 2650
Скорость правки, м/мин.	9
Рабочие ролики:	
число	9
диаметр, мм	230
длина, мм	2800
шаг, мм	250
Мощность электродвигателя привода рабочих роликов, кВт	60
Габаритные размеры, мм	
длина	10567
ширина	2800
высота	4353
Масса, т	97

2) Очистка

Для очистки от окалины и ржавчины листового и профильного проката, а так же длинномерных заготовок из черных металлов применяем установку дробеметной очистки типа «Буран 5М».

После завершения каждой из операции (заготовительных работ) необходимо предъявлять выполненный объем работ контроллеру ОТК. Затем нужное количество заготовки отправляют (на общий склад) в сборочно-сварочный цех.

В таблице 1.5 отражены технические характеристики установки дробеметной очистки типа «Буран 5М».

Таблица 1.5 – Технические характеристики установки дробеметной очистки типа «Буран 5М».

Параметр	Размеры
Размеры обрабатываемых деталей, мм:	
- по сечению	800×1600 500
- по длине	3000-12000
Обработка поверхности, мкм	15-50
Дробеметный барабан:	
- количество, шт.	8
- потребляемая мощность, кВт	8×11
- расход дроби, кг/мин	8×200
Входные и выходные рольганги:	
- грузоподъемность, кг/м	1000
- рабочая скорость, м/мин	0,4-4
Объем отсасываемого воздуха, м ³ /час	15300
Циркуляция дроби, тонн/час	96
Общая потребляемая мощность, кВт	137
Габаритные размеры, мм	26400×4105×6030

3) Разметка – при необходимости разметка осуществляется на разметочном столе, а в остальных случаях это не нужно, т.к. при механической резке листового проката мы используем ножницы. Размеры в этом случае выставляются по месту реза с помощью упоров.

4) Для механической резки листового проката используем ножницы НА 3121 кривошипные листовые с наклонным ножом. Ножницы оснащены механизированным задним упором с приводом от электродвигателя постоянного тока с тиристорным преобразователем. Скорость перемещения упора регулируемая. Для управления приводом заднего упора введено устройство цифровой индикации, что позволяет предварительным набором на пульте управления задавать до девяти положений заднего упора, в любое из которых задний упор может быть установлен автоматически. Зазор между ножами регулируется изменением угла наклона ножевой балки. Регулировка зазора механизирована и осуществляется с пульта управления. Разрезаемый лист прижимается к столу ножниц гидравлическими прижимами.

В таблице 1.6 представлена техническая характеристика ножниц НА 3121.

Таблица 1.6 - Техническая характеристика ножниц НА 3121

Параметр	Характеристики
Наибольшие размеры разрезаемого металла При $\sigma_B = 500$ МПа, мм: толщина ширина	16 3150
Частота хода подвижного тока, мин ⁻¹ : холостых рабочих при резке больших листов	32 10
Угол наклона подвижного ножа, °	2
Наибольшее усилие реза, кН	900
Усилие прижима листа, кН	240
Наибольшая ширина полосы, отрезаемой по заднему упору, мм	1000
Скорость перемещения заднего упора, м/мин.	0-3,6
Дискретность отсчета устройства цифровой индексации, мм	0,1
Давление воздуха в сети, МПа	0,45
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	27,85
Габаритные размеры без приставного оборудования, мм: слева направо спереди назад высота над уровнем пола	4670 2350 2240
Масса без приставного оборудования, кг	20380

6) Для формирования обечаек используется четырехвалковая листогибочная машина типа ИБ 2426

Таблица 1.7 - Техническая характеристика четырехвалковой листогибочной машины типа ИБ 2426

Параметр	Характеристики
Номинальное усилие прессы, кН	20000
Усилие при наибольшем эксцентриситете, кН	10000
Ход подвижной траверсы, мм	500
Размеры рабочей поверхности подвижной траверсы, мм	800x2600
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1800x2600
Скорость перемещения подвижной траверсы, мм/с: рабочий ход холостой ход обратный ход	8 75 65
Скорость подачи листа, мм/с: на первой ступени на второй ступени на третьей ступени	100-150 250-350 400-500
Усилие подъемника, кН	400
Высота подъема листа над уровнем стола, мм	40
Скорость подъема листа, мм/с	80
Рабочее давление жидкости, МПа	25
Открытая высота прессы, мм	500
Высота прессы над уровнем пола, мм	4000
Общая высота прессы, мм	7000
Габаритные размеры, мм	12330x7000
Масса, кг	230000

1.6 Технология сварки емкости под ГСМ

1) Подготовка к сварке продольного шва

Полученную обечайку зажимаем прижимами с нахлесткой листов 10 мм. Нахлест выставляется с помощью двух боковых винтовых прижимов.

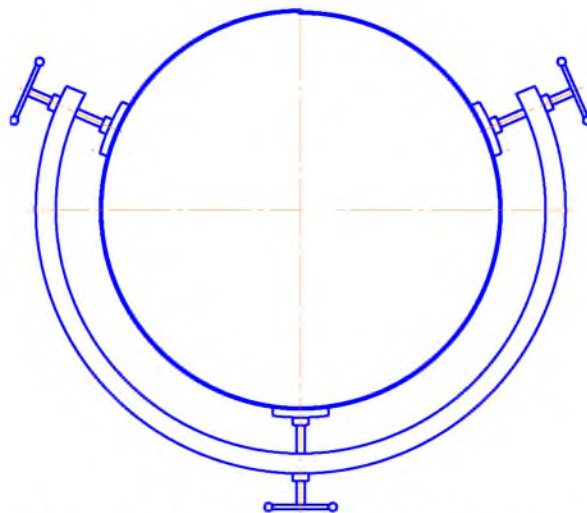


Рисунок 1.2 – Подготовка к сварке

2) Сварка продольного шва

Для сварки продольного шва используем контактную сварочную машину типа МШ 2202. Машина предназначена для электрической контактной шовной сварки деталей.

Машина должна эксплуатироваться в закрытом помещении на высоте 1000 м над уровнем моря. При температуре окружающего воздуха от +1 до +35°C, относительной влажности воздуха не более 80% и температуре охлаждающей воды не выше +30°C.

Технические характеристики контактной шовной машины МШ 2202

Номинальная продолжительность включения, %	20
Номинальный сварочный ток, кА	20
Число ступеней регулирования вторичного напряжения	8
Пределы регулирования вторичного напряжения, В	5,2-10,4
Раствор, мм:	
- номинальный	270
- максимальный	370
Номинальный первичный ток, А	220
Габаритные размеры, мм	2295*550*2200

Устанавливаем зафиксированную прижимами обечайку на ролики нижней консоли (рисунок 1.3). При первом нажатии на педаль верхний ролик опускается и сжимает детали. При втором нажатии на педаль включается сварочный ток и электродвигатель контактной машины, посредством ременной передачи вращается редуктор, тем самым вращая карданную передачу и сварочный ролик. При третьем нажатии на педаль сварочный ток выключается, ролик поднимается. Режимы сварки: $I_{св}=7$ кА, $t_{св}=0,02$ с, $V_{св}=1,4$ см/с.

Во время сварки следить за точным перемещением по линии сварки изделия.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

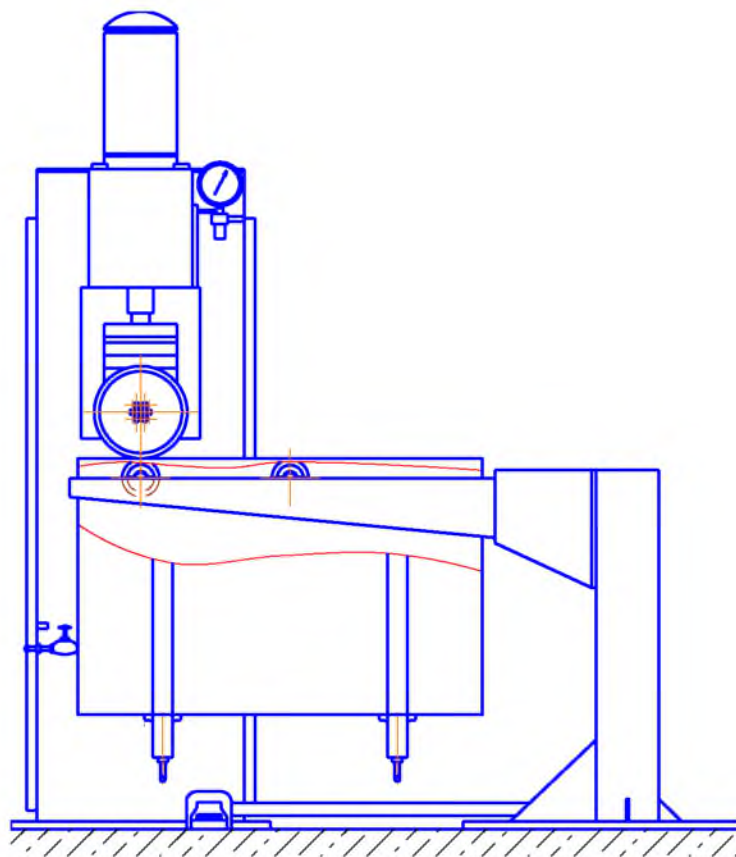


Рисунок 1.3 – Сварка продольного шва

3) Формирование ребер жесткости

Заготовку размещают между формообразующими инструментальными блоками (рисунок 1.4), центруют относительно оси подачи силовых элементов. Инструментальные блоки выполненные в виде суппортов 3, каждый из которых включает корпус 4, в котором по оси 5 инструментальных блоков 3, неподвижно установлена гильза 6, снабженная подшипниками скольжения 7. В подшипниках 7 установлена втулка 8 с направляющими элементами 9, в которых установлена штанга 10. На переднем конце втулки 8 закреплена гильза 11, снабженная фланцами 12 и 13. На наружной цилиндрической поверхности гильзы 11, снабженной резьбой, установлена гайка 14, зафиксированная в отрегулированном положении контргайкой 15. На гайке 14 неподвижно установлена матрица 16, снабженная кольцевым формообразующим пазом. На переднем конце штанги 10 закреплен конус 18. Фланец 12 шпильками соединен с корпусом, в котором перпендикулярно оси выполнены пазы. В них установлены пуансоны 19, снабженные роликами 20, подпружиненные к конусу 17 упругими элементами. Рабочая поверхность пуансонов 19 выполнена по форме зигов, профилируемых на поверхности заготовки, имеющей форму полого барабана. Механизм линейного перемещения втулки выполнен в виде пары силовых цилиндров, установленных в корпусе 4 симметрично оси. Механизм 22 линейного перемещения штанги 10 выполнен в виде силового цилиндра 23, корпус 24 которого винтами 25 прикреплен к заднему торцу

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ					

втулки 8, а шток 26 посредством муфты 27 жестко соединен с задним концом штанги.

При выдвигении штоков цилиндров втулки перемещаются в подшипниках к центру заготовки. При этом закрепленные в гильзах корпуса входят в барабан, а установленные на гайках матрицы перемещаются к краям барабана. При дальнейшем перемещении втулок края барабана заходят в формообразующие пазы матриц, которые фиксируют конструкцию. Пуансоны перемещаются на позиции зиговки ребер жесткости.

При выдвигении штоков силовых цилиндров штанги перемещаются в направляющих элементах. Конусы закрепленные на передних концах штанг, воздействуют на ролики, которые перемещают пуансоны в пазах перпендикулярно оси от центра заготовки к ее цилиндрической поверхности. Пуансоны своими рабочими поверхностями зигуют поверхность заготовки. При возвратном ходе штоков пуансоны возвращаются в исходное положение упругими элементами.

При втягивании штока в корпус силового цилиндра рычаги разводятся и перемещают ролики и установленный на них барабан вниз. При этом бурты барабана отходят от упоров. После съема изготовленного корпуса бочки с роликов и установки на них очередной заготовки цикл работы устройства повторяется.

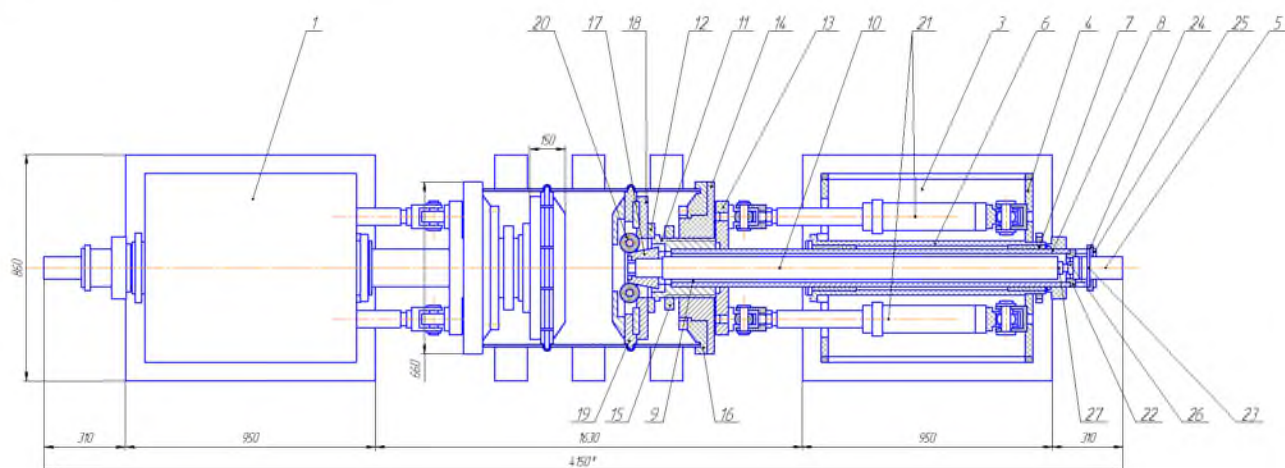


Рисунок 1.4 – Формирование ребер жесткости

4) Приварка крышки и днища

После формирования ребер жесткости, производим приварку днища и крышки на контактной шовной машине типа МШ 2202. Устанавливаем обечайку на тележку, после чего вставляем днище, подводим конструкцию к сварочным роликам и нажимаем на педаль. При сварке конструкция вращается на роликах тележки. Точки получаемые при сварке перекрывают друг друга, в результате этого шов получается герметичным.

После приварки днища, конструкцию разворачиваем и вставляем крышку, и повторяем цикл сварки как при приварке днища.

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ					

Режимы сварки: $I_{св}=12,3$ кА, $t_{св}=0,05$ с, $V_{св}=1$ см/с.

5) Приварка горловины

Устанавливаем конструкцию в вертикальном положении, вставляем горловину и обвариваем по замкнутому контуру механизированной сваркой в CO_2 полуавтоматом ПДГО-511 с выпрямителем ВД-506 ДК.

Режимы сварки: $I_{св}=160$ А, $U_{д}=26$ В, газ CO_2 , проволока Св 04Х19Н11МЗ Ø 1,6 мм.

Технические характеристики ПДГО-511

Тип разъема горелки	KZ-2
Напряжение питания, В	27
Частота, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А	500
Номинальное сварочное напряжение, В	50
Номинальный режим работы (ПВ) при цикле 5 мин., %	60
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-500
Диаметр стальной сплошной проволоки, мм	1,2-2,0
Мощность электродвигателя подающего механизма, Вт	145
Пределы регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	120-1100
Габаритные размеры, мм	640x250x410
Масса, не более, кг	18

Технические характеристики ВД-506 ДК

Напряжение питающей сети, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ,%)	500(60)
Номинальное рабочее напряжение, В	50
Напряжение холостого хода, В не более	85
Пределы регулирования тока, А	60-500
Пределы регулирования рабочего напряж., В.	18-50
КПД, % не менее	75
Габаритные размеры, мм	750x605x950
Масса, кг	250

6) Контроль качества

Качество продукции согласно ГОСТ 15467 – 70 есть совокупность свойств продукции, обуславливающих её производительность удовлетворять определенным требованиям в соответствии с её назначением.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

В целом внешние и внутренние признаки сварного соединения определяют качество сварного шва.

Внешний осмотр свариваемых соединений производим путем осмотра их через лупу 10 – кратного увеличения. Визуальный осмотр позволял выявить внешние и внутренние выплески металла.

Отпечатки на поверхности шва определяем профилографом. При сварке отпечатки по поверхности шва имели равномерную чешуйчатость и постоянную величину. Ограниченная полоска цветов побежалости на поверхности трубы не является дефектом сварки.

Сильные потемнения и окисления поверхности свидетельствует о чрезмерном сварочном токе и недостаточном охлаждении зоны сварки. В этом случае можно наблюдать и чрезмерные выплески под электродами.

При внешнем осмотре контролировались зазоры между нахлесточными соединениями металла. Отклонения этих размеров не должно превышать $\pm 5\%$.

После визуального контроля, испытать конструкцию на герметичность воздухом с нанесением на швы мыльного раствора давлением 0,5 МПа (5 кгс/см) в течении 10 минут.

1.7 Расчет режимов сварки

При точечной и шовной сварке возможности управления термомодеформационным циклом разнообразны, например, путем варьирования режимов сварки на стадиях нагрева и охлаждения, что ведет к минимуму влияние сопутствующих процессов — изменения структуры и свойств исходного материала, образования остаточных напряжений, износа рабочей поверхности электродов и т. п.

Основные параметры режима: на стадии нагрева — сварочный ток, время его протекания и сварочное усилие; на стадии охлаждения — усилие проковки и время его приложения. Значения параметров могут оставаться постоянными или изменяться на каждой стадии по определенной программе и зависят в первую очередь от свойств свариваемого металла и его толщины. В частности, при увеличении толщины деталей растут диаметр ядра (ширина шва) и, естественно, значения всех параметров также возрастают.

Сварочный ток $I_{св}$ пропорционален $(P_T t_{св})^{-0,5}$ и максимален при сварке металлов с низким удельным сопротивлением — сплавов на основе алюминия, меди и магния. На жестких режимах (малое $t_{св}$) $I_{св}$ больше, чем на мягких режимах (большое $t_{св}$). В ряде случаев приводят среднюю плотность тока $j = 4I_{св} / (\pi d_K^2)$. Так, при сварке сталей $j \approx 0,2 \div 0,4$ кА/мм², алюминиевых сплавов 1,0—3,0 кА/мм². Зависимость $I_{св}$ от s представляется либо в форме $I_{св} = k_1 s^{0,5}$ или $I_{св} = k_1'' s$. Например, для сталей $k_1 \approx 6$ кА/см^{0,5}, для сплавов алюминия — 25,5. Ориентировочно ток сварки может быть рассчитан по уравнению теплового баланса или в результате решения на ЭВМ обратной

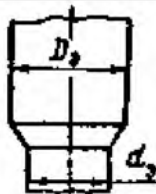

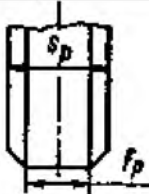

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ				

термодеформационной задачи при условии получения ядра заданных размеров.

Время сварки определяется теплопроводностью и сопротивлением деформации свариваемого металла.

Кроме параметров режима, заметно влияют на свойства соединений форма и размеры рабочей поверхности электродов (таблица 1.8). Для высокопрочных металлов и сплавов, сплавов алюминия и магния, чувствительных к массопереносу в контакте электрод—деталь и свариваемых на больших токах, рекомендуются электроды со сферической рабочей поверхностью. Однако в процессе эксплуатации на сфере появляется площадка, составляющая 50—70 % $d_{\text{ном}}$. Для металлов и деталей малых толщин рекомендуют электроды с плоской рабочей поверхностью.

Таблица 1.8 - Размеры электродов и роликов, мм (ГОСТ 14111-77)

Толщина детали, мм	Размеры электродов			Размеры роликов		
						
	D_3	d_3	R_3	S_p	f_p	R_p
0,5	12	4	25—50	8	4	25—50
0,8	12	5	50—75	10	5	50—75
1,0	12	5	75—100	10	5	75—100
1,5	16	7	100—150	12	7	100—150
2,0	20	8	100—150	15	8	100—150
3,0	25	10				
4,0	25	12				

* При сварке алюминиевых сплавов D_3 увеличивают на 25 %, S_p - на 20 -50% и выбирают большие значения R_3 , R_p .

Указанный подход к выбору значений параметров режимов можно представить как статический с целью получения точек удовлетворительного качества, но ограниченного количества без учета воздействия на процесс разных случайных и направленных (прогнозируемых) возмущений. В последнее время наметился другой — динамический подход, основанный на анализе устойчивости процесса сварки. Условие устойчивости определяется, например, малой вероятностью (0,5 или 1 %) появления непроваров (d_{min}) и выплесков (d_{max}). Однако при ухудшении, например, состояния поверхности деталей из сплавов алюминия - после длительного хранения возрастает $d_{\text{ном}}$ и снижается d_{max} , что резко повышает вероятность выплеска. Для предупреждения этого дефекта рекомендуется использовать повышенные

усилия для расширения границ d_{\max} . При сварке сталей отмечается износ электродов (увеличение площади рабочей поверхности), что приводит к уменьшению плотности тока и появлению непроваров. В этом случае целесообразно повышать $d_{\text{ном}}$, например, за счет увеличения тока или времени сварки. Поэтому при выборе режимов рекомендуется проверить их на устойчивость, изменяя ток и сварочное усилие, моделируя изменения состояния поверхности деталей и т. п.

Расчет режимов шовной сварки

Для шовной сварки так же, как и для точечной, в результате многолетней производственной практики отработаны некоторые границы основных режимных показателей. Речь идет всегда о силе тока I , времени включения импульса $t_{\text{м}}$, времени паузы между импульсами $t_{\text{п}}$, силе сжатия электродов P и линейной скорости наложения шва v . Принцип технологического подобия был показан ранее посредством критерия $K_{\text{ш}}$. Выбор сварочного (вторичного) тока также рекомендовался по формуле типа. В дальнейшем для точечной сварки эта формула получила численные коэффициенты: минимальный 120, максимальный 170. Для шовной сварки время включения тока меньше, чем для точечной. По этой причине в формуле для шовной сварки нужно применять максимальное значение коэффициента.

Скорость шовной сварки также отработана на практике для разных толщин и металлов. Для предельной толщины $3 + 3$ мм линейная скорость сварки для всех металлов практически одинакова и близка к $0,7$ см/с. Изменение скорости для других, меньших толщин и металлов разной электропроводности и теплоемкости представлено графиками, приведенными на рисунке 1.5. Кривые не являются физическими абсолютными; относительно численных значений скоростей можно допускать изменения до $\pm 20\%$.

Поскольку для шовной сварки силу токов выбирают большую, чем в среднем для точечной, длительность импульса времени его включения делают относительно более короткой, то критерий практически равен $K_{\text{ш}} = 90 \div 150$.

Электрическое сопротивление зоны сварки представляет собой участок металла, находящегося между электродами на конечной стадии процесса сварки.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

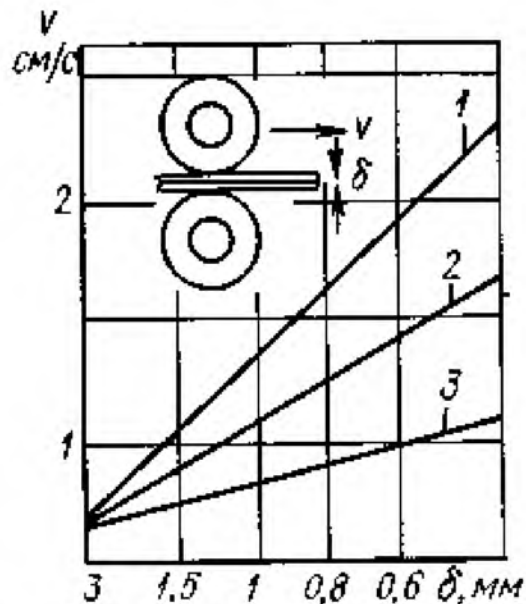


Рисунок 1.5 - Графики линейной скорости шовной сварки в зависимости от толщины металла для стали Ст3 (кривая 1) коррозионно-стойкой и титана (2), алюминиевого сплава АМг и латуни Л62 (кривая 3).

За цикл сварки R_d снижается в несколько раз. Так, при сварке жаропрочных сталей R_d уменьшается с 300 – 500 («холодное» сопротивление) до 100 – 150 мкОм, при сварке алюминиевых сплавов с 50 – 100 до 10 – 12 мкОм. Характер зависимости $R_d(t)$ может меняться в основном в первом периоде для различных металлов, отличающихся значением α_p .

Для оценки сопротивления деталей к концу нагрева $R_{d, \text{кон}}$ используют упрощенную схему теплового состояния металла. В частности, считают, что сопротивление двух пластин толщиной δ можно представить как сумму сопротивлений двух других условных пластин I и II, каждая из которых нагрета до средней постоянной температуры T_1 и T_2

$$R_{d, \text{кон}} \approx \frac{A_d k_{\text{II}} \delta}{\pi d_{\text{к.кон}}^2 \div 4} (\rho_1 + \rho_2) \quad (1.1)$$

где $d_{\text{к.кон}}$ - диаметр контакта к концу нагрева;

ρ_1 и ρ_2 - соответственно удельные электросопротивления для температур T_1 и T_2 ;

k_{II} - коэффициент, учитывающий неравномерность нагрева пластин. Для сталей k_{II} принимают обычно равным 0,85. Величину A_d определяют по графику для отношения $d_{\text{к}}/\delta$. Для сталей T_1 и T_2 принимают равными 1200 и 1440° С.

Теплота, выделяющаяся в соединении при протекании тока через участок электрод – электрод ($Q_{\text{эв}}$), расходуется на плавление металла в объеме ядра (Q_1) и потери теплоты за счет теплопроводности в окружающий

металл (Q_2) и электроды (Q_3). Таким образом, можно записать следующее равенство:

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (1.2)$$

Количество энергии Q_{Σ} определяется характером режима сварки и теплофизическими свойствами металла. Режимы, отличающиеся малым временем сварки, требуют меньших затрат энергии.

Очевидно, при малом времени сварки процесс отличается минимальными потерями теплоты.

На основе уравнения теплового баланса можно приближенно оценить действующее значение сварочного тока. Для этого уравнение (1.1) удобно представить в следующем виде:

$$Q_{\Sigma} = Q_1' + Q_2' + Q_3', \quad (1.3)$$

где Q_1' - энергия, затрачиваемая при нагреве до $T_{пл}$ столбика металла высотой 2δ и диаметром основания $d_я$;

Q_2' - теплота, расходуемая на нагрев металла в виде кольца шириной x_2 , окружающего литое ядро. Среднюю температуру кольца принимают равной $0,25$ максимальной температуры этого кольца $T_{пл}$, достигаемой на его внутренней поверхности или на границе ядра;

Q_3' - потери теплоты в электроды или на нагрев условного цилиндра высотой x_3 до средней температуры $T_э$. $T_{эд} \approx 0,5 T_{пл}$, а $T_э \approx 0,25 T_{эд}$, $T_{эд}$ можно принять, что $T_э \approx T_{пл}$.

Энергия Q_1' расходуется на нагрев до $T_{пл}$ объема металла большего, чем объем ядра. Однако, допуская это, удастся учесть скрытую теплоту плавления металла:

$$Q_1' \approx \frac{\pi d_я^2}{4} 2\delta \gamma T_{пл} \quad (1.4)$$

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} 0,25 \cdot 0,05 \cdot 7,8 \cdot 1440 = 27,5 \text{ кал.}$$

При расчете Q_2' принимаем, что заметное повышение температуры наблюдается на расстоянии x_2 от границы ядра. Значение x_2 определяется временем сварки и температуропроводностью металла a :

$$x_2 = 4\sqrt{at_{св}}. \quad (1.5)$$

$$x_2 = 4 \cdot \sqrt{0,05 \cdot 0,1} = 0,28$$

Для конструкционных сталей $x_2 = 1,2\sqrt{t_{св}}$, и меди $x_2 = 3,3\sqrt{t_{св}}$.

$$x^2 = 1,2\sqrt{0,6} = 0,72$$

Если площадь кольца $\pi x_2(d_я + x_2)$ и высота 2δ , средняя температура нагрева $T_{пл}/4$, то ориентировочно

$$Q'_2 = k_1 \pi x_2 (d_я + x_2) 2\delta c \gamma \frac{T_{пл}}{4}, \quad (1.6)$$

$$Q'_2 = 0,8 \cdot 3,14 \cdot 0,72 \cdot (0,5 + 0,72) \cdot 0,25 \cdot 0,05 \cdot 7,8 \cdot \frac{1440}{4} = 35 \text{ кал}$$

где $k_1 = 0,8$, учитывает, что средняя температура кольца несколько ниже средней температуры $T_{пл}/4$, в связи со сложным распределением температур по ширине этого кольца (наиболее интенсивно нагретые участки расположены у внутренней поверхности кольца).

Потери теплоты в электроды Q'_3 можно оценить, приближенно принимая, что за счет теплопроводности нагревается участок электрода до $T_{пл}/8$ объёмом $k_2 \frac{\pi d_я^2}{4} x_3$. Коэффициент k_2 учитывает, форму электрода; при цилиндрическом электроде $k_2 = 2$. Тогда:

$$Q'_3 = 2k_2 \frac{\pi d_я^2}{4} x_3 c_3 \gamma_3 \frac{T_{пл}}{8}, \quad (1.7)$$

отсюда $x_3 = 3,3\sqrt{0,6} = 0,8$,

$$Q'_3 = 2 \cdot 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 0,8 \cdot 0,09 \cdot 8,9 \cdot \frac{1440}{8} = 45 \text{ кал.}$$

где c_3 и γ_3 – теплоемкость и плотность металла электрода.

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ				

Зная составляющие теплового баланса, определяем $Q_{эз}$ на оба электрода

$$Q_{эз} = 2 \cdot (27,5 + 35 + 45) = 215 \text{ кал.}$$

Для конструкционных низколегированных сталей, типа сталь 20 принимаем $\rho_1 = 75$ мк.Ом.см., с учетом нагрева стали в процессе сварки электросопротивлению металла зона сварки увеличивается на коэффициент α , который равен:

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot (1 + \alpha T),$$

$$\rho_2 = 75 \cdot (1 + 0,002 \cdot 1440) = 289 \text{ мкОм.см.},$$

$$R_{д.кон} \approx \frac{0,7 \cdot 0,85 \cdot 0,25}{3,14 \cdot 0,5^2 / 4} \cdot (75 + 289) = 285 \text{ мкОм.},$$

переходное сопротивление двух электродов равно 570 мкОм.

Далее, приняв технологически целесообразное время сварки, можно рассчитать силу сварочного тока по формуле закона Джоуля-Ленца:

$$I_{д} = \sqrt{\frac{Q_{эз}}{0,24 k_3 R_{д.кон} t_{св}}}, \quad (1.8)$$

где $R_{д.кон}$ - сопротивление деталей к концу нагрева;

k_3 - коэффициент, учитывающий изменение сопротивления во время сварки. Для низко углеродистых сталей и низколегированных сталей $k_3 = 1,0 \div 1,1$.

$$I_{д} = \sqrt{\frac{215}{0,24 \cdot 1,1 \cdot 570 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6}} = 12380 \text{ А.}$$

Ток шунтирования, полагая перекрытие $k = 1/3$, получится таким:

$$I_{ш} = 7 \frac{1}{2 - \frac{1}{3}} = 4,2 \text{ кА} \quad (1.9)$$

Вторичный, суммарный ток $I_{ш} = 11,2$ кА.

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Таблица 1.9 - Силу сжатия роликов Р (кН) для шовной сварки выбирают по наибольшему пределу δ(мм), принятому для сварки точечной:

Материал	Ст3 и низколегированные стали	Латунь	Алюминиевые сплавы	Коррозионно-стойкие стали и титан
Р·10	0,3δ	0,35δ	0,5δ	0,5δ

Отклонения от этих рекомендаций могут быть ±10 %.

Для данного примера принимаем Р = 3 кН. Предел текучести $\sigma_T = 250$ МПа. Опытные данные целого ряда заводов показывают, что критерий K_{III} , рассчитанный по режимным показателям, получается в таких пределах:

для стали Ст3	90—110
коррозионно-стойкой	110—130
титана.....	100—150
алюминиевых сплавов.....	90—120
латуни.....	90—120

Для данного примера примем $K_{III} = 110$. Тогда по формуле:

$$K_{III} = \frac{I^2 \rho_T h \sigma_T}{T_{нл} \sqrt{\lambda_{\gamma c}} \delta P v \sqrt{t_{и} + t_n}}, \quad (1.10)$$

Полагая $T_{нл} \sqrt{\lambda_{\gamma c}} = 2130$ Дж/(см²·с^{1/2}), $h/\delta = 1$, $\rho_T = 140$ Ом·см, находим:

$$110 = \frac{125 \cdot 10^6 \cdot 140 \cdot 10^{-6} \cdot 2500 \cdot 1}{2130 \cdot 300 v \sqrt{t_{и} + t_n}},$$

$$v \sqrt{t_{и} + t_n} = 0,62$$

По графику рисунок 1.5 скорость сварки $v = 1,4$ см/с.

Временной цикл получается таким:

- для сварки стали 1,7+1,7: $t_{III} + t_{и} = 0,02$ с;
- для сварки стали 1,7+2+1,7: $t_{III} + t_{и} = 0,04$ с;

Выбор режимов механизированной сварки

Режимы на приварку горловины выбираем по справочным данным [2]:

Ток сварки - $I_{св} = 160$ А;

Напряжение дуги - $U_{д} = 26$ В;

Сварочная проволока - Св 04Х19Н11М3 диаметром 1,6 мм;

Защитный газ - CO₂.

2. РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

2.1 Расчет элементов оснастки

2.1.1 Определение величины разжатия стенок изделия

Величина усилия разжатия в области упругих деформаций составляет $0,2\sigma_{0,2}$. Для стали 12X18H10T $\sigma_{0,2}$ равно 350 МПа при температуре 20 °С.
По теории Лапласа (рис. 2.1)

$$\sigma_{окр} = \frac{PR}{\delta}, \quad (2.1)$$

где $\sigma_{окр}$ – окружное напряжение, Па;
Р – давление разжатия, Па;
R – радиус кольцевого шва, м;
 δ – толщина детали, м.

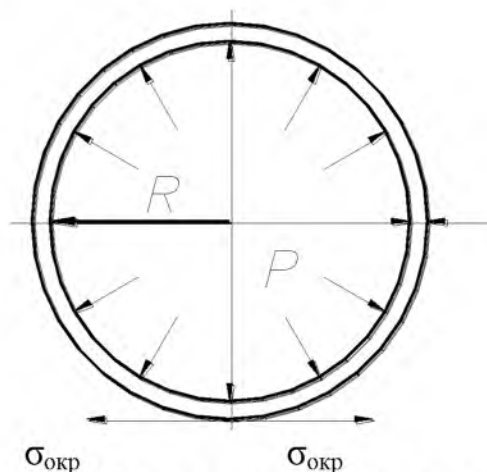


Рисунок 2.1 – Схема разжатия стенок изделия

Окружное напряжение является тем напряжением, которое необходимо создать для разжатия поверхности.

Следовательно,

$$\sigma_{окр} = 0,2\sigma_{0,2}, \quad (2.2)$$

Определим давление разжатия:

$$P = \frac{0,2\sigma_{0,2} \cdot \delta}{R} = \frac{0,2 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 0,0015}{0,240} = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Па}, \quad (2.3)$$

Контактная площадь по данному стыку вычисляется по формуле:

$$S = \Pi \cdot D \cdot b, \quad (2.4)$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

где D – внутренний диаметр детали, м;
 b – ширина контактной поверхности, м.

$$S = \pi \cdot 0,477 \cdot 0,0015 = 2,26 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Исходя из контактной площади и давления разжатия, определим силу, обеспечивающую требуемое разжатие:

$$P_3 = P \cdot S = 0,5 \cdot 10^6 \cdot 2,26 \cdot 10^{-3} = 1130 \text{ Н} \quad (2.5)$$

Поскольку свариваются и прижимаются два шва с одинаковыми диаметрами, то для второго шва силу P_3 обеспечивающую требуемое разжатие принимаем равной силе обеспечивающей требуемое разжатие первого шва.

Определим силу на приводе:

$$Q_1 = P_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.6)$$

где α – угол клиньев конуса, град.

$$Q_1 = 1130 \cdot \operatorname{tg} 20 = 1130 \cdot 0,364 = 411 \text{ Н}$$

Сила на приводе для второго клиньевого зажима равна первому, следовательно:

$$Q_1 = Q_2 = 411 \text{ Н} \quad (2.7)$$

Определим необходимую силу штока пневмоцилиндра, с учетом торцевого прижатия пружины. Исходя их усилия ручного прижатия на базовом приспособлении $Q_3 = 150 \text{ Н}$.

$$Q_{\text{ит}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (2.8)$$

где Q_4 – усилие пружины растяжения, которая возвращает кулачок в исходное положение.

$$Q_{\text{ит}} = 411 + 411 + 150 + 212 = 1148 \text{ Н}$$

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

Разработка технологии и технологической оснастки для сборки и сварки емкости под гсм. Таким образом, выбираем стандартный встроенный пневмоцилиндр (рисунок 2.2) для станочных приспособлений 7020-0182 ГОСТ 21307-75 с усилием на штоке 4000Н, диаметром поршня $D = 80$ мм и диаметром штока $d = 25$ мм. Работа на сжатом воздухе при давлении $P = 0,5$ МПа.

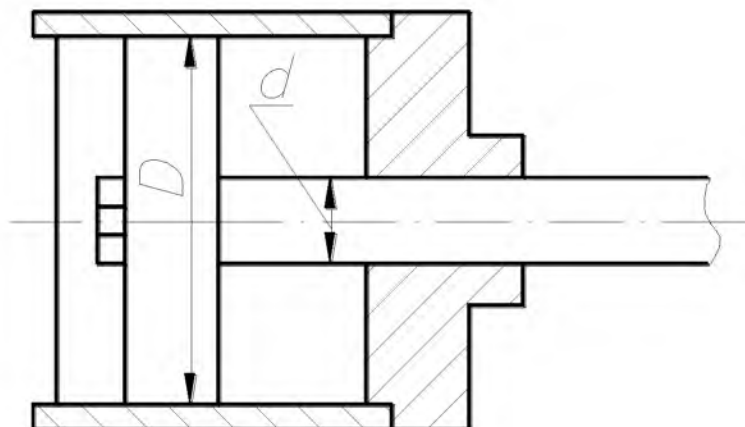


Рисунок 2.2 - Пневмоцилиндр

2.1.2 Определение толщины стенки пневмоцилиндра

Расчетная формула для определения толщины стенки пневмоцилиндра:

$$\delta = 0,56 \cdot D_k \sqrt{\frac{P_m}{[\sigma]}} \quad (2.9)$$

где D_k – диаметр окружности болтового соединения крышки с гильзой, м;
 $[\sigma]$ – допускаемое напряжение, МПа.

Для стали 45 $[\sigma] = 240$ МПа.

$$\delta = 0,56 \cdot 0,1 \sqrt{\frac{0,63}{240}} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Принимаем толщину стенки $\delta = 0,005$ м.

2.1.3 Проверочный расчет на срез и смятие штифта, соединяющего шток пневмоцилиндра и конус

Для расчета штифта определим действительную силу на штоке:

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$F_{шт} = \frac{P_m(D^2 - d^2)\pi}{4} \cdot \eta, \quad (2.10)$$

где $D = 0,08$ м – диаметр поршня пневмоцилиндра;
 $d = 0,025$ м – диаметр штока пневмоцилиндра;
 $\eta = 0,85$ – коэффициент полезного действия.

$$F_{шт} = \frac{0,5 \cdot 10^6 (0,08^2 - 0,025^2)\pi}{4} \cdot 0,85 = 1926 \text{ Н}$$

Материал штифта – сталь 45. Допускаемое напряжение для данного материала при срезе $[\tau_{ср}] = 170$ МПа, при смятии $[\sigma_{см}] = 420$ МПа.

Находим напряжение смятия:

$$\sigma_{см} = \frac{F_{шт}}{A_{см}} = \frac{F_{шт}}{a \cdot d}, \quad (2.11)$$

где $F_{шт} = 1926$ Н – сила на штоке;
 $a = 4$ мм – площадь контактируемой поверхности;
 $d = 10$ мм – диаметр штифта.

$$\sigma_{см} = \frac{1926}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 24,07 \text{ МПа}$$

$\sigma_{см} = 24,07$ МПа $< [\sigma_{см}] = 420$ МПа, условие прочности выполняется.

Находим напряжение среза:

$$\tau_{ср} = \frac{F_{шт}}{A_{ср}} = \frac{4F_{шт}}{\pi \cdot d^2}, \quad (2.12)$$

где $F_{шт} = 1926$ Н – сила на штоке;
 $d = 10$ мм – диаметр штифта.

$$\tau_{ср} = \frac{4 \cdot 1926}{2 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 10^{-6}} = 12,26 \text{ МПа}$$

$\tau_{ср} = 12,26$ МПа $< [\tau_{ср}] = 170$ МПа, условие прочности выполняется.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

2.1.4 Расчет пружины сжатия

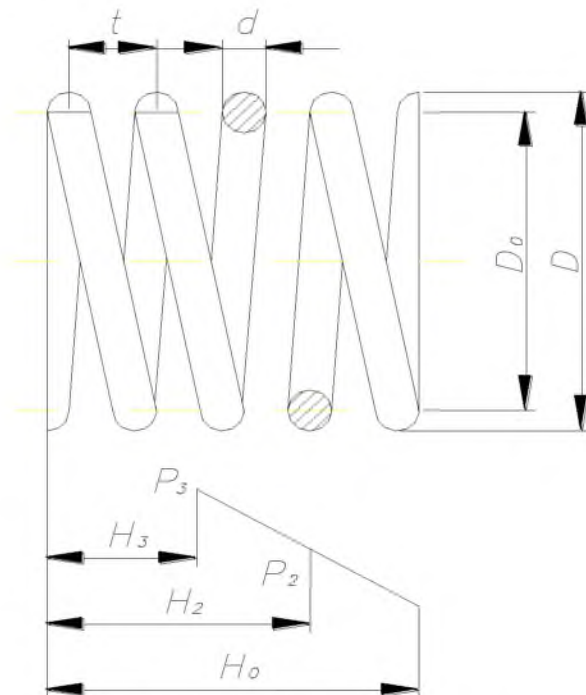


Рисунок 2.3 - Пружина сжатия

На приспособление установлена пружина, обеспечивающая возврат поршня со штоком. Сила пружины при рабочей деформации $P_2=200$ Н.

Находим граничные значения силы пружины при максимальной деформации:

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta}, \quad (2.13)$$

где $\delta=0,05...0,25$ - относительный инерционный зазор пружины сжатия.

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - 0,05} \dots \frac{P_2}{1 - 0,25} = 210...267 \text{ Н}. \quad (2.14)$$

Выбираем пружину сжатия 2 класса, разряда 1, N 432 по ГОСТ 13768-68.

Материал: сталь 60Г2А, твёрдость HRC 46...52;

Сила пружины при максимальной деформации: $P_3=239$ Н;

Диаметр проволоки: $d=3,5$ мм;

Наружный диаметр: $D=34$ мм;

Жёсткость одного витка: $Z_1=43,71$ Н/мм;

Наибольший прогиб одного витка: $f_3=8,122$ мм.

Жёсткость пружины:

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$Z = \frac{Z_1}{n} = \frac{43,71}{4} = 10,92 \text{ Н / мм.} \quad (2.15)$$

где $n=4$ - число рабочих витков пружины.

Полное число витков:

$$n_1 = n + n_2 = 4 + 2 = 6, \quad (2.16)$$

где $n_2=2$ - число опорных витков пружины.

Высота пружины при максимальной деформации:

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3) \cdot d = (6 + 1 - 2) \cdot 3,5 = 17,5 \text{ мм.}, \quad (2.17)$$

где $n_3=1,5$ - число зашлифованных витков пружины.

Максимальная деформация:

$$F_3 = \frac{P_3}{Z} = \frac{239}{10,92} = 21,88 \text{ мм.} \quad (2.18)$$

Высота пружины в свободном состоянии:

$$H_0 = H_3 + F_3 = 17,5 + 21,88 = 39,38 \text{ мм.} \quad (2.19)$$

Рабочая деформация:

$$F_2 = \frac{P_2}{Z} = \frac{200}{10,92} = 18,31 \text{ мм.} \quad (2.20)$$

Высота пружины при рабочей деформации:

$$H_2 = H_0 - F_2 = 39,38 - 18,31 = 21,07 \text{ мм.} \quad (2.21)$$

Шаг пружины:

$$t = f_3 + d = 8,122 + 3,5 = 11,622 \text{ мм.} \quad (2.22)$$

2.1.5 Расчет пружины растяжения

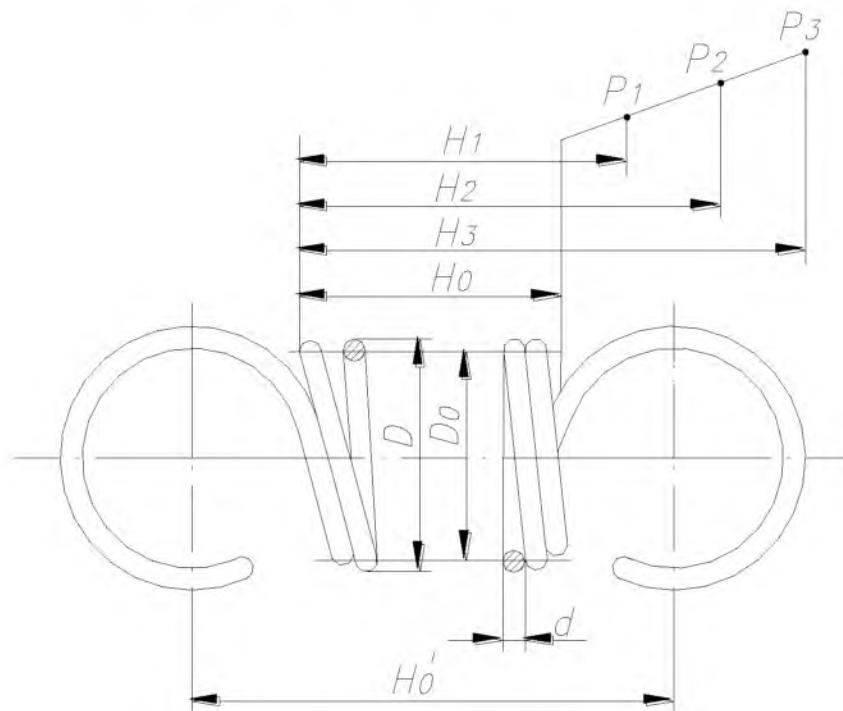


Рисунок 2.4 – Пружина растяжения

На приспособление установлены пружины, обеспечивающие возврат кулачков в исходное положение после сварки. Сила пружины при рабочей деформации $P_2=20$ Н, сила пружины при предварительной деформации $P_1 = 5$ Н, рабочий ход пружины $h = 4$ мм.

Находим граничные значения силы пружины при максимальной деформации:

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta}, \quad (2.23)$$

где $\delta=0,05...0,1$ - относительный инерционный зазор пружины сжатия.

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - 0,05} \dots \frac{P_2}{1 - 0,1} = 216...227Н. \quad (2.24)$$

Выбираем пружину сжатия 2 класса, разряда 2, N387 по ГОСТ13771-68.

Материал: сталь 60Г2А, твёрдость HRC 46...52;

Сила пружины при максимальной деформации: $P_3=212$ Н;

Диаметр проволоки: $d=2,5$ мм;

Наружный диаметр: $D=16$ мм;

Жёсткость одного витка: $Z_1=52,68$ Н/мм;

Наибольший прогиб одного витка: $f_3=4,024$ мм.

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ				

Жёсткость пружины:

$$Z = \frac{P_2 - P_1}{h} = \frac{20 - 5}{0,004} = 3,75 \cdot 10^3 \text{ Н / мм.} \quad (2.25)$$

Число рабочих витков:

$$n = \frac{Z_1}{n} = \frac{5,268}{4} = 1,404 \text{ Н / мм.} \quad (2.26)$$

Принимаем $n = 2$.

Предварительная деформация пружины:

$$F_1 = \frac{P_1}{Z} = \frac{5}{3,75} = 1,33 \text{ мм.} \quad (2.27)$$

Рабочая деформация пружины:

$$F_2 = \frac{P_2}{Z} = \frac{20}{3,75} = 5,33 \text{ мм.} \quad (2.28)$$

Максимальная деформация пружины:

$$F_3 = \frac{P_3}{Z} = \frac{212}{3,75} = 56,5 \text{ мм.} \quad (2.29)$$

Высота пружины в свободном состоянии:

$$H_0 = (n + 1)d = (2 + 1)2,5 = 7,5 \text{ мм} \quad (2.30)$$

Высота пружины в предварительном состоянии:

$$H_1 = H_0 + F_1 = 7,5 + 1,33 = 8,83 \text{ мм} \quad (2.31)$$

Высота пружины при рабочей деформации:

$$H_2 = H_0 + F_2 = 7,5 + 5,33 = 12,83 \text{ мм} \quad (2.32)$$

Высота пружины при максимальной деформации:

$$H_3 = H_0 + F_3 = 7,5 + 56,5 = 64 \text{ мм} \quad (2.33)$$

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

2.2 Расчет сварочного трансформатора

2.2.1 Расчет индуктивного сопротивления вторичного контура машины X_B

Ориентировочные значения X_B определяет по графику [8 (рисунок 1-13)] и по формуле [8 (1-32)]: $S_B = 1050 \text{ см}^2$; $X_B \approx 160 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$ и $l_B = 168 \text{ см}$; $X_B = C \cdot l_B = 1,26 \cdot 168 = 212 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$.

Для более точного расчета индуктивного сопротивления вторичного контура разбиваем весь контур на десять отдельных участков, как показано на рисунке 2.5. Результаты расчета сведены в табл. 1. Сопоставляя полученные величины индуктивного сопротивления вторичного контура, принимаем $X_B = 195 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$.

В соответствии с рекомендациями § 1-14 [8] предварительно принимаем величину приведенного активного сопротивления обмоток сварочного трансформатора $r_T = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$ и величину приведенного индуктивного сопротивления $X_T = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$.

По табл. 1-10 [8] эквивалентное сопротивление свариваемых деталей при точечной сварке током 12500 А $r_{\Sigma} = 105 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$.

Полное сопротивление сварочного контура машины:

$$\begin{aligned} Z_M &= \sqrt{(X_B + X_T)^2 + (r_B + r_T + r_{\Sigma})^2} = \\ &= \sqrt{[(195 + 20) \cdot 10^{-6}]^2 + [(91 + 20 + 105) \cdot 10^{-6}]^2} = 303 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}. \end{aligned} \quad (2.35)$$

Требуемое вторичное напряжение холостого хода трансформатора, соответствующее номинальной ступени:

$$U_{20} = I_{2H} Z_M = 12500 \cdot 303 \cdot 10^{-6} = 3,8 \text{ В}. \quad (2.36)$$

Принимаем, что значения $U_{20} = 3,8 \text{ В}$ и $I_{2H} = 12500 \text{ А}$ трансформатор обеспечивает на предпоследней ступени. Тогда:

$$U_{20\text{макс}} \geq U_{20} \cdot 1,2 = 3,8 \cdot 1,2 = 4,55 \text{ В}. \quad (2.37)$$

Однако по заданию машина должна сваривать детали из малоуглеродистой стали толщиной от 2 + 2 до 0,5 + 0,5. По табл. 1- 2 [8] для сварки этих деталей необходимо иметь токи $I_{2\text{макс}} = 13500 \text{ А}$ и $I_{2\text{мин}} = 6900 \text{ А}$. Считая, что $Z_M = 303 \cdot 10^{-6} = \text{const}$ на любой ступени, получаем:

$$U_{20\text{макс}} = 13500 \cdot 303 \cdot 10^{-6} = 4,1 \text{ В}; \quad (2.38)$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$U_{20\text{мин}} = 6900 \cdot 303 \cdot 10^{-6} = 2,08\text{В}. \quad (2.39)$$

Окончательные значения $U_{20\text{ макс}}$, $U_{20\text{ мин}}$ и число ступеней уточняются при расчете трансформатора в зависимости от выбранной схемы секционирования первичной обмотки. Пример расчета данного трансформатора приведен далее.

2.2.2 Расчет сварочного трансформатора для контактной шовной машины МТ 2202 на $U_c = 380\text{ В}$

Для проектирования однофазного сварочного трансформатора задаются следующие величины:

1. Номинальный вторичный (сварочный) ток $I_{2н}$, соответствующий номинальной ступени.
 2. Пределы регулирования вторичного напряжения холостого хода: минимальное – на первой ступени $(U_{20})_{\text{мин}}$, В и максимальное – на последней ступени $(U_{20})_{\text{макс}}$, В.
 3. Число ступеней регулирования вторичного напряжения n и номинальная ступень.
 4. Напряжение питающей сети U_c , В или первичное напряжение трансформатора U_1 , В.
 5. Частота тока f , Гц.
 6. Продолжительность включения ПВ, %.
 7. Тип трансформатора (стержневой или броневой).
 8. Материал и конструкция сердечника (шихтованный или витой).
 9. Материал и исполнение обмоток (медь или алюминий и его сплавы, дисковые или цилиндрические катушки, пропитанные лаками и покрытые эмалями или залитые эпоксидным компаундом).
 10. Охлаждение обмоток (первичной и вторичной) и сердечника.
 11. Класс изоляции обмоток.
- Тип включающего устройства (см. табл. 1-1). [8]

По заданным параметрам производим расчет сварочного трансформатора для контактной шовной машины МТ 2202.

1. $I_{2н} = 15000\text{ А}$.
2. $(U_{20})_{\text{мин}} = 2,2\text{ В}$; $(U_{20})_{\text{макс}} = 4,4\text{ В}$.
3. $n = 8$; номинальная ступень – 7-я.
4. $U_1 = 360\text{ В}$.
5. $f = 50\text{ Гц}$.
6. ПВ = 20%.
7. Трансформатор броневого типа.
8. Сердечник шихтованный.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

9. Материал обмоток – медь. Изоляционные материалы обмоток и пропитка (см. таб. 2.4). [8]

10. Охлаждение:

а) вторичной обмотки – водяное, проточное;

б) первичной обмотки – путем теплопередачи диском вторичного витка;

в) сердечника – естественное воздушное.

11. Класс изоляции В.

12. Включающее устройство – тиристорный прерыватель «Астра».

2.2.3 Электрический расчет

1. Принимаем $\omega_2 = 1$

2. По формуле определяем:

$$(\omega_1)_1 = \frac{U_1 \omega_2}{(U_{20})_{\text{МИН}}} = \frac{360 \cdot 1}{2,2} = 164 \text{ витка} \quad (2.40)$$

$$(\omega_1)_8 = \frac{U_1 \omega_2}{(U_{20})_{\text{МАКС}}} = \frac{360 \cdot 1}{4,4} = 82 \text{ витка.}$$

3. Секционируем первичную обмотку по схеме № 4 [8]. Принимаем: число витков одной части первой секции – 12; второй секции – 24 и третьей секции – 46.

4. Составляем электрическую схему первичной обмотки. В таблице 2.1 ступеней трансформатора заполняем три графы: номер ступени, ω_1 и U_{20} .

Переключатель ступеней предварительно изображаем условно. Конкретный тип переключателя выбираем после уточнения токов первичной обмотки.

5. Из таблицы 2.1 ступеней трансформатора определяем для номинальной, седьмой, ступени первичные витки $(\omega_1)_H = 94$, вторичное напряжение $(U_{20})_H = 3,84$ В и мощность $P_H = I_{2H} \cdot (U_{20})_H = 12500 \cdot 3,84 = 48$ кВт·А.

Таблица 2.1 – Ступени трансформатора

Номер ступени	Ножи переключателя			W1	U20, В	I1, А	~q, мм ²
	1	2	3				
1	2	2	2	164	2,2	20,0	9,8
2	1	2		152	2,36	23,6	
3	2	1		140	2,56	27,8	
4	1	1		128	2,8	33,2	
5	2	2	1	118	3,05	39,6	14,4
6	1	2		106	3,4	49,0	
7	2	1		94	3,84	62,0	
8	1	1		82	4,4	62,0	18,2

6. Коэффициент трансформации

$$K = \frac{(\omega_1)_H}{\omega_2} = \frac{94}{1} = 94. \quad (2.41)$$

7. Коэффициент

$$K_1 = 1 + 0,005j_0 \sqrt{\frac{ПВ}{100}} = 1 + 0,005 \cdot 20 \sqrt{\frac{20}{100}} = 1,045. \quad (2.42)$$

8. Номинальный первичный ток

$$I_{1H} = K_1 \frac{I_{2H}}{K} = 1,045 \cdot \frac{12500}{94} = 139 A. \quad (2.43)$$

9. Расчетный ток

$$I_1 = I_{1H} \sqrt{\frac{ПВ}{100}} = 139 \sqrt{\frac{20}{100}} = 62 A. \quad (2.44)$$

10. Расчетные токи для каждой ступени:
на шестой

$$I_{1(6CT)} = I_1 \left[\frac{(\omega_1)_7}{(\omega_1)_6} \right]^2 = 62 \cdot \left(\frac{94}{106} \right)^2 = 49 A; \quad (2.45)$$

на пятой

$$I_{1(5CT)} = I_1 \left[\frac{(\omega_1)_7}{(\omega_1)_5} \right]^2 = 62 \cdot \left(\frac{94}{118} \right)^2 = 39,6 A$$

и т. д.

Расчетные величины токов по всем ступеням вписываем в сводную таблицу 2.2. Определяем наибольшие токи для каждой секции:

- а)** секция 1 рассчитывается на 62 А;
- б)** секция 2 – на 49 А;
- в)** секция 3 – на 33,2 А.

Расчетные токи для каждой секции первичной обмотки вписываем в таблицу 2.2

11. По таб. 4-1 [8] для всей секций задаемся плотностью тока $j_1 = 3,4$ А/мм².

12. Требуемые сечения медного провода:

- а) для секции 1

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$q_{1(1)} = \frac{I_{1(1)}}{j_1} = \frac{62}{3,4} = 18,2 \text{ мм}^2; \quad (2.46)$$

б) для секции 2

$$q_{1(2)} = \frac{49}{3,4} = 14,4 \text{ мм}^2;$$

в) для секции 3

$$q_{1(3)} = 9,8 \text{ мм}^2.$$

Таблица 2.2 – Сводная таблица ступеней

Секция 1	Секция 2	Секция 3
W1(1) = 12+12 = 24 I1(1) = 62 А	W1(2) = 24+24 = 48 I1(2) = 49 А	W1(3) = 46+46 = 92 I1(3) = 33,2 А
Предварительно при $j = 3,4 \text{ А/мм}^2$		
$q1(1) = 18,2 \text{ мм}^2$ $\sum q1(1) = 435 \text{ мм}^2$	$q1(2) = 14,4 \text{ мм}^2$ $\sum q1(2) = 690 \text{ мм}^2$	$q1(3) = 9,8 \text{ мм}^2$ $\sum q1(3) = 900 \text{ мм}^2$
Обмоточные данные		
Две катушки №1		Две катушки №2
W'к1 = 12 Провод ПСД 1,8*10 $q1(1) = 17,64 \text{ мм}^2$ $j1(1) = 3,48 \text{ А/мм}^2$	W''к1 = 24 Провод ПСД 1,4*10 $q1(2) = 13,79 \text{ мм}^2$ $j1(2) = 3,54 \text{ А/мм}^2$	Wк2 = 46 Провод ПСД 1,12*8,5 $q1(3) = 9,3 \text{ мм}^2$ $j1(3) = 3,56 \text{ А/мм}^2$
Радиальные размеры катушек, мм		
Ак1 = 12(2,28+0,17)+24(1,88+0,17)+7=86 мм		Ак2 = 46(1,6+0,12)+7=86 мм
Основные размеры катушек, мм		
ак1 = 10,27+3,5 = 14 мм		ак2 = 8,55+3,5 = 12 мм

13. Суммарное сечение провода первичной обмотки

$$q_1 = \sum q_{1(1)} + \sum q_{1(2)} + \sum q_{1(3)} = \omega_{1(1)} q_{1(1)} + \omega_{1(2)} q_{1(2)} + \omega_{1(3)} q_{1(3)} \quad (2.47)$$

$$q_1 = (12 + 12) \cdot 18,2 + (24 + 24) \cdot 14,4 + (46 + 46) \cdot 9,8 = 2030 \text{ мм}^2.$$

14. Расчетный ток вторичной обмотки на номинальной ступени

$$I_2 = I_{2H} \sqrt{\frac{PB}{100}} = 12500 \sqrt{\frac{20}{100}} = 5600 \text{ А}. \quad (2.48)$$

15. По заданию вторичный виток – медный с водяным охлаждением. Согласно табл. 4-1 [8], берем $j_2 = 4,5 \text{ А/мм}^2$.

16. Сечение вторичного витка

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$q_2 = \frac{I_2}{j_2} = \frac{5600}{4,5} = 1250 \text{ мм}^2. \quad (2.49)$$

17. Суммарное сечение обмоток $q = q_1 + q_2 = 2030 + 1250 = 3280 \text{ мм}^2$.

18. По табл. 4-3 [8] для размещения обмотки площадью 3280 мм^2 потребуется площадь окна около 9100 мм^2 . Так как рассматриваемый трансформатор предназначается для серийной машины, то желательно, чтобы пластины сердечника удовлетворяли всем требованиям [8]. Наиболее подходящими пластинами для данного трансформатора будут пластины П – образной формы IV габарита. Размеры окна $96 \times 96 \text{ мм}$, и $S_0 = 9200 \text{ мм}^2$. Все размеры выбранных пластин даны на рисунке 2.5.

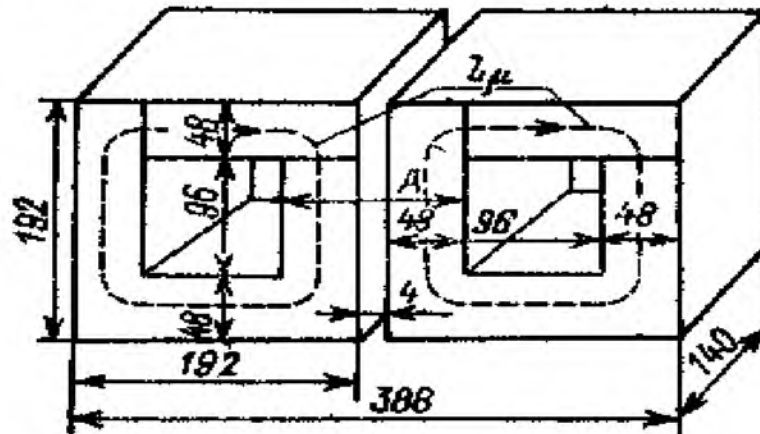


Рисунок 2.5 – Сердечник трансформатора

19. Распределяем обмотку по катушкам следующим образом:

- а) 12 витков первой секции и 24 витка второй секции уложим в одну катушку, получаем две катушки № 1 с числом витков $\omega'_{к1} = 12$ и $\omega''_{к1} = 24$;
- б) витки третьей секции уложим в две катушки № 2 по 46 витков в каждой.

Таким образом, всю первичную обмотку укладываем в четыре катушки.

20. По формулам выбираем размеры обмоточного медного провода. Так как 12 витков и 24 витка будут уложены в одну катушку, то при выборе размеров проводов необходимо следить, чтобы размер b был одинаков, а разные сечения подбирать за счет размера a . Кроме того, конструктивно две данные катушки должны быть выполнены так, чтобы витки каждой секции были расположены одинаково в каждой из катушек: если 12 витков одной катушки находятся внизу, а 24 – вверху, то и другая катушка должна быть выполнена точно так же.

Толщина изолированного медного провода одного витка:

$$a_{II} = \frac{b_0 - 10 - (\omega_{K1} \delta_{IP}) - 7}{\omega_{K1}} = \frac{96 - 10 - (12 + 24) \cdot 0,17 - 7}{12 + 24} = 2,0 \text{ мм.} \quad (2.50)$$

Приблизительная ширина провода:

$$b = \frac{q_{1(1)МАКС}}{a_{II}} = \frac{18,2}{2,0} = 9,1 \text{ мм.} \quad (2.51)$$

Поскольку ширина проводов обмоток 1-й и 2-й секции должна быть одинаковая, то средний размер толщины провода ($a = 2,0$ мм) распределится примерно пропорционально требуемым сечениям, а именно: a_{II} 1-й секции $\sim 2,2$ мм и a_{II} 2-й секции $\sim 1,8$ мм.

По табл. 2-3 двусторонняя толщина изоляции $a_{II} - a = 0,48 \text{ мм}$ и $b_{II} - b = 0,27 \text{ мм}$. Толщина голого провода для 1-й секции $a_{(1)} = a_{II} - 0,48 = 2,2 - 0,48 = 1,72$ и для 2-й секции $a_{(2)} = 1,8 - 0,48 = 1,32 \text{ мм}$

Ширина голого провода для обеих секций:

$$b = \frac{g_{1(1)}}{a_{(1)}} = \frac{g_{1(2)}}{a_{(2)}} = \frac{18,2}{1,72} = \frac{14,4}{1,32} \approx 10,7 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 7019 – 71 и 434 – 71 выбираем провода следующих размеров: для 1-й секции $a \times b = 1,8 \times 10$; $a_{II} \times b_{II} = 2,28 \times 10,27$;

$g_{1(1)} = 17,64 \text{ мм}^2$; для 2-й секции $a \times b = 1,4 \times 10$; $a_{II} \times b_{II} = 1,88 \times 10,27$;
 $g_{1(2)} = 13,79 \text{ мм}^2$.

21. Плотность тока для обмоток 1-й и 2-й секций катушки № 1:

$$j_{1(1)} = \frac{62}{17,64} = 3,48 \text{ А / мм}^2 ;$$

$$j_{1(2)} = \frac{49}{13,79} = 3,54 \text{ А / мм}^2 . \quad (2.52)$$

22. Рассчитываем следующие размеры катушек № 1: радиальный размер

$$A_{K1} = \omega'_{K1} (a_{II} + \delta_{IP}) + \omega''_{K1} (a_{II} + \delta_{IP}) + 7 = 12 \cdot (2,28 + 0,17) + 24 \cdot (1,88 + 0,17) + 7 = 86 \text{ мм,} \quad (2.53)$$

осевой размер

$$a_{K1} = b_{II} + 3,5 = 10,27 + 3,5 = 14,0 \text{ мм}; \quad (2.54)$$

внутренний размер по ширине

$$B = b_C + \mathcal{Ж} = 48 + 4 + 48 + 11 = 111 \text{ мм}. \quad (2.55)$$

Здесь принимаем $\mathcal{Ж}=11$ мм. Внутренний размер по длине (выбираем после расчета сердечника)

$$B = h + \Gamma = 140 + 25 = 165 \text{ мм}. \quad (2.56)$$

Радиус закругления углов $R=10$ мм. Количество катушек № 1 равно двум. Все эти данные вписываем в таблицу 2.1 для 1-й и 2-й секции. Остальные размеры катушек и размеры выводов выберем позднее.

23. Выбора провода для двух катушек № 2 производим точно так же:

$$a_{II} = \frac{b_0 - 10 - (\omega_{R2} \delta_{II}) - 7}{\omega_{K2}} = \frac{96 - 10 - (46 \cdot 0,12) - 7}{46} = 1,56 \text{ мм}. \quad (2.57)$$

Здесь δ_{II} берем за 0,12 мм, так как провод тонкий и изоляция хорошая. Предварительная ширина

$$b = \frac{q_{I(3)}}{a_{II}} = \frac{9,8}{1,56} = 6,3 \text{ мм}. \quad (2.58)$$

По табл. 2-3 [8] $a_{II} - a = 0,44 \text{ мм}$ и $b_{II} - b = 0,27 \text{ мм}$.

Толщина голого провода

$$a = 1,56 - 0,44 = 1,1 \text{ мм}$$

$$b = \frac{9,8}{1,1} = 8,9 \text{ мм}.$$

По ГОСТ 7019 – 71 и 434 – 71 выбираем провод

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$a \times b = 1,12 \times 8,5; a_H \times b_H = 1,6 \times 8,77;$$

$$q_{1(3)} = 9,3 \text{ мм}^2;$$

$$j_{1(3)} = \frac{33,2}{9,3} = 3,56 \text{ А/мм}^2;$$

$$A_{K2} = \omega_{K2} (a_H + \delta_{TP}) + 7 = 46 \cdot (1,6 + 0,12) + 7 = 86 \text{ мм}, \quad (2.59)$$

$$a_{K2} = b_H + 3,5 = 8,77 + 3,5 \approx 12 \text{ мм}. \quad (2.60)$$

Количество катушек № 2 равно двум. Полученные данные вписываем в таблицу 2.1 для катушек № 1, т.е. Б = 111 мм; В = 162 мм; R = 10 мм.

24. Так как катушек первичной обмотки четыре, то число дисков должно быть два. Предварительное сечение каждого диска

$$q_{2(1)} = \frac{q_2}{n_D} = \frac{1250}{2} = 625 \text{ мм}^2.$$

25. Радиальная ширина диска вместе с трубкой будет

$$K + d_{TP} = b_o - \left(\frac{Ж - 5}{2} + H \right) = 96 - \left(\frac{11 - 5}{2} + 4 \right) = 89 \text{ мм}. \quad (2.61)$$

26. Предварительная толщина дисков

$$a_D = \frac{q_{2(1)}}{K + d_{TP}} = \frac{625}{89} = 7 \text{ мм}. \quad (2.62)$$

27. Выбираем толщину диска $a_D = 8 \text{ мм}$.

28. Наружный диаметр трубки принимаем равным 18 мм с толщиной стенок 2 мм. Трубка должна быть сплющена до размера 16 мм. Радиальный размер трубки будет равен 19 мм.

29. Радиальная ширина диска $K = 89 - 19 = 70 \text{ мм}$.

30. Сечение вторичного витка $q_2 = 2 \cdot 8 \cdot 70 = 1248 \text{ мм}^2$.

31. Уточненная плотность тока

$$j_2 = \frac{I_2}{q_2} = \frac{5600}{1248} = 4,5 \text{ А/мм}^2.$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

32. Размещаем катушки первичной обмотки в окне и составляем схему их соединения. Проверяем, войдет ли вся обмотка в окно по высоте (96 мм) и будет ли достаточен зазор между катушечными группами. Изоляционная шайба между катушкой и диском – из стеклотекстолита толщиной 1 мм. Количество шайб 4 (равно числу катушек).

Суммарный зазор в окне

$$\sum \delta = b_0 - (\sum a_k + \sum a_d + \sum a_{ш}) = 96 - [(2 \cdot 14 + 2 \cdot 12) + (2 \cdot 8 + 4 \cdot 1)] = 24_{мм} \quad (2.63)$$

Распределяем этот зазор между ярмом и крайними катушками по 5 мм, а именно $2\delta_0 = 10$ мм; один зазор между катушечными группами $\delta_3 = 14$ мм.

33. Выбираем тип переключателя, токоведущие части которого должны быть рассчитаны на длительный ток 62 А. Переключение ступеней при таком токе можно производить пакетными переключателями, а можно и штепсельным серийным типа ПШ – 200 – 8. Составляем схему соединений катушек. Имеем: две катушки № 1 с осевыми размерами по 14 мм, из которых катушка № 1 – I имеет четыре вывода (Н1 – К1; Н2 – К2) и катушка № 1 – II – три вывода [Н1 - (К1+Н2) – К2] = Н1 – 0 – К2 (в этой катушке К1 и Н2 соединяются внутри и на переключатель идет один отвод); две катушки № 2 с осевыми размерами по 12 мм. Каждая из них имеет по два вывода Н и К.

Располагаем две катушки № 1 по краям. Согласно электрической схеме, секция 1 катушки № 1 – I соединяется с секцией 1 катушки № 1 – II через переключатель ступеней. Секция 2 катушки № 1 – I соединяется последовательно с секцией 3, уложенной в катушку № 2. Для того чтобы было удобнее осуществить это соединение, размещаем одну катушку № 2 в катушечную группу с катушкой № 1 – I, а вторую катушку № 2 – с катушкой № 1 – II. Там где давно и конструктивное расположение выводов от катушек.

34. Выбираем размеры выводов.

Для катушек № 1 размеры выводов для 1-й и 2-й секций берем одинаковые на большой ток, т. е. на 62 А. По табл. 4 – 1 задаемся плотностью тока $j_B = 3$ А/мм². Сечение вывода:

$$q_{B(1)} = \frac{I_{(1)}}{j_B} = \frac{62}{3} = 20,7_{мм^2}.$$

От катушки № 1 – I нужно сделать 4 вывода, от катушки № 1 – II – 3 вывода. Если расположить выводы в один ряд, то вывод будет очень узкий. Поэтому вывод от К2 разместим с торца катушки, как показано на рисунке 2.6. Тогда

$$b_{B,II} = \frac{B - [2R + \delta_B (n-1)]}{n} = \frac{111 - [2 \cdot 10 + 13 \cdot (3-1)]}{3} = 21,7_{мм}. \quad (2.64)$$

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ					

Двусторонняя толщина изоляции вывода равна 3 мм, и ширина голого вывода $b_{B.K1} = 21,7 - 3 = 18,7$ мм.

$$a_{B.K1} = \frac{q_{B.K1}}{j_B} = \frac{20,7}{18,7} = 1,12 \text{ мм.}$$

Толщина голого вывода

Уточняем размеры вывода по ГОСТ 434 – 71. Берем ПММ (провод медный мягкий) с размерами $a_{B.K1} = 1 \text{ мм}, b_{B.K1} = 14,5 \text{ мм},$

$g_{B.K1} = 14,3 \text{ мм}^2$. Уточняем плотность тока $j_{B.K1} = 1,43 \text{ А/мм}^2$.

Для катушек № 2 берем этот же вывод, т. е. $b_{B.K2} = 14,5 \text{ мм}, a_{B.K2} = 1 \text{ мм.}$

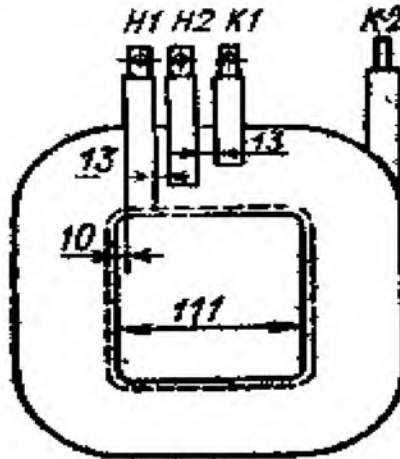


Рисунок 2.6 – Выбор размеров выводов катушек первичной обмотки

35. Требуемые зазоры между катушечными группами

$$\delta_1 = (a_{B.K2} + \delta_H) + \delta_0 = (1 + 3) + 3 = 7, \quad (2.65)$$

что не более 14 мм, полученных в п. 32. При расчете зазора δ_1 необходимо учесть, что выводы соседних катушек № 2 расположены в шахматном порядке.

36. Сечения отводов, соединяющих катушки первичной обмотки с переключателем ступеней, сведены в таблицу 2.3

37. В качестве материала сердечника берем электротехническую сталь марки Э11 толщиной $\delta_{ж} = 0,5$ мм с характеристиками, приведенными в табл. 2 – 1 [8].

38. По табл. 4 – 2 [8] для номинальной ступени берем индукцию в сердечнике $B = 1,4$ Т.

39. Активное сечение сердечника

$$S = \frac{U}{4,44 f(\omega_1)_7 B_H} = \frac{360}{4,44 \cdot 50 \cdot 94 \cdot 1,4} = 0,0123 \text{ м}^2. \quad (2.66)$$

40. Коэффициент заполнения сердечника

$$K_3 = \frac{\delta_{ж}}{\delta_{ж} + 0,04} = 0,93. \quad (2.67)$$

41. Полное сечение сердечника

$$S_{ж} = \frac{S}{K_3} = \frac{0,0123}{0,93} = 0,0132 м^2. \quad (2.68)$$

42. Трансформатор броневого типа, и полученная величина сечение сердечника относится к среднему стержню. Требуемая толщина набора

$$h = \frac{S_{ж}}{2b_1} = \frac{0,0132 \cdot 10^4}{2 \cdot 4,8} = 13,7 см. \quad (2.69)$$

43. Берем $h = 140$ мм, и этот размер наносим на рисунок 2.6.

44. Уточненное активное сечение сердечника и индукция на 7-й ступени:

$$S = 2bhK_3 = 2 \cdot 0,048 \cdot 0,14 \cdot 0,93 = 0,0125 м^2. \quad (2.70)$$

$$B_7 = \frac{360}{4,44 \cdot 50 \cdot 94 \cdot 0,0125} = 1,38 Т. \quad (2.71)$$

45. Индукция на 8-й (последней) ступени

$$B_8 = \frac{360}{4,44 \cdot 50 \cdot 82 \cdot 0,0125} = 1,58 Т,$$

что соответствует табл. 4 – 2 [8].

Таблица 2.3 – Распределение токов по отводам катушки

Номер конца	11	12	13	14	21	23	32	33	X
Расчетный ток, А	62	62	62	31	49	49	33,2	33,2	33,2
Сечение отводов из ПГВ – 1, мм ²	10								

$$n = 2 \frac{hK_3}{\delta_{ж}} = 2 \cdot \frac{140 \cdot 0,93}{0,5} = 524$$

46. Число листов двух пакетов сердечника пластины (листа).

47. Масса сердечника:

$$G_{ж} = \gamma \sum V_{ж} \cdot 10^{-3} = 7,8 \cdot 2hK_3(Hl - h_0b_0) \cdot 10^{-3} = \quad (2.72)$$

$$= 7,8 \cdot 2 \cdot 14 \cdot 0,93 \cdot (19,2 \cdot 19,2 - 9,6 \cdot 9,6) 10^{-6} = 56,3 \text{ кг.}$$

48. Средняя длина витка катушек № 1

а) 12 витков 1-й секции, уложенной снизу,

$$l'_{CP.K1} = 2(B - 2R) + 2(B - 2R) + 2\pi \left(R + \frac{A + E}{4} \right) = \quad (2.73)$$

$$= 2(111 - 2 \cdot 10) + 2(165 - 2 \cdot 10) + 2 \cdot 3,14 \left(10 + \frac{32 + 35}{4} \right) = 472 + 168 = 0,64 \text{ м,}$$

б) 24 витков 2-й секции, уложенной сверху,

$$l''_{CP.K1} = 472 + 2 \cdot 3,14 \left[(10 + 32) + \frac{51 + 54}{4} \right] = 0,89 \text{ м;}$$

в) целой катушки № 1

$$l_{CP.K1} = 472 + 2 \cdot 3,14 \left[10 + \frac{(32 + 51) + (35 + 54)}{4} \right] = 0,8 \text{ м}$$

49. Средняя длина витка катушек № 2

$$l_{CP.K2} = 472 + 2 \cdot 3,14 \left(10 + \frac{82 + 85}{4} \right) = 0,794 \text{ м}$$

50. Масса катушки № 1

$$G_{K1} = \gamma K_y \cdot 10^{-3} (\omega'_{K1} q_{1(1)} l'_{CP.K1} + \omega''_{K1} q_{1(2)} l''_{CP.K1}) = \quad (2.74)$$

$$= 8,9 \cdot 1,08 \cdot 10^{-6} \cdot (12 \cdot 17,64 \cdot 0,64 + 24 \cdot 13,79 \cdot 0,88) = 1,34 + 2,86 = 4,2 \text{ кг.}$$

Масса катушки № 2

$$G_{K2} = 8,9 \cdot 1,09 \cdot 10^{-3} \cdot 46 \cdot 9,3 \cdot 0,794 = 3,3 \text{ кг.}$$

51. Масса первичной обмотки

$$G_1 = 2G_{K1} + 2G_{K2} = 2 \cdot 4,2 + 2 \cdot 3,3 = 15 \text{ кг.}$$

52. Размеры диска

$$L = b_c + (Ж - 5) = 48 + 4 + 48 + (11 - 5) = 106 \text{ мм,}$$

$$P = h + (\Gamma - 5) = 140 + (25 - 5) = 160 \text{ мм,}$$

$$C + d_{TP} = E_{K1} + 3 = (35 + 54) + 3 = 92 \text{ мм,}$$

(2.75)

$$C = 92 - d_{TP} = 92 - 11 = 81 \text{ мм,}$$

$$\Pi = A + (2 + 5 + 5 + \delta_K) = 86 + 12 + 8 = 106 \text{ мм.}$$

53. Средняя длина витка диска

$$l_{CP2} = 2(L - 2R) + 2(P - 2R) + 2\pi \left(R + \frac{2K + \Pi + C}{8} \right) =$$

$$= 2 \cdot (106 - 2 \cdot 10) + 2 \cdot (160 - 2 \cdot 10) + 2 \cdot 3,14 \cdot \left(10 + \frac{2 \cdot 78 + 106 + 81}{8} \right) = 0,784 \text{ м}$$

54. Масса двух дисков

$$G_2 = 2 \cdot (\gamma \cdot l_{CP2} \cdot g_{2(1)}) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (8,9 \cdot 0,784 \cdot 624) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 4,35 = 8,7 \text{ кг}$$

55. Размеры и масса дисков уточняется после конструктивного оформления вторичного витка. Тогда же подсчитывается и масса контактных плит.

56. Потери холостого хода трансформатора:

а) на номинальной ступени при $B_H = 1,38 \text{ Т}$ $P_0 = K_0 \text{ р } G_{ж} = 1,15 \cdot 6,32 \cdot 56,3 = 410 \text{ Вт}$;

б) на последней ступени при $B = 1,58 \text{ Т}$ $P_{0 \text{ макс}} = 1,15 \cdot 8,56 \cdot 56,3 = 554 \text{ Вт}$.

57. Средняя длина магнитной линии

$$l_\mu = 2(96 + 96) + 2\pi \frac{96}{2} = 68,4 \text{ см}$$

(2.76)

58. Суммарная м. д. с. необходимая для создания потока в стали сердечника и воздушных зазорах для номинальной ступени:

$$\sum AW = AW_{ж} + AW_\delta = a\omega \cdot l_\mu + 0,8B\delta_3 \cdot 10^4 =$$

$$= 14,8 \cdot 68,4 + 0,8 \cdot 1,38 \cdot 2 \cdot 0,005 \cdot 10^4 = 1110 \text{ А}$$

(2.77)

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

59. Абсолютное значение тока холостого хода:

$$I_0 = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0p}^2} = \sqrt{1,14^2 + 7,4^2} = 7,5A, \quad (2.78)$$

где

$$I_{0a} = \frac{P_0}{U_1} = \frac{410}{360} = 1,14A;$$

$$I_{0p} = \frac{\sum AW}{K_r \sqrt{2}(W_1)_7} = \frac{1110}{1,13 \cdot 1,41 \cdot 94} = 7,4A$$

60. Величина тока холостого хода в процентах от номинального расчетного

$$i_0 = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100 = \frac{7,5}{62} \cdot 100 = 12\% \quad (2.79)$$

что меньше 20% и удовлетворяет ГОСТ 297 – 73.

61. Ток холостого хода на последней ступени при $B = 1,58$ Т

$$I_{0МАКС} = \sqrt{1,53^2 + 15,6^2} = 15,7A;$$

$$I_{0a} = \frac{554}{360} = 1,53A;$$

$$\sum AW = 32,9 \cdot 68,4 + 0,8 \cdot 1,58 \cdot 2 \cdot 0,005 \cdot 10^4 = 2376$$

$$I_{0p} = \frac{2376}{1,32 \cdot 1,41 \cdot 82} = 15,6A$$

62. Омическое сопротивление 12 витков катушки № 1

$$r_{0(1)1} = \rho \frac{l_{CP.K1} \omega_K}{q_{1(1)}} = 0,0175 \cdot \frac{0,64 \cdot 12}{17,64} = 0,0076 Ом \quad (2.80)$$

63. Омическое сопротивление 24 витков катушки № 1

$$r_{0(1)2} = 0,0175 \cdot \frac{0,89 \cdot 24}{13,79} = 0,0270 Ом$$

64. Омическое сопротивление катушки № 2

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$r_{0(2)} = 0,0175 \cdot \frac{0,794 \cdot 46}{9,3} = 0,068 \text{ Ом}$$

65. Омическое сопротивление диска вторичного витка

$$r_{0(D)} = \frac{l_{CP2}}{q_{2(1)}} = 0,0175 \cdot \frac{0,784}{624} = 22 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

66. Омическое сопротивление первичной обмотки на номинальной (седьмой) ступени:

$$r_0 = 2r_{0(1)} + \frac{r_{0(1)2}}{2} + \frac{r_{0(2)}}{2} = 2 \cdot 0,0076 + \frac{0,0270}{2} + \frac{0,068}{2} = 0,0627 \text{ Ом}$$

67. На той же первой ступени:

$$r_0 = 2r_{0(1)} + 2r_{0(1)2} + 2r_{0(2)} = 2 \cdot 0,0076 + 2 \cdot 0,0270 + 2 \cdot 0,068 = 0,2 \text{ Ом}$$

68. Коэффициент Филда для 12 витков катушки № 1:

$$\alpha'_{K1(1)} = 2b_{K1} \sqrt{\frac{fa_{K1(1)} \omega'_{K1}}{l_s \rho \cdot 10^4}} = 21 \sqrt{\frac{500,18 \cdot 12}{9,6 \cdot 0,0175 \cdot 10^4}} = 2 \cdot 0,256 = 0,512 \text{ см}$$

$$K'_{FK1} = 1 + \frac{n_a^2 - 0,2}{9} (\alpha'_{K1(1)})^4 = 1 + \frac{1^2 - 0,2}{9} (0,512)^4 = 1,0063$$

В процентах:

$$K'_{FK1} = \left[\frac{n_a^2 - 0,2}{9} (\alpha'_{K1(1)})^4 - 1 \right] \cdot 100 = 0,63\%$$

69. Для 24 витков:

$$\alpha'_{K1(2)} = 21 \sqrt{\frac{50 \cdot 0,14 \cdot 24}{9,6 \cdot 0,0175 \cdot 10^4}} = 2 \cdot 0,33 = 0,66 \text{ см}$$

$$K''_{FK1} = 1 + \frac{1^2 - 0,2}{9} \cdot (0,66)^2 = 1,017$$

В процентах:

$$K''_{FK1} = 1,7\%$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Для катушки № 2

$$\alpha_{K2} = 2b_{K2} \sqrt{\frac{f a_{K2} \omega_{K2}}{l_s \rho \cdot 10^4}} = 2 \cdot 0,85 \cdot \sqrt{\frac{500,112 \cdot 46}{9,6 \cdot 0,0175 \cdot 10^4}} = 0,67 \text{ см} ;$$

$$K_{F2} = 1,0184.$$

В процентах $K_{F2} = 1,8 \%$.

70. Для одного диска вторичного витка:

$$\alpha'_2 = 2a_{Д} \sqrt{\frac{fK}{l_s \rho 10^4}} = 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{\frac{50 \cdot 7,8}{9,6 \cdot 0,0175 \cdot 10^4}} = 0,77 \text{ см} \quad (2.81)$$

$$K_{F2} = 1 + 0,09 \cdot (0,77)^4 = 1,031.$$

В процентах $K_{F2} = 3,1 \%$.

71. Активное сопротивление 12 витков

$$r_{(1)1} = r_{0(1)1} \cdot K'_{FK1} = 0,0076 \cdot 1,0063 = 0,00765 \text{ Ом}$$

Активное сопротивление 24 витков

$$r_{1(2)} = 0,027 \cdot 1,017 = 0,0274 \text{ Ом}$$

Активное сопротивление катушки № 2

$$r_{(2)} = 0,068 \cdot 1,0184 = 0,0692 \text{ Ом}$$

Активное сопротивление одного диска вторичного витка

$$r_{Д} = r_{0(Д)} K_{F2} = 22 \cdot 10^{-6} \cdot 1,03 = 22,7 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

72. Активное сопротивление первичной обмотки:

а) на номинальной (седьмой) ступени при 20°C

$$r_{1(20^{\circ})} = 2 \cdot 0,00765 + \frac{0,0274}{2} + \frac{0,0692}{2} = 0,0636 \text{ Ом} ;$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

б) на первичной ступени

$$r_{(1)} = 2 \cdot 0,0765 + 2 \cdot 0,0692 = 0,208 \text{ Ом}$$

73. Активное сопротивление вторичного витка

$$r_{2(20^\circ)} = \frac{1}{n_D} \cdot r_D = \frac{22,7 \cdot 10^{-6}}{2} = 11,35 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

74. Активное сопротивление первичной обмотки на седьмой ступени при $t_{\text{раб}} = 100^\circ\text{C}$

$$r_1 = r_{120^\circ} [1 + \alpha(100 - 20)] = 0,0636 \cdot (1 + 0,0039 \cdot 80) = 0,068 \cdot 1,312 = 0,084 \text{ Ом}$$

75. Активное сопротивление вторичной обмотки при $t_{\text{раб}} = 45^\circ\text{C}$.

$$r_2 = 11,35 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0,0039 \cdot 25) = 11,35 \cdot 10^{-6} \cdot 1,097 = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

76. Потери в первичной обмотке на номинальной ступени при номинальном токе

$$P_{1H} = I_{1H}^2 r_1 = 138^2 \cdot 0,084 = 1600 \text{ Вт} \quad (2.82)$$

77. То же при расчетном токе

$$P_1 = I_1^2 r_1 = 62^2 \cdot 0,084 = 322 \text{ Вт}$$

78. Потери во вторичном витке

$$P_{2H} = I_{2H}^2 r_2 = 12500^2 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} = 1950 \text{ Вт}$$

$$P_2 = I_2^2 r_2 = 5600^2 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} = 392 \text{ Вт}$$

79. Активное сопротивление обмоток трансформатора, приведенное ко вторичной обмотке, для первой ступени

$$r_{T(1)} = \frac{r_{(1)} \cdot 1,312}{K^2} + r_2 = \frac{0,208 \cdot 1,312}{164^2} + 12,5 \cdot 10^{-6} = 22,7 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

80. Для номинальной ступени

$$r_T = \frac{r_1}{K^2} + r_2 = \frac{0,084}{94^2} + 12,5 \cdot 10^{-6} = 22,0 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

81. На ступени I и II катушечные группы обмоток включены последовательно и индуктивное сопротивление трансформатора, приведенное к первичной обмотке

$$X'_{T(1)} = X_{ГPI} + X_{ГPII} \quad (2.83)$$

82. На первой ступени катушки в группах I и II соединены между собой последовательно и группа I идентична группе II; следовательно, можно считать, что

$$X'_{T(1)} = 2X_{ГPI} = 2(X_{(1)} + X_{(2)})$$

83. Для расчета $X_{(1)}$ и $X_{(2)}$, определяем индуктивные сопротивления трансформатора:

$$X'_{T(1)} = 2(X_{(1)} + X_{(2)}) = 29,5 \cdot 10^{-6} \left\{ \frac{80 \cdot 0,955 \cdot (12+24)^2}{9,6} \left[\frac{1,0}{3} + 0,44 + \frac{(12+24) \cdot 0,8}{3 \cdot (12+24+46)} \right] + \frac{79,4 \cdot 0,958 \cdot 46^2}{9,6} \left[\frac{0,86}{3} + 0,44 + \frac{46 \cdot 0,8}{3 \cdot (46+12+24)} \right] \right\} = 2 \cdot 0,22 = 0,45 \text{ Ом}$$

$$l_{CP.K1} = 80 \text{ см}; l_{CP.K2} = 79,4 \text{ см}; \omega_{K1} = (12+24) = 36; \omega_{K2} = 46; b_0 = 9,6 \text{ см}; \\ b_{K1} = 1 \text{ см}; b_{K2} = 0,85 \text{ см}; a_D = 0,8 \text{ см}$$

84. Толщина изоляции между любой катушки и диском $\Delta_1 = \Delta_2 = 0,44 \text{ см}$ и складывается из следующих слагаемых:

$$b = \frac{0,27}{2} = 0,135 \text{ см};$$

- 1) односторонней толщины провода по стороне
- 2) толщины изоляции катушки:
 - а) лакоткани стеклоэскапоновой ЛСЭ-1 0,17 мм-1 слой вполнахлеста-0,034 см;
 - б) ленты стеклянной 0,2 мм, пропитанной электроизоляционным лаком МЛ-92, вполнахлеста-0,04 см;
 - 3) толщины шайбы изоляционной из стеклотекстолита 0,1 см;

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

4) воздушных зазоров между наружной изоляцией и проводом, разбухания от пропитки и производственных отклонений - приблизительно 0,13 см.

85. Коэффициент Роговского для катушки № 1

$$K_{RK1} = 1 - \frac{1}{2\pi\chi_{K1}} = 1 - \frac{1}{6,28 \cdot 3,58} = 0,955 \quad (2.84)$$

$$\chi_{K1} = \frac{b_0}{2\Delta_1 + b_{K1} + a_{д}} = \frac{9,6}{2 \cdot 0,44 + 1,0 + 0,8} = 3,58 \text{ см}$$

86. Для катушки № 2

$$K_{RK2} = 1 - \frac{1}{23,8} = 0,958$$

$$\chi_{K2} = \frac{9,6}{2 \cdot 0,44 + 0,85 + 0,8} = 3,8 \text{ см}$$

87. Индуктивное сопротивление трансформатора, соответствующее первой ступени, приведенное ко вторичной обмотке:

$$X_{T(1)} = \frac{X'_{T(1)}}{(\omega_1)_1^2} = \frac{0,45}{164^2} = 16,7 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

88. На седьмой ступени 12-витковые секции катушек № 1-I и № 1-II соединены между собой последовательно, а секции по 24 витка-параллельно. Катушки № 2 соединены между собой также параллельно. В I и во II катушечных группах распределение токов, м. д. с. И потоков рассеяния будут одинаковы. Ведем расчет:

$$X_{ггI} = X_{ггII} = \frac{9,5 \cdot 10^{-6} \cdot 80}{9,6} \left\{ 0,955 \cdot \left(\frac{12}{2} + 24 \right)^2 \left[\frac{1}{3} + 0,44 + \frac{0,8 \cdot \left(\frac{12}{2} + 24 \right)}{3 \left(\frac{12}{2} + 24 + \frac{46}{2} \right)} \right] + 0,958 \cdot \left(\frac{46}{3} \right)^2 \times \left[\frac{0,85}{3} + 0,44 + \frac{0,85 \cdot \frac{46}{2}}{3 \cdot \left(\frac{12}{2} + 24 + \frac{46}{2} \right)} \right] \right\} = 0,092 \text{ Ом}$$

Катушечные группы I и II включены последовательно, и, следовательно

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$X_T' = X_{ГПИ} + X_{ГПИ} = 2 \cdot 0,092 = 0,184 \text{ Ом}$$

89. Индуктивное сопротивление трансформатора на номинальной ступени, приведенное к вторичной обмотке

$$X_T = \frac{X_T'}{K^2} = \frac{0,184}{94^2} = 20,8 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

90. Полное сопротивление обмоток трансформатора на номинальной ступени

$$Z_T = \sqrt{X_T'^2 + r_T'^2} = 10^{-6} \cdot \sqrt{(20,8^2 + 22,0^2)} = 30,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \quad (2.85)$$

91. Напряжение короткого замыкания

$$U_a = I_{1Н} (r_1' + r_2 K^2) = 138 \cdot (0,084 + 12,5 \cdot 10^{-6} 94^2) = 26,8 \text{ В}; \quad (2.86)$$

$$U_P = I_{1Н} X_T' = 138 \cdot 0,184 = 25,4 \text{ В};$$

$$U_K = I_{1Н} Z_T' = 138 \sqrt{(r_1' + r_2 K^2)^2 + X_T'^2} = 138 \cdot \sqrt{0,194^2 + 0,184^2} = 36,7 \text{ В};$$

$$u_K = \frac{U_K \cdot 100}{U_1} = \frac{37 \cdot 100}{360} = 10,2\%$$

92. К. П. Д. трансформатора

$$\eta = 1 - \frac{\sum P}{U_1 I_{1Н} \cos \varphi_1} = 1 - \frac{3960}{360 \cdot 138 \cdot 0,85} = 0,907 \quad (2.87)$$

93. Здесь суммарные потери, соответствующие номинальной ступени, $\sum P = P_0 + P_{1Н} + P_{2Н} = 410 + 1600 + 1950 = 3860$ Вт, и ориентировочно принимаем $\cos \varphi_1 = 0,85$.

Все результаты расчетов сводятся в расчетную записку. Для теплового расчета обмоток трансформатора на рисунке 2.7 приведена электрическая схема соединения катушек первичной обмотки на номинальной ступени и распределение тока по параллельным ветвям.

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

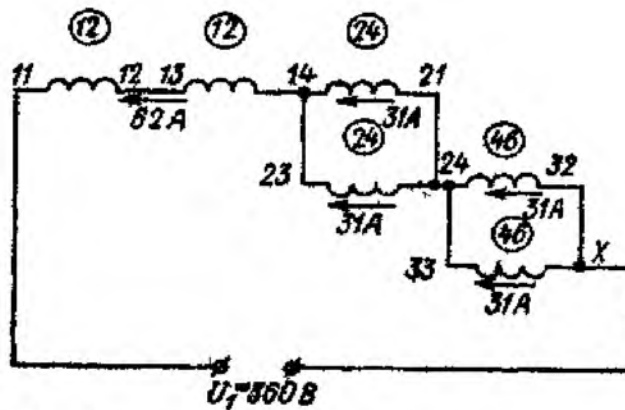


Рисунок 2.7 – Электрическая схема соединения катушек

94. Потери в катушке № 1 первичной обмотки, соответствующие расчетным значениям токов:

$$P_{(1)} = P_{(1)1} + P_{(1)2} = 38,6 + 34,5 = 73,1 \text{ Вт.} \quad (2.88)$$

$$P_{(1)1} = I_{1(1)}^2 r_{(1)1} = 62^2 \cdot 0,00765 \cdot 1,312 = 38,6 \text{ Вт}$$

- потери в 12 – витковой секции катушки № 1;

$$P_{(1)2} = 31^2 \cdot 0,0274 \cdot 1,312 = 34,5 \text{ Вт}$$

- то же в 24 – витковой секции катушки № 1.

95. В катушке № 2

$$P_{(2)} = I_2^2 r_{(2)} \cdot 1,312 = 31^2 \cdot 0,0692 \cdot 1,312 = 88 \text{ Вт}$$

96. В одном диске вторичного витка

$$P_{\text{д}} = I_{2\text{д}}^2 r_{\text{д}} \frac{1,097 \cdot 1}{n_{\text{д}}^2} = 5600^2 \cdot 22,7 \cdot 10^{-6} \frac{1,097 \cdot 1}{2^2} = 195 \text{ Вт.}$$

Здесь 1,312 и 1,097 – коэффициенты приведения активного сопротивления первичной и вторичной обмоток к рабочей температуре.

97. Поверхность сопротивления катушек первичной обмотки с дисками вторичного витка для катушки № 1

$$F_{K1} = l_{\text{ср.К1}} \cdot A_{K1} = 80,0 \cdot 8,6 = 688 \text{ см}^2. \quad (2.89)$$

Здесь $A_{к1} = 8,6$ см – радиальный размер целой катушки № 1.

98. Для катушки №2

$$F_{к2} = l_{ср.к2} \cdot A_{к2} = 77,4 \cdot 8,5 = 656 \text{ см}^2.$$

99. Удельный тепловой поток от провода катушки № 1 к диску вторичной обмотки для катушки № 1

$$\frac{P_{(1)}}{F_{к1}} = \frac{73,1}{688} = 0,106 \text{ Вт} / \text{см}^2$$

100. Для катушки № 2

$$\frac{P_{(2)}}{F_{к2}} = \frac{88}{656} = 0,134 \text{ Вт} / \text{см}^2$$

Из этих расчетов следует, что наибольший перепад температуры от провода катушки к диску будет в катушках № 2, имеющих наибольший удельный тепловой поток, поэтому определяем температуру нагрева катушки № 2. При расчете принимаем, что поток охлаждающей воды направлен от I катушечной группы ко II и рассчитываемые нами катушки № 2 расположены в I и во II катушечных группах.

101. Среднее превышение температуры охлаждающей воды при прохождении ее по I катушечной группе

$$\Delta t_B = \frac{P_{ГР.I}}{C_V \cdot Q \cdot 10^3} = \frac{P_{(1)} + P_{(2)} + P_D}{4,18 \cdot 0,036 \cdot 10^3} = \frac{73,1 + 88 + 195}{4,18 \cdot 36} = 2,4^\circ \text{C} \quad (2.90)$$

Расход охлаждающей воды принимаем равным $Q = 120$ л/ч = 0,036 л/с.

102. Перепад температуры от внутренней поверхности трубки к воде

$$\Delta t_{д.в} = \frac{P_{ГР.I}}{\alpha \cdot F_T} = \frac{356,1}{0,49 \cdot 220} = 3,3^\circ \text{C} \quad (2.91)$$

Коэффициент теплоотдачи $\alpha = 1,16 \cdot 10^{-4} \text{ в } v^{0,87} d^{-0,13} = 1,16 \cdot 10^{-4} \times 2270 \cdot 0,96 \cdot 1,97 = 0,49 \text{ Вт} / (\text{см}^2 \cdot \text{К})$. Здесь коэффициент в из табл. 4-7 [8] в зависимости от так называемой средней температуры $t_{ср}$, для расчета которой принимаем:

а) $t_{0, \text{В}} = 15^\circ \text{C}$ – температура охлажденной воды на входе с трансформатором;

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

б) $\Delta t_{д.в} = 5^{\circ} C$ – предполагаемый перепад от поверхности трубки к воде.

Средняя температура:

$$t_{cp} = t_{O.B} + 0,1(2t_{O.B} + \Delta t_{д.в} + \Delta t'_{д.в}) = 15 + 0,1(2 \cdot 15 + 2,36 + 5) = 18,74^{\circ} C \quad (2.92)$$

Из табл. 4 – 7 [8] следует, что температуре $t_{cp} = 18,74^{\circ} C$ соответствует $b = 2270$. Скорость истечения воды

$$v = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{S_T} = \frac{0,036 \cdot 10^{-3}}{38,5 \cdot 10^{-6}} = 0,94 м/с \quad (2.93)$$

$$S_T = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,007^2}{4} = 38,5 \cdot 10^{-6} м^2$$

Здесь внутренний диаметр трубки $d_T = 0,007 м$; $v^{0,87} = 0,94^{0,87} = 0,96$ и $d^{0,13} = 0,007^{0,13} = 1,97$.

Площадь внутренней поверхности охлаждающей трубки одного диска $F_T = \pi \cdot d_T \cdot l_T \cdot 10^4 = 3,14 \cdot 0,07 \cdot 1,0 \cdot 10^4 = 230 см^2$, где длина трубки одного диска $l_T = 1,0 м$. Так как предлагаемый перепад температуры от поверхности трубки к воде $\Delta t_{д.в}$ не более полученного $\Delta t_{д.в}$, то уточненного пересчета t_{cp} , b и α делать не надо.

103. Перепад температуры между диском и катушкой № 2 группы II

$$\Delta t_1 = \frac{P_{(2)} \Delta_1}{\lambda \cdot F_{к2}} = \frac{88 \cdot 0,44}{0,0014 \cdot 656} = 42,4^{\circ} C$$

Здесь Δ_1 – см. п. 84; $\lambda = 0,0012 - 0,0016$.

104. Температура нагрева провода катушки № 2

$$t_1 = \Delta t_1 + \Delta t_{д.в} + \Delta t_{в} + t_{O.B} = 42,4 + 3,3 + 2,4 + 15 = 63,1^{\circ} C \quad (2.94)$$

что не превышает значений, указанных в табл. 2–4 [8]

В результате проведенного расчета, делаем вывод, что данный трансформатор нам подходит.

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) должно коротко и недвусмысленно отражать чистую идею проекта. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) не должно быть нагружено деталями реализации.

Содержание ТЭО

1. О проекте:

1.1 Наименование проекта - разработка технологии и технологической оснастки для сборки и сварки емкости под гсм.

1.2 Цель проекта – рассчитать технико-экономические показатели проекта.

2. Исходные данные по проекту:

2.1 Основные виды деятельности – сборка и сварка емкости под гсм.

2.2 Производственные возможности – обеспечение программы выпуска в 5000 шт.

3.1. Расчет нормы времени и фондов времени оборудования и рабочих

Расчет нормы времени зависит от типа производства:

$$t_{шт} = t_o + t_{вн} + t_{обс} + t_{отд}, \quad (3.1)$$

где t_o – основное время сварки изделия (образования сварного шва) полностью зависит от изделия и вида сварки;

$t_{вн}$ – вспомогательное не перекрываемое время, затрачиваемое на действие рабочего, необходимые для выполнения основной работы: время на установку кантование в процессе обработки, снятие изделия, клеймение шва, перемещение сварщика с полуавтоматом (автоматом) и инструментом от шва к шву, зачистка свариваемых кромок от окалины, шлака, ржавчины, смену электродов и т. д.;

$t_{обс}$ – время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом (механизмом, инструментом), на регулирование и поддержание заданного режима (подналадка оборудования), включение и выключение оборудования и механизмов;

$t_{отд}$ – время на отдых и личные надобности рабочего.

$$t_o = \frac{L}{V_{св}} \quad (3.2)$$

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

где L – длина швов, длина швов $L = 4800$ мм, $L = 4,8$ м;
 $V_{св}$ – скорость сварки.

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Сварку ведем механизированной сваркой, $t_0 = 4,8 / 40 = 0,12$ ч	Сварку ведем шовной сваркой $t_0 = 4,8 / 60 = 0,08$ ч
$t_{вн} = 0,02$ ч	$t_{вн} = 0,02$ ч
$t_{обс} = 0,1(t_0 + t_{вн}) = 0,014$ ч.	$t_{обс} = 0,1(t_0 + t_{вн}) = 0,01$ ч.
$t_{отд} = 0,07(t_0 + t_{вн}) = 0,0098$ ч.	$t_{отд} = 0,07(t_0 + t_{вн}) = 0,07$ ч.
$t_{шт} = 0,12 + 0,02 + 0,014 + 0,0098 = 0,1638$ ч.	$t_{шт} = 0,08 + 0,02 + 0,01 + 0,07 = 0,18$ ч.

3.2 Расчет фондов времени

3.2.1 Расчет фондов времени оборудования

Расчет действительного фонда времени работы оборудования производится по формуле:

$$F_{\phi}^0 = F_{НОМ}^0 \cdot k_{ППР} \quad (3.3)$$

где F_{ϕ}^0 - действительный фонд времени работы оборудования, ч/год.

$F_{НОМ}^0$ - номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год.

k – коэффициент учитывающий время по плану на капитальный и средний ремонт, текущее планово-предупредительное обслуживание, $k = 0,97$;

Номинальный годовой фонд работы оборудования определяется по формуле:

$$F_{НОМ}^0 = \frac{D_2 \cdot Ч_н}{D_н}, \quad (3.4)$$

где D_2 – число дней работы в году, $D_2 = 252$ дня;

$Ч_н$ – число часов работы в неделю, $Ч_н = 40$ ч;

$D_н$ – число дней работы в неделю, $D_н = 5$ дней.

$$F_{НОМ}^0 = \frac{252 \cdot 40}{5} = 2016$$

$$F_{\phi}^0 = 2016 \cdot 0,97 = 1955$$

3.2.2 Действительный фонд времени рабочего

Действительный фонд времени рабочего рассчитывается по формуле:

$$F_{\partial}^p = F_{НОМ}^p \cdot k_0, \quad (3.5)$$

где F_{∂}^p - действительный фонд времени рабочего, ч/год;

$F_{НОМ}^p$ - номинальный фонд времени рабочего, ч/год;

k_0 – коэффициент, учитывающий время по плану на отпуска, болезни, выполнение общественных и государственных обязанностей, $k = 0,88$.

$$F_{НОМ}^p = \frac{D_2 \cdot Ч_H}{D_H}, \quad (3.6)$$

где $Ч_H$ – число часов работы в неделю рабочего, $Ч_H = 40$ ч.

$$F_{НОМ}^p = \frac{252 \cdot 40}{5} = 2016 \text{ ч.}$$

$$F_{\partial}^p = 2016 \cdot 0,88 = 1818 \text{ ч.}$$

3.3. Расчет потребности в оборудовании и количестве рабочих

Расчетное количество сварочного оборудования, необходимое для выполнения планового задания C_p , следует определять следующим образом:

$$C_p = \frac{t_{шт} \cdot N}{F_{\partial}^o \cdot k_v \cdot k_{пр}}, \quad (3.7)$$

где $t_{шт}$ – штучное время для изготовления одного изделия на данном типе оборудования, нормо – ч;

N – годовая программа выпуска изделий, шт.;

F_{∂}^o - действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;

k_v – коэффициент выполнения норм выработки, равный 1,2;

$k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий простой оборудования в аварийном ремонте, вследствие занятости рабочих – сварщиков при выполнении других работ, равен 0,8.

$$C_p = \frac{0,1638 \cdot 5000}{1955 \cdot 1,2 \cdot 0,85} = 1,1$$

$$C_p = \frac{0,18 \cdot 5000}{1955 \cdot 1,2 \cdot 0,85} = 1,25$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

По базовому количеству оборудования принимаем $C_{пр} = 2$ шт., при проектируемом варианте $C_{пр} = 1$ шт.

Коэффициент загрузки оборудования $\eta_{загр}$ рассчитаем как отношение расчетного числа оборудования к принятому:

$$\eta_{загр.i} = \frac{C_{рi}}{C_{прi}}, \quad (3.8)$$

где $\eta_{загр.i}$ – коэффициент загрузки оборудования на i – операции;

$C_{рi}$, $C_{пр.i}$ – расчетное и принятое количество оборудования на i – операции.

$$C_p = \frac{1,1}{2} = 0,55$$

$$C_p = \frac{1,25}{1} = 1,25$$

Расчетное количество основных рабочих P_p^o определяем по формуле:

$$P_p^o = \frac{t_{ум} \cdot N}{F_o^o \cdot k_6}, \quad (3.9)$$

$$C_p = \frac{0,1638 \cdot 5000}{1955 \cdot 1,2} = 0,35$$

$$C_p = \frac{0,18 \cdot 5000}{1955 \cdot 1,2} = 0,38$$

По базовому принимаем $C_p = 1$ человека при проектируемом варианте основных рабочих принимаем $C_p = 1$ человек.

3.4 Расчет капитальных вложений по вариантам

Расчет капитальных вложений производится по формуле:

$$K_{общ} = K_{об} + K_{пр} \quad (3.10)$$

где $K_{общ}$ – общие капитальные вложения, руб;

$K_{об}$ – капитальные вложения в сварочное оборудование, руб;

$K_{пр}$ – капитальные вложения в сборочно- сварочное приспособления, руб.

3.4.1 Капитальные вложения в сварочное оборудование:

$K_{об} = 2 * 385500$ (2 механизированных установки ПГД-308) = 771000 руб.

$K_{об} = 1 * 1000000$ (машина контактной шовной сварки МШ 2002) = 1000000 руб.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

3.4.2 Общие капитальные вложения по вариантам

Базовый
 $K_{\text{общ}} = 771000$ руб.

Проектируемый
 $K_{\text{общ}} = 1000000$

Удельные капитальные вложения:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / N \quad (3.11)$$

где N – программа выпуска.

$$K_{\text{уд}} = 771000 / 5000 = 154,2 \text{руб.}$$

$$K_{\text{уд}} = 1000000 / 5000 = 200 \text{руб.}$$

3.5 Расчет текущих затрат

Технологическая себестоимость C_m сварочных работ на одно изделие включает затраты на сварочные материалы C_m , на технологическую электроэнергию $C_э$, заработную плату $C_з$, расходы на эксплуатацию и содержание оборудования $C_{об}$:

$$C_m = C_m + C_э + C_з + C_{об}, \quad (3.12)$$

3.5.1 Затраты на сварочные материалы:

$$C_m = C_{\text{эл.}} + C_{\text{вод.}} + C_{\text{возд.}} \quad (3.13)$$

где $C_{\text{эл}}$ – стоимость электродов;
 $C_{\text{вод.}}$ – стоимость воды;
 $C_{\text{возд.}}$ – стоимость воздуха.

Так как затраты на электроды, на использование воды и воздуха пренебрегаем в виду равенства по обоим вариантам и малости, принимаем их равными нулю.

Затраты на технологическую электроэнергию $C_э$, руб/м. шва определяют по формуле:

$$C_э = l_m \cdot q_э \cdot Ц_э, \quad (3.14)$$

где $q_э$ – расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, к Вт·ч;
 $Ц_э$ – цена за 1 кВт·ч электроэнергии, руб.

$$C_3 = 4,8 * 0,15 * 1,8 = 28,19 \text{ руб.}$$

3.5.2 Затраты на заработную плату

Затраты на заработную плату C_3 , руб/изделие, включают в себя основную Z_0 , дополнительную Z_d заработную плату и отчисления на социальные нужды O_c :

$$C_3 = Z_0 + Z_d + O_c \quad (3.15)$$

3.5.2.1 Основная заработная плата определяются по формуле:

Основную заработную плату производственных рабочих складывается из тарифной платы с учетом коэффициента, включающего районную доплату к заработной плате, приработок и доплаты по премиальным системам:

$$Z_0 = t_{шпср} \cdot Ч_m \cdot k_d, \quad (3.16)$$

где $Ч_m$ – часовая тарифная ставка оператора контактной шовной сварки, $Ч_m = 30$ руб/ч;

k - коэффициент доплат, $k_d = 1,6$.

$$Z_0 = 0,1638 * 30 * 1,6 = 7,86 \text{ руб.}$$

$$Z_0 = 0,18 * 30 * 1,6 = 8,64 \text{ руб.}$$

3.5.2.2 Дополнительная заработная плата определяются по формуле:

$$Z_d = Z_0 \cdot \frac{g}{100}, \quad (3.17)$$

где g – процент дополнительной заработной платы, $g = 15\%$; (18),

$$Z_d = 7,86 * 0,15 = 1,2 \text{ руб.}$$

$$Z_d = 8,64 * 0,15 = 1,3 \text{ руб.}$$

3.5.2.3 Отчисления на социальные нужды определяются по формуле:

$$O_c = (Z_0 + Z_d) \frac{C}{100}, \quad (3.18)$$

где C - процент отчисления на социальное страхование, $C = 31,2\%$.

$$O_c = (7,86 + 1,2) * 0,312 = 2,8 \text{ руб.}$$

$$O_c = (8,64 + 1,3) * 0,312 = 3,1 \text{ руб.}$$

$$C_3 = 7,86 + 1,2 + 2,8 = 11,86 \text{ руб.}$$

$$C_3 = 8,64 + 1,3 + 3,1 = 13,04 \text{ руб.}$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

3.6 Затраты на обслуживание оборудования по вариантам

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования $C_{об}$ включают амортизационные отчисления A_o , затраты на текущий ремонт и обслуживание $Z_{тр}$ сварочного оборудования:

$$C_{об} = A_o + Z_{тр}, \quad (3.19)$$

где A_o – амортизационные отчисления;

$Z_{тр}$ – затраты на текущий ремонт и обслуживание сварочного производства.

Затраты на амортизацию сварочного оборудования по формуле:

$$A_o = \frac{\sum_{i=1}^m S_i \cdot n_i \cdot H_a \cdot \eta_{загр}}{N \cdot 100}, \quad (3.20)$$

где S_i – балансовая стоимость единицы оборудования i – типоразмера;

n_i – количество единиц оборудования;

H_a – норма амортизационных отчислений, (27%).

$$A_{o1} = (771000 \cdot 2 \cdot 27 \cdot 0,69) / (5000 \cdot 100) = 574,1 \text{ руб.} \quad A_{o2} = (1000000 \cdot 1 \cdot 27 \cdot 0,8) / (5000 \cdot 100) = 432 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и обслуживание оборудования рассчитываем по формуле:

$$Z_{тр} = (P_o \cdot K_{об}) / (N \cdot 100), \quad (3.21)$$

где P_o - процент отчислений на текущий ремонт оборудования, $P_o = 11\%$.

$$Z_{тр1} = (771000 \cdot 11) / (5000 \cdot 100) = 169,6 \text{ руб.} \quad Z_{тр2} = (1000000 \cdot 11) / (5000 \cdot 100) = 220 \text{ руб.}$$

Таким образом, на основе вышеприведённых расчётов определим $C_{об}$:

$$C_{об1} = 574,1 + 169,6 = 743,7 \text{ руб.} \quad C_{об2} = 432 + 220 = 652 \text{ руб.}$$

Р

Рассчитаем полные текущие затраты:

$$C_m^B = 0 + 28,19 + 11,86 + 743,7 = 783,75 \text{ руб.} \quad C_m^{III} = 0 + 28,19 + 13,04 + 652 = 693,23 \text{ руб.}$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

3.7 Расчет годового экономического эффекта

Определяем годовой экономический эффект, руб:

$$\mathcal{E}_Г = \left((C_{баз} + E_n \cdot K_{год}^{баз}) - (C_{пр} + E_n \cdot K_{год}^{пр}) \right) \cdot N \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_Г &= ((783,75 + 0,4 \cdot 154,2) - (693,23 + 0,4 \cdot 200)) \cdot 5000 = \\ &= (845,43 - 773,23) \cdot 5000 = 361000 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Результаты расчета сведены в таблицу графической части проекта.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Введение

Машиностроение является одним из травмоопасных производств, следовательно, улучшение условий охраны труда имеет огромное социальное и экологическое значение.

В свою очередь производительность труда повышается за счет сохранения здоровья и работоспособности человека, экономии живого труда путем повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека, экономии общественного труда путем повышения качества продукции, улучшения использования основных производственных фондов, уменьшения числа аварий.

На основе повышения технического уровня производства сокращается применение ручного и тяжелого труда, повышается уровень оснащенности предприятий средствами производственной санитарии, техники безопасности и пожарной безопасности.

Главной задачей является создание безопасного оборудования, технологий и средств транспортировки, т.к. профессиональные заболевания и травматизм сокращается. Здоровье людей часто компенсируется надбавками к заработной плате.

4.1 Общая характеристика проектируемого объекта с точки зрения безопасных условий труда

Объектом разработки является установка для сварки емкости под ГСМ. Она включает в себя:

Базовый вариант:

Приспособления (струбцины, обжимы);

Сварочное оборудование: установка для механизированной сварки в CO₂.

Проектируемый вариант:

Приспособления (струбцины, обжимы);

Сварочное оборудование: установка для механизированной сварки в CO₂;

Контактная шовная машина.

Базовый вариант имеет ряд недостатков с точки зрения безопасности. В базовом варианте имеется значительная доля ручного труда, т.к. сварка всей емкости производилась механизированной сваркой.

В проектируемом варианте предлагаю ввести сварку на сварочной машине как основной способ сварки, что уменьшит время на изготовление конструкции, в значительной степени улучшит условия труда и уменьшит травматизм.

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

4.2 Объемно-планировочное решение здания проектируемого участка

Минимальная площадь на каждого рабочего – не менее $4,5 \text{ м}^2$, а объем – 15 м^3 .

Расстояние между оборудованием 1,5 - 2 м, в зависимости от его расположения.

Высота до потолка $H=5 \text{ м}$;

Площадь участка $S=200 \text{ м}^2$;

Объем участка $V=1000 \text{ м}^3$;

Длина участка $B=20 \text{ м}$;

Ширина участка $A=10 \text{ м}$.

Эти данные соответствуют санитарным нормам СП 2.2.1.1312-03

Проектируемый участок может находиться на территории завода, и будет относиться к IV классу вредности.

Ширина санитарной зоны - 50 м.

Здание, в котором находится участок, сверху защищено покрытием, на котором помещена теплоизоляция для поддержания в здании требуемой температуры, а поверх ее - гидроизоляционный слой. Снизу вокруг нагруженных стен делается оснастка с уклоном - 0,03, служащая для отвода дождевых и талых вод от фундамента и цоколя. В стенах здания предусмотрены регулируемые приточные и вытяжные отверстия. Для индивидуальной защиты от вредных паров и пыли у рабочего персонала имеются респираторы.

4.3 Производственная санитария

4.3.1 Микроклимат производственных помещений

На участках производятся работы относящие к физическим работам средней тяжести (категории Па) – работы средней тяжести охватывают виды деятельности, при которых расход энергии составляет от 150 до 200 ккал/час ($172 - 232 \text{ Дж/с}$), это работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей.

Таблица 4.1 – Микроклимат производственных помещений

Сезон года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность		Скорость воздуха	
		В раб. зоне		Оптим.	Допуск.	Оптим.	Допуск.
		Оптим.	Допуск.				
Холодный	Па ккал/ч	18-20	17-23	60-40	75	0,2	0,3
Теплый	Па ккал/ч	21-23	18-27	60-40	65	0,3	0,2-0,4

Для поддержания необходимой температуры предусмотрена водяная система отопления. Так же в период холодного времени года используются избытки тепла вместе с отоплением. Для установления оптимального микроклимата в здании участка предусмотрена вентиляция.

4.3.2 Освещение

Нормальное освещение создает хорошие условия для работы. На участке используется как искусственное, так и естественное освещение. Естественное освещение обеспечивается через аэрацию. Такой вид естественного освещения относится к верхнему. Значение коэффициента естественного освещения устанавливается в соответствии со СНИП 23-05-95.

Учитывая, что выполняемая на участке работа относится к работам средней точности (разряд зрительной работы IV), принимаем коэффициент естественного освещения КЕО=4.

Размер различаемого объекта от 0,5 до 1 мм.

Принимаем освещенность $E_n=300$ лк.

Согласно СНИП 23-05-95 при выполнении работ I-IV разряда следует применять комбинированную систему освещения.

Рационально спроектированное освещение помещений позволяет повысить качество работы и безопасность труда.

Расчёт общего искусственного освещения.

1. Высота подвеса, м.

$$H_c = H - h_c - h_p, \quad (4.1)$$

где H - высота помещения, $H = 5$ м;

h_c - расстояние от потолка до нижнего края светильника, $h_c = 0,2(H - h_p)$;

h_p - высота рабочей поверхности от пола, $h_p = 0,8$.

$$H_c = 5 - 0,2(5 - 0,8) - 0,8 = 4,96 \text{ м}$$

2. Расстояние между светильниками, м

$$L = H_c(1,4 - 2,0), \quad (4.2)$$

$$L = 4,96 \times 1,5 = 7,44 \text{ м}$$

3. Необходимое минимальное количество светильников

$$N = S/L^2, \quad (4.3)$$

где S - площадь освещенного помещения, $S = 200 \text{ м}^2$.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		77

$$N = 200/7,44^2 = 4 \text{ шт}$$

Светильники располагаем в один ряд.

4. Необходимый световой поток одной лампы, лм

$$F_{л} = E_{н} \times S \times K_3 \times Z / \eta \times N, \quad (4.4)$$

где S – площадь освещённого помещения - 200 м^2 ;

$E_{н}$ – нормированное значение освещённости - 300 лк ;

Z – коэффициент, учитывающий неравномерность освещения $1,15$;

K_3 – коэффициент, запаса учитывающий эмиссию ламп в процессе эксплуатации, $K_3 = 1,7$;

η – коэффициент использования светового потока – $0,62$.

$$F = 300 \times 200 \times 1,7 \times 1,15 / 0,62 \times 4 = 18519 \text{ лм}$$

Индекс помещения:

$$I = S / (H_c(A+B)), \quad (4.5)$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м.

$$I = 200 / 2,96(20+10) = 2,25$$

Принимаем к установке светильник «Астра», с лампой НГ – 1000 , со световым потоком 18600 лм .

Проверим процент отклонения от необходимого светового потока:

$$[(18600-18519) \times 100] / 18600 = 0,44 \% \text{ что допустимо.}$$

5. Затраты электроэнергии на освещение:

$$W = W_{л} \times N, \quad (4.6)$$

где $W_{л}$ – тип лампы;

N – количество светильников.

$$W = 1000 \times 10 = 10 \text{ кВт}$$

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

Таблица 4.2 – Результаты расчетов

Наименование помещения	Характер зрительной работы и ее разряд	Размер различения, мм	Нормируемое значение КЕО, %		Нормируемая освещенность при искусственном освещении, лк		Тип светильника, марка, мощность, световой поток
			Комб. осв.	Бок. осв.	Комб. осв.	В т.ч. общее	
1	2	3	4	5	6	7	8
Участок для сварки емкости под ГСМ	Средняя точность IV	От 0,5 до 1,0	750	200	750	200	Астра НГ-1000, 18600 лм

4.3.3 Хозяйственно-питьевое водоснабжение

Общий расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, исходя из норм потребления на 1 человека в смену для цехов: горячих - 45 л, холодных - 25 л. Из них на питьевые нужды - до 5 л и 3 л;

На одну душевую сетку расход воды составляет 500 л/ч, на один кран умывальника расход воды - 180 л/ч.

На рассматриваемом участке работу выполняют 4 рабочих.

Общий расход воды для этого участка приведен в (таблице 4.3).

Таблица 4.3 - Расход воды для проектируемого участка

Цех, участок, отделение	Количество работающих	Потребность в воде, л		
		Для питья	для хоз. целей	всего
Участок	4	12	180	192

4.3.4 Выделение вредных веществ

На данном участке производится 2 вида сварки: контактная шовная, которая не выделяет вредных примесей при сварке и механизированная в CO₂, которая выделяет вредные примеси при сварке. С целью защиты воздуха от наличия вредных примесей применяется местная вытяжка – вентиляция. Устройство этой вентиляции делается в виде местного отсоса.

Количество воздуха, которое нужно удалить с помощью местного отсоса рассчитывается по формуле:

$$L = 3600 \cdot F_o \cdot V_{возд}, \quad (4.7)$$

где F_о - площадь отверстий и неплотностей укрытия – 0,75 м²;

V_{возд} - скорость воздуха в этих, м/с.

$$V_{\text{возд}} = \left(\frac{2,0}{2,5} \right) \cdot V_{\text{виг}}, \quad (4.8)$$

где $V_{\text{виг}}$ - скорость витания частиц, м/с.

$$V_{\text{виг}} = 4,65 \sqrt{d_4 \frac{\rho_4 - \rho_B}{\rho_B}}, \quad (4.9)$$

где d_4 - диаметр частиц твердой фазы - 0,008 мм;

ρ_4 - плотность частиц - $4,5 \times 10^{-3}$ кг/м³;

ρ_B - плотность воздуха - 1,3 кг/м³.

$$V_{\text{виг}} = 4,65 \sqrt{8 \cdot 10^{-6} \frac{(4,5 \cdot 10^{-3}) - 1,3}{1,3}} = 0,77 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{возд}} = 2,25 \cdot 0,77 = 1,73 \text{ м/с};$$

$$L = 3600 \cdot 0,75 \cdot 1,73 = 4671 \text{ м}^3.$$

По расходу воздуха $L = 4671 \text{ м}^3$ и напару $H = 100,0$ Па выбираем вентилятор Ц 4-70 №6 с частотой вращения вала двигателя $n = 7,958$ об/с.

Определим мощность двигателя, необходимую для рассчитанного расхода воздуха:

$$N_{\text{дв}} = (L \cdot N) / (3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{вент}} \cdot \eta_n), \quad (4.10)$$

где L - количество забираемого воздуха, м³;

N - сопротивление воздуха, кПа;

$\eta_{\text{вент}}$ - коэффициент полученного действия вентилятора, ($\eta_{\text{вент}} = 0,7$);

η_n - коэффициент полученного действия передачи, принимаемый при размещении вентилятора на одном валу с двигателем, ($\eta_n = 1$).

$$N_{\text{дв}} = (4671 \cdot 100) / (3600 \cdot 102 \cdot 0,7 \cdot 1) = 1,85 \text{ кВт}.$$

По полученной мощности 1,85 кВт выбираем двигатель 90L2/1425, номинальная мощность 2,2 кВт.

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

Таблица 4.4 – Токсикологическая характеристика веществ

Наименование веществ, гр вещества на 1 кг материалов	Агрегатное состояние	Характер воздействия на организм человека	ПДК, мг/м ³	Класс опасности по ГОСТ 12.1.005
1	2	3	4	5
Mn 0,14-0,8 Cr 0,02-1,0 SiO ₂ 1,9 CO 2-14 NO ₂ 0,8	Аэрозоль	Отравления, ожоги, изменения цветового зрения, бронхит	4	4

4.3.5 Шум, инфразвук, ультразвук

Объектом создающим шум в цехе является: машина контактной шовной сварки.

Шумовые характеристики оборудования: уровень звуковой мощности машины контактной рельефной сварки – 80 дБ.

Допустимый уровень шума равен 99 дБ ГОСТ 12.1003. Уровень шума создаваемый единицей оборудования не превышает допустимую норму, расчет не требуется.

4.4 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей технологического процесса

4.4.1 Опасность поражения электрическим током

Сборочно-сварочный участок включает в себя различное электрооборудование и электроустановки вследствие этого возникает опасность поражения электрическим током. Поэтому в помещении необходимо поддерживать определенный микроклимат, т.к. сырость, жара, едкая пыль разрушающе действуют на изоляцию.

Участок сборки и сварки относится к помещениям III класса, то есть к помещениям с особо опасным поражением электрическим током. Питающая сеть сварочного оборудования - 300 В, поэтому токоведущие провода надежно изолируются и размещены в закрытых пазах пола. Поверхность оборудования окрашена токонепроводящей краской, токопроводящие части оборудования ограждены. Имеются устройства защитной блокировки и линейной защиты, надписи и таблички в местах поражения током.

Все конструктивные элементы оборудования работающие под напряжением закрыты защитными кожухами.

На участке используется метод защитного заземления.

Исходные данные к расчету защиты от поражения электрическим током:

- напряжение электроустановок 380 В;

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

- грунт-глина;
- размеры участка цеха 20x10 м;
- глубина заложения стержней от поверхности земли $H=0,5$ м.

Необходимо произвести расчет заземляющего устройства для электроустановок.

1. Принимаем в качестве заземлителей стержни длиной $l_c=3$ м из стальных труб диаметром $d=50$ мм. Соединение заземлителей производим на сварке стальной полосой шириной $b=40$ мм.

2. Удельное сопротивление грунта с учетом сезонных колебаний влажности для вертикальных стержней определяем по формуле, Ом.м:

$$\rho_{o.c} = \psi * \rho_o, \quad (4.11)$$

где ρ_o – удельное сопротивление грунта - 40, Ом*м;
 ψ – коэффициент сезонности, $\psi = 1,5$.

$$\rho_{o.c} = 1,5 * 40 = 60 \text{ Ом*м}$$

3. Сопротивление растеканию тока с одиночного стержня, Ом:

$$R_c = (\rho_{o.c} / 2\pi * l_c) (\ln(2 * l_c / d) + 0,5 \ln(4t + l_c) / (4t - l_c)), \quad (4.12)$$

где l_c – длина стержня - 3м;
 d – диаметр стержня из трубы – 0,05 м;
 t – расстояние, от поверхности земли до середины стержня - 2 м.

$$R_c = (60 / 2 * 3,14 * 3) * (\ln(2 * 3 / 0,05) + 0,5 \ln(4 * 2 + 3) / (4 * 2 - 3)) = 24,4 \text{ Ом}$$

4. Предварительное количество заземлителей, шт

$$n_{пр} \eta_c = R_c / R_3, \quad (4.13)$$

где R_3 – сопротивление растеканию тока заземляющего устройства в соответствии с ПУЭ - 4, Ом;
 η_c – коэффициент использования вертикальных стержней.

$$n_{пр} = 24,4 / 4 = 6 \text{ шт}$$

5. Исходя из условий заложения заземляющего устройства (размеры площадки, размещение стержней по контуру) находим длину соединительной полосы, м:

$$l_n = 2 * 36 + 2 * 17,5 = 136 \quad (4.14)$$

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

$$\lambda = 136/6 = 22,3 \quad (4.15)$$

$$\lambda/l_c = 22,3/3 = 7,4 \quad (4.16)$$

где λ - расстояние между стержнями, м.

6. Определим удельное сопротивление грунта для соединительной полосы, Ом*м:

$$\rho_{c.n} = \psi \cdot \rho_o, \quad (4.17)$$

$$\rho_{c.n} = 40 \cdot 3 = 120 \text{ Ом*м}$$

7. Сопротивление растеканию тока с соединительной полосы, Ом:

$$R_n = [\rho_{o.n.} (2\pi \cdot l_n)] \cdot \ln[(2l_n^2)/(b \cdot H)], \quad (4.18)$$

где b - ширина полосы, м;

H - глубина заложения полосы от поверхности земли, м;

l_n - длина полосы, м.

$$R_n = [120(2 \cdot 3,14 \cdot 136)] \cdot \ln[(2 \cdot 136^2)/(0,04 \cdot 3)] = 2 \text{ Ом}$$

8. Определим коэффициент использования вертикальных стержней и коэффициент использования соединительной полосы, /10, табл. 3,6; 3,7/

Принимаем: $\eta_c = 0,07$, $n_{пр} = 0,85$

9. Результирующее сопротивление заземляющего устройства, Ом:

$$R_{3y} = (R_c \cdot R_n)/(R_c \cdot \eta_{пр}) + (R_{пр} \cdot n_{пр} \cdot \eta_c), \quad (4.19)$$

$$R_{3y} = (24,4 \cdot 2)/(24,4 \cdot 0,85) + (2 \cdot 6 \cdot 0,07) = 1,65 \text{ Ом}$$

$1,65 \leq 4$ условие соблюдается.

Уточним количество стержнем, шт

$$n = (n_{пр} \cdot \eta_c) / \eta_c, \quad (4.20)$$

$$n = 6 / 0,85 = 7$$

Стержни размещаем по периметру цеха.

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

4.4.2 Опасность травмирования движущимися частями машин и механизмов

Подвижные части контактной машины являются опасными объектами. В связи с этим принимаем следующие меры:

1. Для выведения рук рабочего из опасной зоны возможность включения контактной машины обеспечивается на безопасном расстоянии.
2. Ограждение рабочего места от подвижных частей и механизмов, заземление корпуса контактной машины.
3. Также в систему включается предохранительное оборудование (клапаны) во избежание прорыва пневмошлангов и выхода из строя пневмоцилиндра.

4.4.3 Опасность термического ожога

К опасным вредностям можно отнести:

1. Прикосновение к горячим частям изделия и электродов.
2. Выплеск брызг расплавленного металла.

Во избежание ожогов необходимо обеспечить работающих средствами индивидуальной защиты - защитными очками и спецодеждой (рукавицы, шапочка, куртка с брюками или фартук и спецобувь)

4.4.4 Вибрация

Машины и оборудование, используемое в технологических процессах, являются источником вибрации, которые в свою очередь по грунту передаются фундаментам рядом расположенных зданий, вызывая колебания различных конструкций. К источникам вибрации в жилой застройке можно отнести компрессоры, насосы и т.д.

Вибрация в жилой застройке зависит от частоты вынужденных колебаний, характера вибрации, времени суток, длительности воздействия вибрации.

Защита от вибрации в жилой застройке может предусматриваться следующим образом:

- при проектировании жилой застройки рассчитывается уровень вибрации от источника в предполагаемом месте строительства на допустимом расстоянии, где вибрация не превышает установленные нормы;
- при сформировавшейся жилой застройке обеспечить нормируемую вибрацию расстоянием возможности не предоставляется, поэтому защита от вибрации обеспечивается путем виброизоляции источника вибрации.

В качестве виброизоляторов используют стальные пружины, рессоры, пневматические системы. Виброизоляторы размещают в четырех точках по углам прямоугольника. В необходимых случаях устанавливают

дополнительные виброизоляторы симметрично относительно центра тяжести оборудования.

Виброизолирующие основания под оборудование должны обеспечивать эффективность акустической виброизоляции.

Параметры вибрации определяем опытным путем в соответствии с ГОСТ 12.1.012 ССБТ «Вибрация. Общие требования к проведению измерений». В нашем случае снижение уровня вибрации не требуется так как она не превышает предельно-допустимой нормы $80\text{дБ} \leq 99\text{ дБ}$.

4.5 Анализ и мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций

4.5.1 Предупреждение аварий технологического оборудования

При работе на контактной машине следить за правильной работой охлаждения машины, во избежания перегрева электродов и вторичной обмотки трансформатора.

Следить за емкостями смазывающими подвижные части машины, во избежание заклиниваний и перекосов.

4.5.2 Обеспечение взрывопожарной безопасности

По пожаробезопасности участок относится к категории «Г».

Источники зажигания:

- брызги расплавленного металла;
- замыкание электропроводки.

Горючие вещества не применяются.

В качестве средств пожаротушения используются огнетушители типа ОУ2А, ОУ5 и т.п. или порошковые огнетушители с составом ПСБ-3, также на участке имеется лом, багор, ведро, комплект для резки электрических проводов, асбестовое полотно, лопата, лопата совковая, рукав пожарный, защитный экран 1,4×2 м, стойка для экранов, бак с песком.

В целях избежания возгорания следует исключить попадание брызг расплавленного металла на горючие материалы. Все электрические цепи питаются через предохранительные щиты.

4.5.3 Обеспечение устойчивости объекта

На стадии проектирования генерального плана предприятия в соответствии со строительными нормами и правилами разрыва между производственными зданиями и сооружениями, в зависимости от их огнестойкости, составляют 9-18 м. Склады горючих газов, легковоспламеняющихся жидкостей проектируют в подземных или полузаглубленных сооружениях на расстоянии 100 м от производственных

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

объектов. Взрывоопасные объекты располагают с подветренной стороны по отношению к помещениям категории Г и Д. На территории предприятия предусматривают убежища для персонала от средств массового поражения.

Наружные сети противопожарного водоснабжения закольцовывают и прокладывают не ближе 5 м от стен здания (за пределами зоны возможного обрушения конструкций здания) и не далее 2 м от дорог (проездов). В этой зоне запрещается парковка автомобилей.

Тупиковые линии водоснабжения допускаются длиной не более 50 м. Диаметр трубопроводов для таких линий принимают не менее 100 мм. Пожарные гидранты на водопроводной сети располагают на расстоянии не более 100 м друг от друга.

4.6 Экологичность проекта

4.6.1 Контактная шовная сварка выделяет незначительное количество вредных веществ, поэтому специальных средств очистки не требуется.

Сварка в среде CO₂ используется только для приварки горловин.

В сварочном производстве выделения вредных веществ определяют по расходу сварочных материалов:

$$G = q \cdot D, \quad (4.21)$$

где q - удельное выделение вредных веществ – 15 г/ч;

D - расход сварочных материалов – 0,82 кг/ч.

Таблица 4.5 - Удельное выделение загрязняющих веществ при сварке (в г/кг расходуемых сварочных материалов).

Вид сварки	Сварочный аэрозоль, всего	В том числе				
		Окислы марганца Mn	Окислы хрома Cr	Соединения кремния SiO ₂	Окись углерода CO	Окись азота NO ₂
В среде CO ₂	4,4-15,0	0,14-0,8	0,02-1,0	До 1,9	2-14	0,8

Всего 15 г/кг

$$G = 15 * 0,82 = 12,3 \text{ г/ч}$$

В виду малого расхода сварочных материалов небольшого значения выделения вредных примесей, очистка воздуха от мелких частиц не требуется.

Отходами являются: куски проволоки.

Массу отходов определяем по формуле:

$$G_{отх} = G \left(\frac{1}{K_{исп}} - 1 \right) П, \quad (4.22)$$

где G - масса проволоки – 26 гр;

$K_{исп}$ - коэффициент использования материала – 0,91;

П - программа выпуска изделий – 5000 шт.

$$G_{отх} = 26 \left(\frac{1}{0,91} - 1 \right) 5000 = 1285 \text{ кг/год.}$$

Полученные отходы получают в виде шлака, который безвреден для окружающей среды. Все отходы от электродов, проволоки, шлаки собирают в метало - приемник и передают на переплавку.

Таблица 4.6 – Результаты расчетов

Операции по технологическому процессу	Вид отходов	Количество, т/сутки
Приварка горловины	Куски проволоки Шлак	0,0046

4.6.2 Для очистки воздуха и крупных частиц пыли используем комплекс передвижной механической самоочищающийся, он предназначен для очистки воздуха загрязненного различного рода сухой пылью, сварочным аэрозолем и прочими сухими загрязнителями воздуха и в металлургии. Кассета фильтра очищается автоматически, без остановки процесса фильтрации.

Таблица 4.7 – Параметры самоочищающейся установки

Параметры	Значение
Максимальный расход воздуха, м ³ /ч	1200
Активная фильтрующая поверхность, м ²	15
Потребляемая мощность, кВт	1,1
Давление сжатого воздуха, атм	5
Уровень шума, дБ	60
Степень очистки, %	92
Габаритные размеры, мм	1300*650*610
Масса, кг	250

Определим содержание пыли и аэрозоля в кассете комплекса по формуле:

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

$$C = \frac{G \left(1 - \frac{E}{100}\right)}{L}, \quad (4.23)$$

где G - количество пыли и аэрозоля, поступающего в пылеулавливающее устройство, мг/ч;

E – степень очистки воздуха в пылеулавливающем устройстве, %;

L – производительность вентиляционной системы по воздуху, м³/ч.

$$C = \frac{12,3 \left(1 - \frac{92}{100}\right)}{1200} = 0,08 \text{ мг/м}^3$$

Так как содержание аэрозоля и пыли после очистки не превышает ПДВ $0,08 \leq 2$ применять вторую степень очистки для улавливания мелкодисперсной пыли не требуется.

					ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе в форме дипломного проекта разработан технологический процесс изготовления емкости под ГСМ контактной шовной сваркой, а также спроектирована сборочно-сварочная оснастка.

Исследованы основные параметры режима сварки для указанного изделия. Установлено, что основные параметры режима сварки соответствуют:

сварочный ток	7,0...12,3 кА;
продолжительность сварки	0,02 ... 0,05 с;
продолжительность паузы	0,04 ...0,08 с;
усилие сварки	150... 200 кН;
скорость сварки	1,0 ... 1,4 см/с.

Подобрано вспомогательное оборудование. Проведено сравнение базового и проектируемого вариантов с точки зрения экономической целесообразности.

Рассчитано освещение участка и определены мероприятия по организации техники безопасности на участке, а также рассмотрены вопросы обеспечения устойчивости предприятий в чрезвычайных ситуациях.

В результате проведенной работы спроектирован новый технологический процесс изготовления емкости под горюче-смазочные материалы. При этом трудоемкость изделия снижается, а условно – годовой экономический эффект от внедрения составляет порядка 362950 рублей.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

ЛИТЕРАТУРА

1. Гилевич В.А. Технология и оборудование рельефной сварки. Л., «Машиностроение»(Ленингр. Отд-ние), 1976.
2. Орлов Б.Д. и др. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных вузов. М.:Машиностроение, 1986.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. М.:Машиностроение, 1986.
4. Гуляев А.И. Технология точечной и рельефной сварки сталей (в массовом производстве) М.:Машиностроение, 1978.
5. Глебов Л.В. и др. Устройство и эксплуатация контактных машин. Л.: Энергоиздат, 1987.
6. Глебов Л.В. и др. Расчет и конструирование машин контактной сварки. Л. Энергоиздат. Ленингр. Отделение., 1981.
7. Кочерин К.А. Контактная сварка. М. :Машиностроение, 1987.
8. Раськова З.А. и др. Трансформаторы для электрической контактной сварки. Л. :Энергоиздат, 1990.
9. Липа М., Голласек Я. Контактная рельефная сварка. Киев, «Техника» 1971.
10. Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности в техносфере: Учеб. пособие – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. 431 с.
11. Васильева З.А. Организация, планирование и управление машиностроительным производством. Методические указания по курсовой работе. - КрПИ: Красноярск. 1987.
12. Кондрасенко В.Я., Жуков А.И. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. - Красноярск, КГТУ, 1999.
13. Кондрасенко, В.Я. Дипломное проектирование. Безопасность и экологичность проекта. Методич. указания - Красноярск, СФУ ПИ, 2007.-51с.
14. Жуков, А.И. Безопасность и экологичность проекта. Методические указания по дипломному проектированию для студентов МТФ /А.И. Жуков, В.Я. Кондрасенко, В.В. Колот.-КрПИ: Красноярск. 1992г.-80 с.
15. Жуков А.И. Охрана окружающей среды. Примеры и расчеты: Учебное пособие/ А.И. Жуков, В.Я. Кондрасенко, Л.Н. Горбунова. –КрПИ: Красноярск, 1997 г.-65с.
16. СНиП 23-05-03. Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение.
17. ГОСТ 12.1.005-88. Санитарно-гигиенические требования воздуха рабочей зоны.
18. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
19. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых предприятий.
20. ГОСТ 12.4.016-01. ССБТ Одежда специальная защитная.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016852 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90