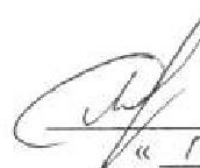


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Кафедра «Машиностроение»

 УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.И. Демченко  
« 17 » 06 2016г.


## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНЫХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ  
ВРАЩАЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ

Пояснительная записка


Руководитель

 17.06.16 К.Т.Н., доцент А.И. Демченко  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник


 16.05.16 В.О. Бузуновский  
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент

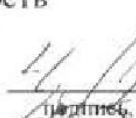
 22.06.16 Евгений, К.Т.Н. А.Е. Митяев  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Консультанты:


Организационно-  
экономический  
раздел

 16.05.16 С.И. Качуров. Е.Е. Качуровская  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Раздел безопасность  
и экологичность  
проекта

 23.05.16 доцент К.Т.Н. О.В. Чурбакова  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 17.06.16 С.И. преподаватель С.Л. Бусыгин  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.И. Демченко  
« 17 » 06 2016г.

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

Студенту В.О. Бузуновскому  
Группа ЗМТ 10-05 Направление (специальность) 150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологии изготовления сварных цепей для вращающихся цементных печей»

Утверждена приказом по университету № 4280/с от 29.03.2016

Руководитель ВКР: А.И. Демченко, ПИ СФУ, к.т.н., доцент  
(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 изделия (1 лист); 2. Технологический лист (2 листа);
3. Патентный поиск (1 лист); 4. Установка контактной стыковой сварки (1 лист);
5. Установка для гибки (1 лист); 6. Детализовка (2 листа);
7. План участка (1 лист); 8. Технико – экономические показатели (1 лист).

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

				<i>ДП – 150202.65 – 071018539 ПЗ</i>			
Разраб.	Бузуновский	<i>[подпись]</i>	<i>14.06.16</i>	Разработка технологии изготовления сварных цепей для вращающихся цементных печей	Лист	Листов	
Пров.	Демченко А.И.	<i>[подпись]</i>	<i>17.06</i>		2	118	
Н. контр.	Бусыгин С.Л.	<i>[подпись]</i>	<i>17.06</i>		Каф. «Машиностроение»		
Утв.	Демченко А.И.	<i>[подпись]</i>	<i>17.06</i>				

**КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК**  
выполнения этапов ВКР

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

\_\_\_\_\_ А.И. Демченко  
(подпись, дата)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ В.О. Бузуновский  
(подпись, дата)


## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>8</b>
<b>1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Патентные исследования.....	11
1.2 Техническая характеристика изделия.....	14
1.3 Обоснование выбора материала.....	16
1.4 Анализ технологичности конструкции.....	17
1.5 Технологические операции производства заготовок.....	20
1.5.1 Очистка поверхности.....	20
1.5.2 Резка.....	21
1.5.3 Гибка.....	25
1.5.4 Подготовка поверхности.....	27
1.6 Обоснование выбора способа сварки.....	27
1.7 Условия получения сварного соединения.....	31
1.8 Тепловые процессы в стыковой сварке оплавлением.....	33
1.9 Пластическая деформация металла при стыковой сварке оплавлением... 34	
1.10 Определение дефектов соединений и причины их образования.....	35
1.11 Выбор метода сварки.....	36
1.12 Технические требования на сварку.....	37
1.13 Расчет режимов сварки.....	37
1.13.1 Расчет припусков на операции.....	38
1.13.2 Определение тока: оплавления, осадки и подогрева.....	40
1.13.3 Определение времени: осадки, оплавления и подогрева.....	40
1.13.4 Определение усилия осадки.....	41
1.13.5 Определение скорости: оплавления и осадки.....	42
1.14 Выбор сварочного оборудования.....	42
1.15 Выбор электродов.....	44
1.16 Обработка цепей после сварки.....	45
1.17 Контроль качества.....	45
1.18 Техническое обслуживание оборудования.....	47
1.19 Выбор средств межоперационного транспорта.....	48
1.20 Планировка участка.....	49
1.20.1 Расчёт ширины пролёта.....	49


1.20.2 Расчет высоты пролета .....	50
1.20.3 Расчет высоты цеха .....	50
<b>2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ .....</b>	<b>52</b>
2.1 Поверочный расчет трансформатора .....	53
2.1.1 Определение минимального числа витков .....	53
2.1.2 Определение напряжения на восьми ступенях трансформатора .....	55
2.1.3 Расчет номинального первичного тока .....	56
2.1.4 Определение расчетного тока для каждой ступени .....	58
2.1.5 Расчет сечения медного провода по секциям .....	59
2.1.6 Определение расчетного тока вторичной обмотки на номинальной ступени .....	60
2.1.7 Определение суммарного сечения обмоток .....	61
2.1.8 Определение сечения стержня, окна .....	62
2.1.9 Проверочный расчет трансформатора для определения его потерь, КПД и условий охлаждения .....	64
2.2 Расчёт токоведущих шин .....	67
2.3 Расчет пневмоцилиндра .....	70
2.3.1 Определение усилия зажатия .....	70
2.3.2 Расчет параметров пневмоцилиндра .....	70
2.4 Конструкция электродов и зажимов .....	71
2.5 Модернизация оборудования для гибки .....	72
2.5.1 Определение размеров заготовки при гибке .....	73
2.5.2 Расчет усилия гибки .....	74
2.5.3 Упругое пружинение при гибке .....	76
<b>3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....</b>	<b>80</b>
Введение .....	81
3.1 Определение норм времени на выполнение сборочно-сварочных процессов по сравниваемым вариантам .....	82
3.2 Расчет фондов времени работы оборудования, рабочих. Определение необходимого количества рабочих, оборудования и коэффициентов его загрузки .....	83
3.3 Выбор экономически эффективного способа сварки .....	87
3.4 Расчет экономической эффективности .....	97
3.5 Выводы .....	99
<b>4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА .....</b>	<b>99</b>
Введение .....	100
4.1 Объемно-планировочные решения .....	100


4.2 Производственная санитария.....	101
4.2.1 Микроклимат производственных помещений .....	101
4.2.2 Освещение.....	103
4.3 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей .....	105
4.3.1 Опасность поражения электрическим током .....	105
4.3.2 Опасность термического ожога .....	109
4.3.3 Опасность отравления парами растворителя .....	109
4.4 Взрыво – пожаробезопасность.....	110
4.5 Организационные меры безопасности.....	110
4.6 Экологичность проекта.....	111
4.6.1. Характеристика выбросов загрязняющих веществ .....	111
4.6.2 Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу .....	112
4.7 Выводы .....	113
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>114</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>115</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>117</b>


## ВВЕДЕНИЕ

Все основные технические достижения нашего века – развитие атомной и авиационной промышленности, успехи строительства, машиностроения и радиоэлектроники – определяются, в первую очередь, развитием техники. В связи с этим следует дать общую формулировку этого понятия. *Технология* – это процесс взаимодействия вещества и энергии, организованный в определенной сфере с целью создания новых материалов, новых конструкций, новых машин и даже новых сооружений.

Новое машиностроительное оборудование будет работать наиболее эффективно и производительно в том случае, если в основе его действия будут лежать новые прогрессивные технологические процессы.

Если в качестве вещества, подвергаемого обработке, рассматривать металлы и сплавы, а конечным технологическим результатом считать сварные соединения и конструкции, то сварная технология поистине не имеет границ применения ни в современности, ни в будущем. Это определяется такими энергетическими богатствами и разнообразием сварочного производства, каким не обладает ни одна другая отрасль обработки материала.

Современные процессы сварки давлением – это и есть одна из разновидностей импульсных технологий.

Около пятидесяти лет тому назад появились и стали привлекать к себе внимание некоторые новые для того времени процессы сварки. Среди них оказались: холодная, сварка трением, ультразвуковая, взрывом и другие, для которых механическое давление было главной, обязательной технологической операцией.

Контактная сварка как один из способов получения неразъёмных соединений известна с конца прошлого века. В 1887г. русский изобретатель Н. Н. Бенардос запатентовал точечную сварку. Несколько позже Томсон (США) изобрёл стыковую сварку сопротивлением. Стыковая сварка оплавлением была предложена в 1903г.


В настоящее время контактная сварка – один из ведущих способов неразъёмного соединения деталей в различных отраслях техники. Она отличается очень высокой степенью механизации, роботизации, автоматизации и, как следствие, высокой производительностью. Благодаря совершенствованию технологического процесса и модернизации оборудования области её использования непрерывно расширяются.

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

*Стыковая сварка* – способ контактной сварки, когда детали соединяются по всей площади касания (по всему сечению).[2]

Данный способ наиболее подходящий при сварке звена цепи из круглого прутка диаметром 25мм. Сварка по всей площади касания (сечения) обеспечит качественное сварное соединение.

Нет необходимости применять газы (безопасность), присадочные материалы. Снимает риск появления непроваров, трещин и других дефектов (при правильно подобранных режимах сварки).




# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ


## 1.1 Патентные исследования

Патентные исследования проводились на тему: «Способы и устройства для изготовления цепей». Класс международной классификации – В 21 L 1/02, В 21 L 3/04, В21L 1/04, В 21 L 15/00, В 23 К 37/02, В 21 L 15/00, В 21 L 17/00. Цель патентных исследований – определить наиболее подходящий способ изготовления цепей и знакомство с оборудованием.

Область поиска – отечественные авторские свидетельства и патенты, доступные в фондах Красноярской государственной краевой универсальной научной библиотеки им. В.И. Ленина. Глубина поиска – 40 лет.

1) АС № 502696 В 21 L 1/02:

Гибочная оправка к цепевязальному автомату.

Изобретение относится к машиностроению и используется в цепевязальном оборудовании, в котором проволока одновременно деформируется в звено и связывается в цепь.

Достоинством является его достаточная производительность по сравнению с аналогами и простота в использовании.

Недостатком данного изобретения является то, что указанная оправка не исключает заклинивания заготовки в период формирования последующих звеньев цепи. Изобретение неприменимо, т.к. в данном случае вязаная цепь недопустима по условиям эксплуатации.

2) АС № 317460 В 21 L 3/04:

Способ изготовления круглозвенной цепи с двухстыковыми сварными звеньями.

Изобретение относится к способам производства тяговых и грузовых круглозвенных двухстыковых цепей, изготавливаемых методом контактной стыковой сварки.

Достоинством данного изобретения является то, что при сварке отсутствует ток шунтирования, не участвующий в образовании сварного


соединения. Это ведет к значительному снижению требуемой мощности оборудования. Изобретение применимо.

3) АС № 71955 В 21 L 1/04:

Способ изготовления грузовых цепей.

Изобретение относится к способу изготовления грузовых цепей путем электросварки звеньев по методу сплавления на неавтоматической стыковой сварочной машине.

Достоинством данного изобретения является то, что для соединения полузвеньев в звено полузвенья укладываются в гнезда контактных губок машины и металл неоднократным соприкосновением обеих пар торцов этих полузвеньев доводится до температуры плавления, а затем полузвенья соединяются в готовое звено с помощью требуемого давления. В связи с этим получается хорошее, герметичное и прочное сварное соединение.

Недостатком является низкая производительность способа и высокий расход основного материала. Изобретение применимо, однако калибр цепей в нашем случае небольшой, и применение предварительного подогрева является излишним.

4) АС № 2018408 В 21 L 1/04:

Способ изготовления круглозвенной цепи.

Изобретение включает в себя предварительную формовку каждого звена, посредством гибки заготовки с образованием зазора между ее концами и окончательную формовку этого звена с последующей сваркой торцов.

Достоинством этого изобретения является универсальность, т.к. формовочные (гибочные) губки являются одновременно и токоподводами, а также простота в использовании и хорошее качество изделий.

Недостатком является низкая производительность способа. Изобретение неприменимо, т.к. ведет к значительному удорожанию оборудования, а само оборудование рассчитано на изготовление простых цепей.

5) АС № 86189 В 21 L 15/00:

Штамп для обрезки грата в местах сварки звена цепи.


Изобретение относится к области вспомогательного оборудования, а именно к штампам для обрезки изделий по контуру с применением матрицы укрепленной на консоли. Однако, применение матрицы усложняет конструкцию штампа.

Достоинством этого изобретения является то, что обрезка грата в местах сварки половинок звена цепи производится составным пуансоном, охватывающим звено цепи по обрезаемому контуру без применения матрицы.

Недостатком является то, что изобретение не обладает достаточной производительностью, а также затруднен подвод штампа в область обработки. Изобретение неприменимо, т.к. в данном случае грат образуется очень небольшой и удаляется в процессе обработки в галтовочном барабане.

6) АС № 1162548 В 21 L 1/04:

Гибочная оправка к цепевязальному автомату.

Изобретение относится к устройствам для изготовления звеньев цепи и вязки их в цепь.

Достоинством данного изобретения является то, что с целью повышения эксплуатационной надежности, путем повышения точности ориентации согнутого звена цепи при его соединении с последующим формуемым звеном, оно снабжено элементами ориентирования и фиксации согнутого звена. Производительность этого автомата удовлетворительная.

Недостатком этого изобретения является сложность конструкции автомата, а также сложность в использовании. Изобретение неприменимо, т.к. в нашем случае вязаная цепь недопустима по условиям эксплуатации.

7) АС № 115043 В 21 L 3/02:

Машина для контактной сварки одностыковых цепей.

Изобретение неприменимо, т.к. в этом случае присутствует паразитический ток шунтирования, не участвующий в образовании сварного соединения. Это приводит к увеличению электрической мощности оборудования и повышенным усилиям зажатия и сжатия детали.


8) АС № 236964 В 23 К 37/02:

Автомат для сварки цепей.

Изобретение относится к области оборудования для изготовления цепей способом контактной стыковой сварки. К достоинствам следует отнести изготовление цепей в автоматическом режиме. Тем не менее, изобретение неприменимо, т.к. оборудование дорого и позволяет изготавливать только простые цепи.

9) АС № 318198 В 21 L 3/02:

Установка для контактной стыковой сварки звеньев цепи.

Изобретение относится к области оборудования для изготовления цепей способом контактной стыковой сварки. Изобретение применимо частично, в части конструкции губок и зажимов.

Все рассмотренные установки являются широкоприменяемыми в области производства цепей. Многие из них используются на производстве и в настоящее время; лишь у некоторых из них малая производительность, что ставит под вопрос их дальнейшее использование на предприятиях.

В данном дипломном проекте я выбираю способ изготовления круглозвенной цепи и цепи с овальными звеньями с двухстыковыми сварными звеньями (№ 317460 М. Кл. В 21 I 3/04), так как он позволяет значительно снизить капитальные вложения на оборудование. При этом выбираю оборудование, разработанное на основе АС № 318198, которое отличается простотой, универсальностью и невысокой стоимостью.

## 1.2 Техническая характеристика изделия.

Общий вид круглой и овальной цепей представлен на рис. 1.1.

Технические условия разрабатываются одновременно с конструированием изделия и включают в соответствии с действующими ГОСТами основные требования к следующим параметрам. [5]

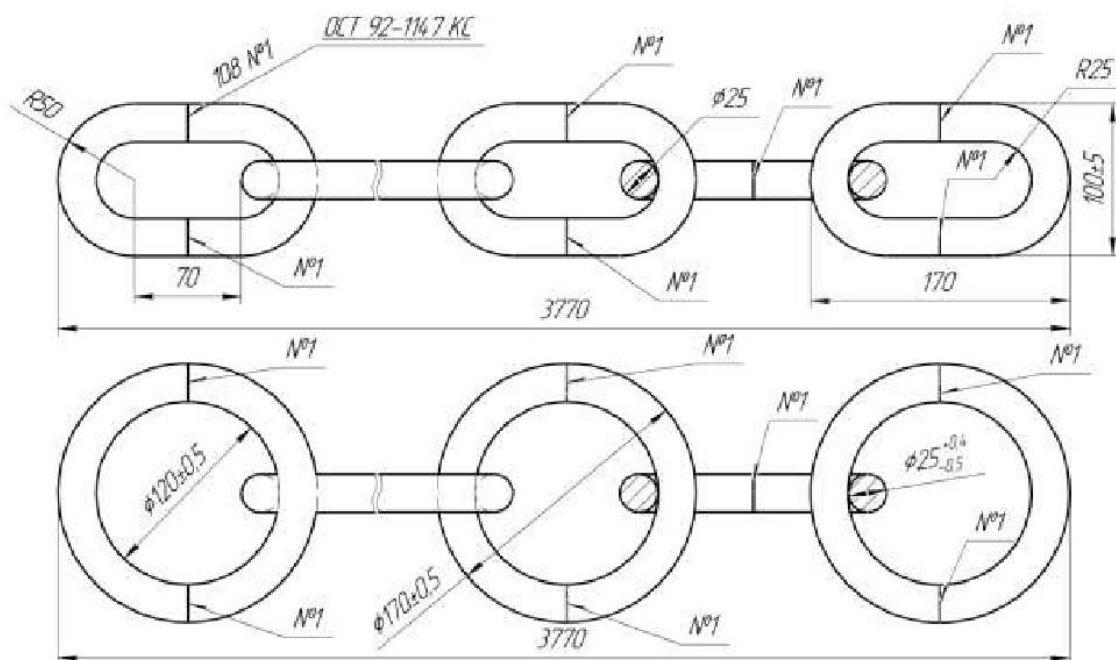



Рисунок 1.1 – Общий вид круглой и овальной цепей

Основной материал - сталь марки 12Х18Н10Т ГОСТ 5632 - 61, технические требования стали по ГОСТ 5949 - 61.

Цепи должны изготавливаться из круглой горячекатанной стали диаметром 25 мм обычной точности. Круг 25В ГОСТ 2590-57 / 12Х18Н10Т ГОСТ 5632 – 61. Для диаметра 25 мм масса одного метра стали равна 3,85 кг. [4, таблица 33]

Прокат круглого сечения из стали обыкновенного качества, ГОСТ 25090 - 57, поставляют в виде прутков: при диаметре от 5 до 25 мм, длиной от 5 до 10 метров. Прутки из качественной стали всех диаметров поставляют длиной от 3 до 6 метров.

Отклонения по длине допускаются:

- для прутков до 4 метров - 30 мм;
- от 4 до 6 метров - 50 мм;
- свыше 6 метров - 70 мм.

Отклонения по диаметру: для прутков до 200 мм в диаметре допускается отклонение:

- при обычной точности проката от 0,3 до 2,5 мм;


- при повышенной точности проката от 0,1 до 2,0 мм. [8]

При заготовительных работах необходимо:

- произвести очистку прутков от грязи и консервационных масел;
- произвести правку и рубку прутков;
- нарубленные заготовки гнуть на машинах для гибки в два этапа;
- далее получившиеся заготовки обработать, сначала в галтовочном аппарате, затем, в случае необходимости, подготовить торцы шлифованием

### 1.3 Обоснование выбора материала

Основываясь на «Требованиях к качеству аттестованной продукции» - ГОСТ 51925-73, где сказано: «Настоящий стандарт распространяется на навесные сварные цепи из жаропрочных звеньев типа ЦОЖ 25x120 применяемые в горячей зоне, при температуре газового потока от 500 до 800 °С, теплообменных устройств вращающихся цементных печей».

С одним из технических требований: «Жаропрочные цепи должны быть изготовлены из круглой горячекатаной стали марки 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632-61, или других марок жаропрочной стали, физико - механические свойства которых должны быть не ниже указанной марки».

Проанализировав характеристику стали 12Х18Н10Т, рекомендации по её применению, распространение этой стали делает выбор в её сторону.

Таблица 1.1 – Механические свойства

Металл	Удельное электросопротивление при 20 °С $\rho_0$ , мкОм×см	Коэффициент теплопроводности при 20 °С $\lambda$ , кВт/(мК)	Удельная теплоемкость при 20 °С Ср, кДж/(кг×К)	Плотность при 20 °С $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Температура плавления, $T_{пл}$ °С	Предел текучести при 20 °С $\sigma_T(20^0)$ МПа
12Х18Н10Т	75	0,016	0,46	7860	1440	196


Таблица 1.2 – Химический состав стали 12X18H10T

C, %	Mn, % менее	Si, % менее	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, не более	P, не более
0,12	2,0	0,8	17-19	9-11	5*C-0,8	0,02	0,035

Таблица 1.3 – Рекомендации по применению

Рекомендуемые режимы термической обработки заготовок, образцов	Закалка с 1020 до 1100 °С, охлаждение на воздухе, в масле, воде
Временное сопротивление	52 кгс/мм <sup>2</sup> (510 МПа)
Предел текучести	20 кгс/мм <sup>2</sup> (196 МПа)
Относительное удлинение	40%
Относительное сужение	55%
Рекомендуемая температура применения	600 °С
Срок работы	Весьма длителен
Температура начала интенсивного окалинообразования	850 °С

В зависимости от основных свойств стали и сплавы относятся к 1-й группе: Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной, коррозии под напряжением и другим.

#### 1.4 Анализ технологичности конструкции

Под технологичностью сварной конструкции понимается такое ее техническое решение, зафиксированное в проекте, которое позволяет произвести подготовку производства, изготовить, транспортировать, и эксплуатировать ее с минимальными затратами труда, средств, времени и материалов без изменения заданных параметров функционального назначения.




Оценку технологичности проведем по тестовому методу [5].

Свариваемость. Сталь 12Х18Н10Т – имеет аустенитную структуру с возможным небольшим (2-7%) количеством б-феррита. Основную структуру металла сварных швов на хромоникелевых сталях выражает диаграмма Шеффлера, которая представляет собой зависимость структуры от эквивалентов хрома и никеля. Кроме указанных элементов в сумму, представляющую эквивалент никеля, может быть включено содержание меди с коэффициентом примерно 0,6 и азота с коэффициентом 10-30. И наоборот, в выражении для эквивалента хрома можно ввести содержание вольфрама с коэффициентом около 0,5 и титана с коэффициентом в пределах 2-5.

Структурная диаграмма Шеффлера пригодна для установленных условий сварки, которые определяют обычно применительно к ручной дуговой сварке. Однако, ввиду отсутствия других методик мы также будем пользоваться ей.

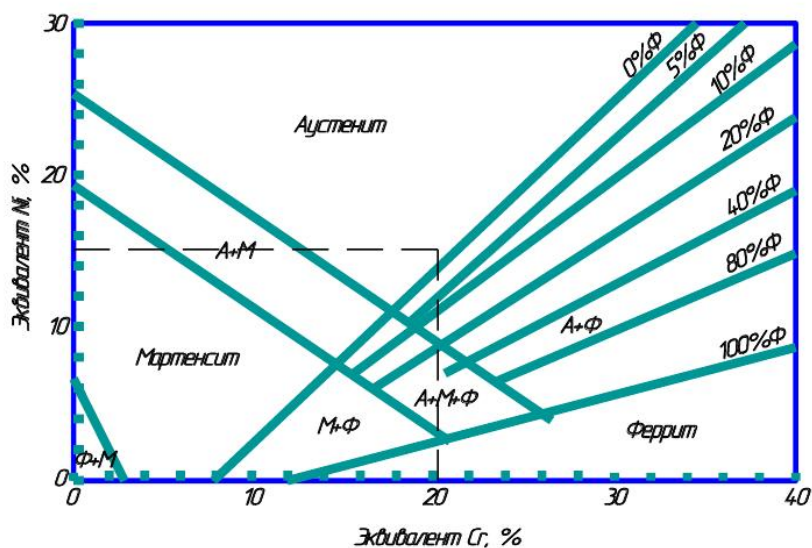


Рисунок 1.2 – Диаграмма Шеффлера

$$\text{Эквивалент Cr} = \%Cr + \%Mn + 1,5\%Si + 0,5\%Nb + \%Ti + \%V + \%Al$$

$$\text{Эквивалент Ni} = \%Ni + 30\%C + 0,5\%Mn + 30\%N$$

$$Cr = 18 + 1,5 * 0,8 + 1 = 20,2\%$$

$$Ni = 10 + 30 * 0,12 + 0,5 * 2 = 14,6\%$$


Свариваемость стали 12Х18Н10Т хорошая. Варится практически всеми способами сварки РДС, ЭЛС, контактные способы и т. д. В некоторых случаях проводится закалка для стабилизации аустенита при  $t = 1020 - 1080^{\circ}\text{C}$ .

Аустенитные стали и сплавы обладают комплексом положительных свойств, поэтому одну и ту же сталь можно использовать для изготовления различного назначения изделий: коррозионо-стойких, хладостойких или жаропрочных. При этом требования к свойствам сварных соединений и технология сварки будут различными. Однако теплофизические свойства аустенитных сталей и склонность к образованию в шве и околошовной зоне горячих трещин определяют некоторые общие особенности их сварки. [7]

Стыковая сварка оплавлением обеспечивает хорошее качество соединений деталей из аустенитных сталей при интенсивном оплавлении перед осадкой и большой скорости осадки в связи с образованием на оплавленной поверхности тугоплавких окислов хрома. Конечная скорость оплавления должна быть не менее от 5 до 6 мм/с, а скорость осадки не менее 50 мм/с при давлении осадки в 2-3 раза выше, чем при сварке низкоуглеродистой стали.

Хромоникелевые стали в зависимости от роста твёрдости стали сваривает при низких (45Х14Н14В2М, 0,9Х14Н16Б и др.), средних (12Х18Н9Т, 12Х18Н12М2Т и др.) и высоких параметрах осадки.

Сварное соединение, выполненное при оптимальном режиме, имеет прочностные характеристики, близкие к характеристикам основного металла. Жаропрочность основного металла и сварного соединения при сварке большинства аустенитных сталей близки в следствии однородности химического состава различных зон соединения. [7]

При использовании машины для контактной стыковой сварки, вопрос о доступности сварных швов снимается.

Расположение сварных швов с точки зрения уменьшения остаточных сварочных деформаций, хорошее, так как сварные швы работают на растяжение.

Транспортирование цепей допускается транспортом любого вида.


Применяемый металлопрокат ГОСТовский, ходовых размеров, без дополнительных требований.

## 1.5 Технологические операции производства заготовок

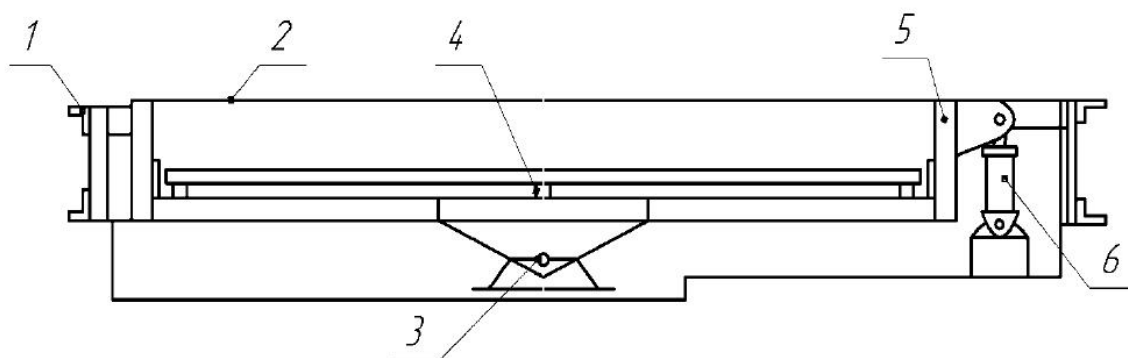
### 1.5.1 Очистка поверхности

Очистка поверхности металла применяется для удаления с поверхности слоя консервации, загрязнений, смазочно-охлаждающих средств, ржавчины, окалины, заусениц и грата, затрудняющих процесс сварки, вызывающих дефекты сварных швов.

Наиболее тщательная очистка металла требуется при применении контактной сварки.

Для очистки поверхности металла применяются механические и химические методы. [5]

В нашем случае механическая обработка не целесообразна, применим химический метод путем окунания прутков в водный раствор NaOH (обезжиривание). Для этого используем качающуюся ванну с гидроприводом (см. рис. 1.3).



1-независимое ограждение; 2-ванна; 3-ось качения; 4-подкладки;  
5-боковые упоры; 6-гидроцилиндр.

Рисунок 1.3 – Качающаяся ванна

Качающаяся ванна с гидроприводом сконструирована для обезжиривания проката. Очистка проката производится в концентрированных растворах


щелочей и кислот, поэтому футеровка ванны сделана из винипласта толщиной 15 мм. Ванна 2 опирается на центральную ось качения 3 и шток гидроцилиндра 6. Для предохранения футеровки от разрушения служат боковые упоры 5. Для предотвращения выхода паров растворителя из ванны в помещение предусмотрены бортовые отсосы, подключенные к системе вытяжной вентиляции. Отработанный раствор из ванны откачивается сифонным способом.

Технические данные качающейся ванны с гидроприводом приведены в таблице 1.4 [9].

Таблица 1.4 - Технические данные качающейся ванны

- Максимальная длина очищаемой детали, мм	8000
- Максимальная загрузка ванны, кг	2000
- Ход поршня, мм	400
- Полезная емкость ванны, л	4500
- Габаритные размеры ванны, мм	8200x1200x1400
- Производительность насосной установки, л/мин	18
- Усилие, развиваемое цилиндром, кг	7500
- Диаметр поршня, мм	100

Колебательные движения ванна сообщает система гидропривода, которая состоит из насосной установки, гидроцилиндра и бака, установленного сбоку ванны. Привод качения устанавливается между независимым ограждением и ванной.

### 1.5.2 Резка

Резка осуществляется на ленточнопильном автоматическом станке по металлу маятникового типа S-250HA фирмы EVERISING (см. рис. 1.4).




Рис. 1.4 – Автоматический станок маятникового типа S-250HA

Данные станки маятникового типа разработаны для распиловки под 90 град. заготовок сплошного сечения: проката, поковок, хотя могут с успехом использоваться для распиловки профильных заготовок. Имеют автоматическую подачу заготовки на заданный размер, программируемый счетчик количества резов. Материал пильной рамы - конструкционная сталь.

Станок оснащен плавной регулировкой скорости полотна, системой охлаждения СОЖ, независимым гидравлическим управлением давлением и скоростью подачи, что позволяет подбирать необходимые режимы резания и достигать оптимальной производительности и ресурса полотна. Дополнительно могут комплектоваться ЧПУ программированием отрезаемой длины и соответствующего числа резов, полноходовыми тисками. Устройство пакетной резки (два гидравлических прижима) позволяет производить резку и перемещение одновременно нескольких заготовок (пакетная резка).


Таблица 1.5 – Технические характеристики автомата S-250НА

Модель		S-250НА
Максимальные размеры заготовки, мм		300 x 200
Пакетная резка, мм	Ширина пакета	145 - 190
	Высота пакета	50 - 120
Скорость полотна, м/мин.		28 ~ 110
Мощность двигателей, кВт	Привод полотна	2,2
	Гидронасос	0,75
	Насос охлаждения	0,1
Давление нагнетаемое гидростанцией, кг/ кв. см		30
Емкость бака гидравлического масла, л		65
Размер полотна, мм		3505 x 27 x 0,9
Натяжение полотна		Механическое
Подача заготовки	Один шаг макс., мм	400
	Макс. число шагов	9
Минимальный зажим, мм		-
Вес, кг		1250
Площадь установки без рольганга, мм		2100 x 2000

Стандартная комплектация включает:

- Автоматический транспортер для удаления стружки.
- Программируемое логическое устройство управления (PLC) всех электрических гидравлических функций.
- Программируемый счетчик резов с автоматическим отключением станка.
- Детектор холостого хода с автоматическим отключением станка при обрыве полотна или его заклинивании.
- Стабилизаторы пильного полотна с твердосплавными направляющими и подшипниками.
- Плавное регулирование скорости полотна с ее отображением на цифровом индикаторе (инвертер).
- Механическая система натяжения полотна.
- Автоматический контроль рабочей высоты заготовки и система быстрого подвода пильной рамы к заготовке.


- Щетка с приводом для очистки полотна.
- Возвратно-поступательная система автоматической подачи заготовки.
- Система пакетной резки (два верхних гидравлических прижима).
- Рабочий стол - плита.
- Двойные гидротиски.
- Независимое гидравлическое управление давлением подачи и скоростью подачи полотна.
- Расщепленная передняя губка тисков.
- Шланг для обмыва станка.
- Подсветка рабочего места.
- 2-х метровый рольганг.
- Биметаллическое пильное полотно М 42.
- Набор инструмента.
- Контроль отсутствия заготовки
- Антивибрационное устройство полотна.
- Система настройки давления губок тисков.

Расходные материалы:

1. Смазочно-охлаждающая жидкость (водоэмульсионная), дополняется по мере понижения уровня
2. Пильное полотно. Ресурс полотна зависит от материала и геометрии заготовок.
3. Масло трансмиссионное Mobil Gear 600XP150 или аналогичное (для редуктора) 2,5 л. Замена первый раз через 3 месяца или 600 часов работы, далее через каждые 6 месяцев или 1200 часов работы.
4. Масло гидравлическое Mobil DTE 24 или аналогичное 65 л. Рекомендуется замена через каждые 18 месяцев или 3000 часов работы.


Таблица 1.6 – Предполагаемый годовой расход наиболее изнашиваемых частей при 3-х сменной загрузке машины

№	Описание	Установлено на машине (шт.)	Предполагаемое количество (1шт. в год)
1.	Ремень главного привода	1	1
2.	Ремень привода щетки полотна, М52	1	1
3.	Подшипник направляющей полотна, 6002II	6	6
4.	Концевой выключатель	6	3
5.	Предохранитель, 4А	6	6
6.	Реле перегрузки главного привода	1	1
7.	Реле перегрузки двигателя насоса сож	1	1
8.	Реле перегрузки двигателя гидростанции	1	1
9.	Реле перегрузки двигателя конвейера для уборки стружки	1	1
10.	Щётка	1	10
11.	Верхняя твердосплавная вставка	2	2
12.	Левая задняя твердосплавная вставка	1	1
13.	Левая передняя твердосплавная вставка	1	1
14.	Правая задняя твердосплавная вставка	1	1
15.	Правая передняя твердосплавная вставка	1	1

Стоимость оборудования в стандартной комплектации, включая НДС:  
2 900,00 у.е. (1 у.е. = 1 доллар США по курсу ЦБ РФ на дату оплаты).

### 1.5.3 Гибка

Холодную гибку сортового металлопроката осуществляют на кулачковых прессах, основанных на образовании в обрабатываемых деталях пластических деформаций под действием изгибающих моментов, возникающих при плавных толчках бойка на обрабатываемую заготовку, опёртую на раздвижную опору. Расстояние между опорами пресса переменное и устанавливается в зависимости от жёсткости обрабатываемой заготовки. На кулачковых прессах осуществляют холодную гибку и правку двутавров, швеллеров, квадратной, круглой и угловой стали. Для этого используют специальные приспособления, обеспечивающие неизменность формы в процессе гибки. [11]




Гибку будем производить на гидравлическом прессе модели П6328 (см. рис. 1.5). Гидравлический пресс П6328, предназначен для выполнения широкого круга работ: запрессовки-выпрессовки, прошивки, калибровки, правки, листовой штамповки без глубокой вытяжки. Данный пресс, может применяться как в производственных, так и в ремонтных подразделениях и мастерских.



Рисунок 1.5 - Гидравлический пресс П6328

Технические характеристики П6328:

- Усилие пресса номинальное - 630 кН
- Ход ползуна – 500 мм.
- Максимальное расстояние между столом и ползуном – 710 мм.
- Размеры стола - 710x560 мм.
- Скорость ползуна:
  - при холостом ходе – 220 мм/с.
  - при рабочем ходе - 10...32 мм/с.
  - при возвратном ходе – 310 мм/с.
- Тип системы управления – золотниковый.


- Мощность привода – 11 кВт.
- Габаритные размеры - 1060x1800x3000 мм.
- Масса прессы – 3200 кг.

Цена: 1150000 рублей.

#### 1.5.4 Подготовка поверхности

Перед сваркой необходимо произвести обработку поверхности заготовок, для достижения при сварке наиболее лучшего контакта заготовок с губками.

Для обработки используем барабан очистной галтовочный 41114-1. Барабан предназначен для обработки поверхностей заготовок с помощью песка, абразивная обработка.

Технические характеристики барабана: [10]

- Объем загрузки, м <sup>3</sup> .....	0,8
- Наибольшая масса загрузки, кг.....	1800
- Внутренние размеры барабана, мм	
Диаметр.....	900
Длина.....	1400
- Размеры загрузочного люка, мм.....	1250x560
- Мощность, кВт.....	7,5
- Габаритные размеры.....	600x1350x1560
- Масса, т.....	4,1

#### 1.6 Обоснование выбора способа сварки

Выбор способа сварки определяется, в основном, следующими факторами:

- геометрией свариваемых заготовок;
- протяженностью швов и их конфигурацией;
- положением швов в пространстве;


– типом сварного соединения, и так далее.[5]

Для случая сварки звеньев цепей из стали 12Х18Н10Т, диаметром 25 мм, наиболее выгодна – стыковая контактная сварка, так как:

а) Для наиболее качественного соединения необходим способ сварки, гарантирующий проплавление по всему сечению заготовки.

б) Сталь 12Х18Н10Т – является аустенитной. Стыковая сварка оплавлением обеспечивает хорошее качество соединения деталей из аустенитных сталей при интенсивном оплавлении перед осадкой.[7]

в) Жаропрочность основного металла и сварного соединения при сварке большинства аустенитных сталей близки вследствие однородности химического состава различных зон соединения (см. таблицу 1.7).[7]

Таблица 1.7 – Прочность и пластичность соединений из стали 12Х18Н10Т, выполненных стыковой сваркой оплавлением.

Предел прочности – $\sigma_v$ , гс/мм <sup>2</sup>	Пластичность – $\delta$ , %	Ударная вязкость – $\alpha_n$ , кгс × м/см <sup>2</sup>
$\frac{580}{600}$	$\frac{40}{40}$	$\frac{10}{13}$
Примечание: в числителе приведены механические свойства основного металла, в знаменателе – сварного соединения.		

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 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.


В дипломном проекте задействована контактная стыковая сварка оплавлением, поэтому подробнее остановимся на ней и приведем общую схему процесса.

Стыковая контактная сварка – это способ контактной сварки, при котором детали соединяются по всей области сечения (касания). Детали 1 закрепляют в токоподводящих зажимах 2,4, к которым подключен источник энергии 3 (сварной трансформатор). Один из зажимов, например 4, подвижный и соединен с приводом усилия сжатия машины [2].

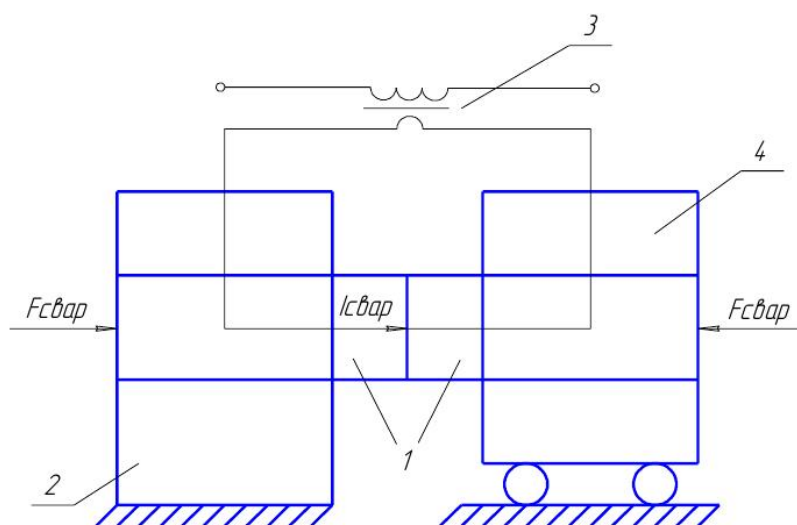


Рис. 1.6 – Схема стыковой контактной сварки

По степени нагрева металлов торцов деталей различают стыковую сварку сопротивлением и оплавлением. При стыковой сварке сопротивлением детали предварительно сжимают усилием и включают в сеть сварочный трансформатор. По деталям протекает сварочный ток и происходит постепенный нагрев стыка деталей до температуры, близкой к температуре плавления. Затем сварочный ток выключают и резко увеличивают усилие осадки деталей, которое формируется в стыке. При этом из зоны сварки частично выдавливаются поверхностные пленки, формируется физический контакт и образуется соединение.


При стыковой сварке оплавлением вначале на детали подают напряжение от сварочного трансформатора, а затем их сближают. При соприкосновении деталей в отдельных контактах вследствие большой плотности тока металл контактов быстро нагревается и взрывообразно разрушается. Нагрев торцов деталей происходит за счет непрерывного образования и разрушения контактов – перемычек, т.е. оплавления торцов. К концу процесса на торцах образуется сплошной слой жидкого металла. В этот момент резко увеличивают скорость сближения и усилия осадки деталей; торцы смыкаются, большая часть жидкого металла вместе с поверхностными пленками и частью твердого металла выдавливается из зоны сварки, образуя утолщение – грат 5 (рис. 6., показан штриховой линией). Сварочный ток включается автоматически во время осадки деталей. Для более равномерного нагрева деталей по сечению и получения однородных свойств соединений в ряде случаев до начала оплавления торцы подогревают током.

Стыковую сварку, как сопротивлением, так и оплавлением относят по состоянию металла в зоне сварки к сварке в твердом состоянии, хотя в отдельных случаях, особенно при стыковой сварке оплавлением деталей больших сечений, стыковое соединение формируется в твердожидком состоянии. Стыковую сварку сопротивлением используют весьма ограниченно, т.к. не удается обеспечить равномерный нагрев стыка и получить соединение по всей поверхности контакта из-за трудностей удаления оксидных пленок. Стыковая сварка оплавлением используется наиболее широко, т.к. обеспечивает равномерный нагрев стыка и получение прочного соединения по всей поверхности контакта, а также обеспечивает экономию более дорогих материалов. Доля стыковой сварки, преимущественно сварки оплавлением, составляет около 10% общего объема применения стыковой сварки. Кроме того, стыковая контактная сварка оплавлением обеспечивает экономию легированной стали и остальных более дорогостоящих материалов.

Область применения контактной сварки чрезвычайно широка – от крупногабаритных строительных конструкций, до миниатюрных


полупроводниковых устройств и пленочных микросхем. По имеющимся данным, в настоящее время около 30% всех сварных соединений выполняют различными способами контактной сварки. Среди механизированных и автоматизированных способах сварки контактная сварка занимает первое место.

Конструкционные материалы – низкоуглеродистые и легированные стали, жаропрочные и коррозионно-стойкие сплавы, сплавы на основе алюминия, магния, титана и др. [1].

Процесс стыковой контактной сварки характерен весьма малым временем сварки при больших сварочных токах и усилиях, обеспечивающих локальное плавление металла. Необходимым условием формирования соединения является образование общей зоны расплавления до заданных размеров, что обеспечивается соблюдением технологии процесса сварки и, как следствие получение важнейших эксплуатационных свойств – это прочность и герметичность соединения.

### **1.7 Условия получения сварного соединения.**

Образование соединения при стыковой сварке происходит в процессе совместной пластической деформации нагретых электрическим током торцов деталей при осадке [2]. При стыковой сварке оплавлением (рис 1.6) нагрев деталей происходит до образования на торцах слоя расплавленного металла толщиной  $b_{ж}$  в результате локального расплавления и разрушения перемычек. Второй этап сопровождается деформацией нагретых поверхностей – осадкой, рис. 1.7.

Условие образования межатомных связей определяются состоянием поверхностей. При сварке оплавлением оксиды находятся на поверхности тонкого слоя расплавленного металла. При сближении деталей они вместе с расплавом вытесняются в грат. Формирование связей происходит в жидком и частично в твердом состоянии [4].

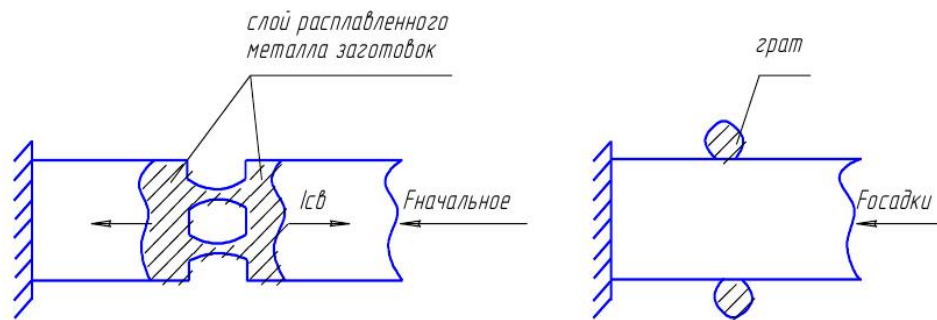
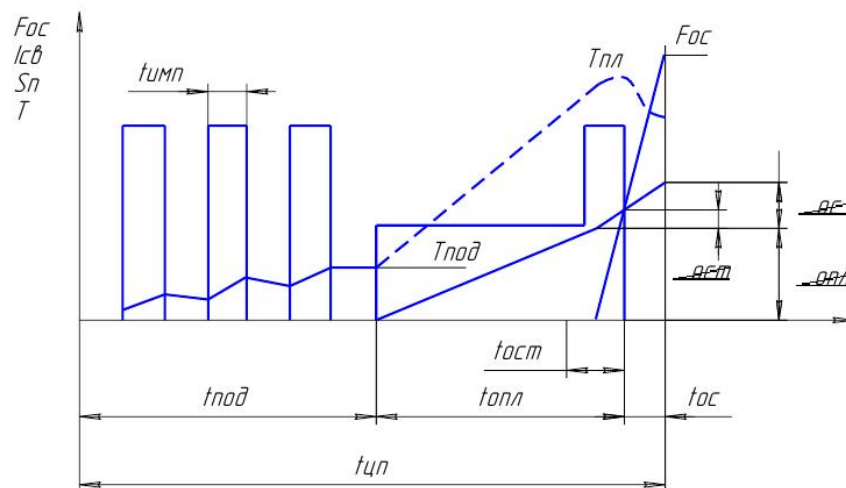



Рис. 1.7 - Этапы образования соединения

Основными процессами являются нагрев и охлаждение металла, пластическая деформация и удаление оксидных пленок. Основные процессы вызывают ряд сопутствующих процессов, а именно изменение структуры и свойств металла, тепловое расширение и усадку металла, массоперенос в контакте электрод-деталь. Взаимодействие основных процессов при стыковой сварке представлено на циклограмме (см. рис. 1.8).



$t_{ост}$  - время осадки под током;  $t_{под}$ ,  $t_{опл}$  - время подогрева и оплавления;  $\Delta_{опл}$  - укорочение деталей при оплавлении;  $\Delta_{ос}$ ,  $\Delta_{ост}$  - общая деформация деталей при осадке и осадка под током;  $I_{под}$  - ток подогрева;  $t_{цн}$  - цикл сварки оплавлением с подогревом;  $t_{цо}$  - цикл сварки оплавлением

Рисунок 1.8 – Типовая циклограмма процесса стыковой сварки оплавлением


## 1.8 Тепловые процессы в стыковой сварке оплавлением.

Основная роль оплавления – нагрев деталей до образования на торцах слоя расплавленного металла, а также соответствующего распределения температур в околошовной зоне для проведения последующей операции осадки с целью удаления расплавов и оксидов. Это достигается оплавлением.

При сближении деталей при включенном напряжении и малом давлении между твердыми или жидкими локальными участками поверхности торцов образуются электрические контакты. Нагрев контактов происходит током, который вызывает их быстрое плавление и образование перемычек из жидкого металла (см. рис. 2.8.). Перемычки быстро разрушаются. Длительность существования перемычек обычно 0,001-0,005с.

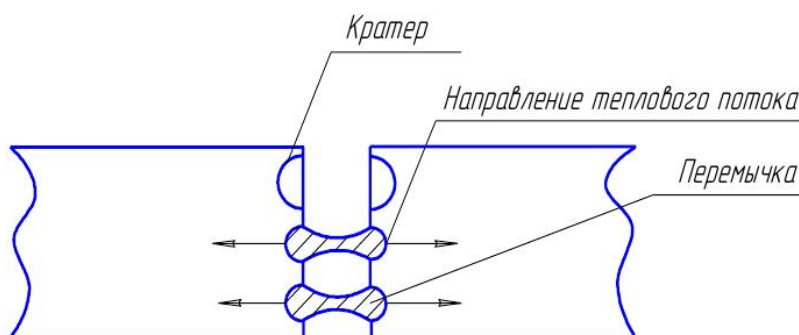


Рисунок 1.9 - Схема расположения перемычек расплавленного металла при оплавлении

Сжатие перемычки вызывает в ней увеличение плотности тока и скорость нагрева. При достаточно большой плотности тока (например  $3000 \text{ А/мм}^2$ ) металл в центре перемычки переходит в парообразное состояние и вызывает ее взрывообразное разрушение. Давление паров в момент взрыва достигает 10-50МПа, а температура  $6 \cdot 10^3$ - $8 \cdot 10^3 \text{ С}$ . Расплавленный металл выбрасывается из зазора в виде искр (со скоростями, превышающими 60м/с), что ведет к укорачиванию детали.




Одним из главных параметров режима стыковой сварки оплавлением является скорость оплавления. Она оказывает решающее влияние на температурное поле, равномерность распределения температур, рельеф поверхности торцов, степень окисления металла торцов, качество сварного соединения.

### **1.9 Пластическая деформация металла при стыковой сварке оплавлением.**

Основная роль пластической деформации заключается в удалении оксидов для образования металлических связей в стыке и электрических контактах. Деформация вызывается действием усилия сжатия, создаваемого приводом сварочной машины. Для образования начального электрического контакта достаточно небольшого давления 5-10МПа, при сварке сопротивлением, и 0,001МПа – при сварке оплавлением, при котором обычно происходит лишь микропластическая деформация рельефа поверхности торцов. При малом давлении контактное сопротивление велико, и его роль в тепловыделении возрастает. Для удаления оксидов и образования связей требуется относительно большая объемная пластическая деформация деталей, которая вызывает интенсивное вытеснение преимущественно приконтактных нагретых слоев металла и оксидов из зоны сварки. Удаление оксидов при сварке оплавлением затрудняется при образовании глубоких кратеров. В этом случае степень объемной деформации и усилие осадки приходится увеличивать, и примерно составит 40-50МПа. Усилие осадки растет при увеличении сечения свариваемых деталей, жаропрочности металлов и скорости осадки. При непрерывном оплавлении усилие осадки в 1,5-2 раза больше, чем при сварке с подогревом [5].


## 1.10 Определение дефектов соединений и причины их образования.

При оптимальных режимах соединения, выполненные сваркой оплавлением, по прочности и пластичности близки к основному металлу. Однако различные возмущающие воздействия могут вызвать отклонение условий формирования соединений от оптимальных и появление дефектов, ухудшающих заданные свойства соединений.

Основными дефектами являются непровары, рыхлоты, искривление волокон, расслоения и трещины, а также дефекты структуры металла зоны сварки.

Непровар – полное или частичное отсутствие металлической связи из-за оставшейся невыдавленной из стыка оксидной пленки, а также из-за отсутствия образования общих пограничных зерен металла, несмотря на удаление оксидов. Непровар снижает пластичность и прочность соединения. Вероятность образования непровара возрастает при сварке легированных сталей и сплавов, содержащих элементы, образующие тугоплавкие оксиды, которые в момент осадки находясь в твердом состоянии по определенной причине остаются в соединении. Причина непровара при отсутствии оксидов - недостаточный нагрев торцов. В изломах таких холодных стыков наблюдается хрупкое межзеренное разрушение.

Параметры режима оплавления следует выбирать из условия отсутствия глубоких кратеров и осуществление перед осадкой равномерных слоев расплавленного металла на торцах.

Рыхлоты – образуются в глубоких кратерах, в местах заполненных расплавленным металлом. Кристаллизация этого металла сопровождается появлением усадочных дефектов – раковин в форме линз. При недостаточной осадки раковины могут также возникать и в околостыковой зоне на участке твердого состояния металла.


Искривление волокон – в области стыка они обычно наблюдаются при чрезмерной осадке металлов, что приводит к ухудшению работоспособности соединения.

Расслоения и трещины – это обычно горячие продольные трещины, возникающие при чрезмерной осадке при сварке металлов с выраженной строчечной структурой, в которой прослойки между волокнами имеют относительно низкую температуру плавления.

К дефектам структуры относят крупное зерно, загрязнение стыка неметаллическими загрязнениями и включениями, снижение содержания легирующих элементов в стыке и т.п., [2].

Крупное зерно вызывается перегревом металла. Загрязнение связано с окислением при сварке, а также иногда с наличием большого количества таких включений в основном металле. Обеднение шва легирующими элементами происходит из-за выгорания, испарения и выдавливания металла, находящегося в жидком и твердо – жидком состоянии.

Этого можно избежать снижением длительности нагрева, увеличением осадки и мерами, которые помогают замедлить процесс окисления.

### **1.11 Выбор метода сварки**

Из нескольких видов стыковой сварки оплавлением я выбираю сварку оплавлением с предварительным подогревом.

При стыковой сварке оплавлением с предварительным подогревом, применяют подогрев деталей за счет возвратно-поступательного перемещения подвижной плиты машины. При сближении деталей цепь замыкается и создается некоторое давление. Электрический ток подогревает детали. Нагрев отдельными импульсами  $t_{имп}$  способствует более равномерному нагреву торцов деталей. Это способствует получению наиболее качественного соединения, повышает стабильность процесса и позволяет уменьшить ток оплавления./2/


## 1.12 Технические требования на сварку

- 1) Звенья цепей не должны иметь трещин, расслоений и других дефектов. Заварка или заделка дефектов не допускается.
- 2) В местах сварки цепей не должно быть непроваров, обнаруживаемых невооруженным глазом.
- 3) Несоосность в сварном стыке не должна превышать 10% номинального калибра.
- 4) Класс точности поверхности заготовки, а так же и губок, должен быть одинаковым, вторым, пятым.
- 5) Отклонения плоскости торцов деталей от перпендикулярности к их оси не должны превышать 0,5 мм.
- 6) Должна обеспечиваться равномерность прижимов, для обеспечения одинакового контакта по всей площади заготовок.

## 1.13 Расчет режимов сварки

Режимом сварки называется совокупность основных контролируемых параметров, определяющих условия сварки.

Расчет режимов сварки является многофакторной задачей, как правило, не имеющей однозначного решения. Для расчета и подбора режимов сварки необходимо пользоваться рекомендациями.

Следует иметь в виду, что рассчитанный либо подобранный по рекомендациям режим сварки должен быть проверен и откорректирован в производственных условиях и должен отвечать всем требованиям со стороны геометрии соединения. [5]

Режим сварки включает установочную длину  $l_1+l_2$ , припуски на подогрев  $\Delta_{\text{под}}$  и оплавление  $\Delta_{\text{опл}}$ , величину осадки  $\Delta_{\text{ос}}$ , длительность  $t_{\text{опл}}$  или скорость оплавления  $v_{\text{опл}}$  и осадки  $v_{\text{ос}}$ , температуру  $T_{\text{под}}$  и длительность  $t_{\text{под}}$  подогрева,


усилие при подогреве  $F_{\text{под}}$  и осадке  $F_{\text{ос}}$ , усилие зажатия  $F_z$ , сварочный ток  $I_{\text{св}}$  или ток оплавления  $I_{\text{опл}}$ . (см. рисунок 7) [2]

### 1.13.1 Расчет припусков на операции

Установочная длина в свариваемых заготовках устанавливается в зависимости от сечения заготовок и соответствует, для круглых деталей (от 0,5 до 1.0) $d_3$  (см. рисунок 1.10).

$$l_0 = 2 \times (\Delta_k + \Delta_{\text{под}} + \Delta_{\text{опл}} + \Delta_{\text{ос}}), \quad (2.1)$$

где  $l_0$  – установочная длина;

$2\Delta_k$  – конечное расстояние между зажимами, принимаем  $\Delta_k = 8$ (мм);  $\Delta_{\text{опл}} + \Delta_{\text{под}}$  – должны быть достаточны для равномерного разогрева деталей с созданием на их торцах слоя расплава при оплавлении по определенной зависимости, а припуск на осадку  $\Delta_{\text{ос}}$  – для удаления окисленного и перегретого металла.

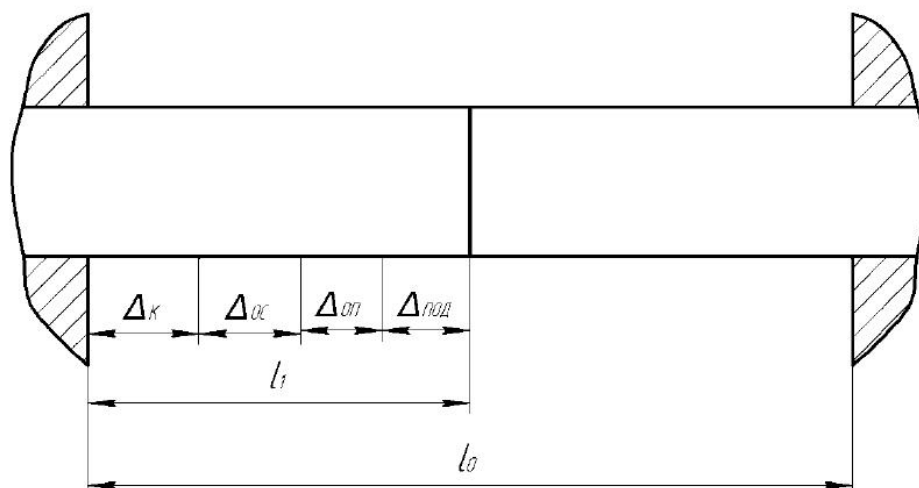


Рисунок 1.10 – Припуски на операции


Припуски  $\Delta_{оп}$  и  $\Delta_{ос}$  на оба конца для сварки оплавлением с подогревом выбирают по кривым (см. рисунок 1.10) получаем приблизительно (на одну заготовку):

$$\text{общий припуск } \Sigma \Delta_{оп} \approx 12 \text{ (мм)}$$

$$\text{припуск на } \Delta_{под} + \Delta_{опл} \approx 10 \text{ (мм)}$$

$$\text{напряжение } U_{20} \approx 5 \text{ (В)}$$

$$\text{мощность } N \approx 1100 \text{ (кВа)}$$

Далее рассчитываем:

$$\Delta_{ос} \approx (\text{от } 0,3 \text{ до } 0,2) \Sigma \Delta_{оп}$$

Общий припуск при сварке с подогревом  $\Sigma \Delta_{оп}$  и непрерывным оплавлением  $\Sigma \Delta_{0}$ ,  $\Delta_{опл} + \Delta_{под}$ ,  $\Delta_{опл}$ ,  $t_{св}$ ,  $t_{опл}$  (а),  $U_{20}$  для листа и круга (б), а также мощность при одном  $N'$  и  $N''$  трансформаторах в зависимости от сечения деталей F/6, рисунок 55/.

$$\Delta_{ос} = 0,2 \times 12 = 2,4 \text{ (мм)}$$

$$\Delta_{ос.т} = (\text{от } 0,5 \text{ до } 1,0) \Delta_{ос},$$

где  $\Delta_{ос.т}$  – припуск на осадку под током.

$$\Delta_{ос.т} = 0,5 \times 2,4 = 1,2 \text{ (мм)}$$

Произведем проверку

$$\Sigma \Delta_{оп} = \Delta_{опл} + \Delta_{под} + \Delta_{ос}$$

$$\Sigma \Delta_{оп} = 10 + 2,4 = 12,4 \text{ (мм)}$$

Найденные значения подставим в формулу (1):

$$l_0 = 2 \times (8 + 10 + 2,4) = 40,8 \text{ (мм)}$$


### 1.13.2 Определение тока: оплавления, осадки и подогрева

Ток оплавления  $I_{\text{опл}}$  зависит от площади поперечного сечения деталей  $S$  и плотности тока оплавления  $j_{\text{опл}}$ , что также касается тока осадки  $I_{\text{ос}}$  и подогрева  $I_{\text{под}}$ .

$$I = S \times j \quad (2.2)$$

При сварке деталей большого сечения из стали обычного  $j_{\text{опл}} \leq 5 \times 10^6$  А/мм<sup>2</sup> [12].

$$I_{\text{опл}} = 5 \times 10^6 \times 490 \times 10^{-6} = 2450 \text{ (А)}$$

Плотность тока при осадке подбираем по табличным данным [12].

$$I_{\text{ос}} = 40 \times 10^6 \times 490 \times 10^{-6} = 19600 \text{ (А)}$$

Плотность тока при подогреве подбираем  $j_{\text{под}} = 32$  А/мм<sup>2</sup> /6/

$$I_{\text{под}} = 32 \times 10^6 \times 490 \times 10^{-6} = 15680 \text{ (А)}$$

### 1.13.3 Определение времени: осадки, оплавления и подогрева

Подогрев деталей происходит кратковременно в течении шести секунд./6/

$$t_{\text{под}} = 6 \text{ (сек)}$$

Время на осадку и оплавление определяем (см. рисунок 1.11) в зависимости от площади сечения деталей.

$$t_{\text{опл}} + t_{\text{ос}} \approx 6,5 \text{ (сек)}$$

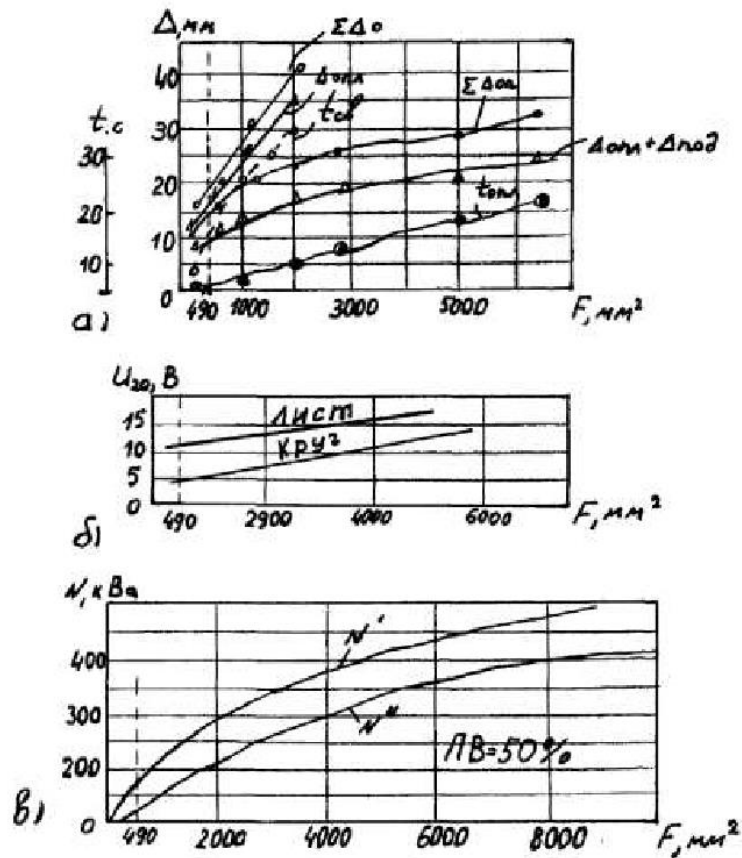



Рисунок 1.11 – Кривые для определения режимов

Основываясь на том же рисунке, определяем и время сварки.

$$t_{\text{св}} \approx 13 \text{ (сек)}$$

#### 1.13.4 Определение усилия осадки

*Осадка* – главная операция, обеспечивающая качество сварного соединения. Достаточность осадочной операции можно определить по внешнему виду сварного стыка.

Давление осадки  $P_{\text{ос}}$  выбирают в зависимости от свойств свариваемого металла и степени нагрева деталей. /12, таблица 1.5/

$$P_{\text{ос}} = 100 \text{ Мпа}$$




### 1.13.5 Определение скорости: оплавления и осадки

Скорость оплавления  $V_{\text{опл}}$  выбирают из условий получения оптимального распределения температуры в деталях и высокой интенсивности оплавления перед осадкой. Кроме того,  $V_{\text{опл}}$  должна обеспечивать устойчивое возбуждение и протекание процесса, [12, таблица 1.3] подбираем для аустенитных сталей среднюю  $V_{\text{опл ср}}$  и конечную  $V_{\text{опл кон}}$  скорости оплавления.

$$V_{\text{опл ср}} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ (м/с)}$$

$$V_{\text{опл кон}} = 5 \times 10^{-3}$$

По той же таблице подбираем и скорость осадки  $V_{\text{ос}}$ .

$$V_{\text{ос}} = 30 \times 10^{-3} \text{ (м/с)}$$

### 1.14 Выбор сварочного оборудования

Для обеспечения потребностей народного хозяйства выпускается широкая номенклатура оборудования для контактной сварки.

Выбираем универсальную машину контактной сварки МСО 606 УХЛ 4, так как она удовлетворяет нашим требованиям и является наиболее распространенной.

Машина контактной сварки МСО 606 УХЛ 4 предназначена для контактной стыковой сварки изделий компактного сечения из низкоуглеродистых сталей, а также арматуры железобетона IV, V классов диаметром до 25 мм.

Машина МСО 606 УХЛ 4 комплектуется электрическим устройством на интегральных микросхемах.

Машина обеспечивает два вида сварки:


1) автоматическую сварку с предварительным подогревом концов свариваемых изделий сечением до 2000x2000 мм.

2) автоматическую сварку методом непрерывного оплавления изделий сечением от 100 до 1000 мм<sup>2</sup>.

Условие эксплуатации машины в исполнении УХЛ 4 по ГОСТ 15150-69.

Машина состоит из следующих основных узлов:

Корпуса; регулятора скорости оплавления; кнопки управления; неподвижного зажима; направляющих; червячного редуктора; ременной передачи; электродвигателя механизма осадки и оплавления.

Основные технические данные:

- Номинальное напряжение сети, В.....380
- Частота питающей сети, Гц.....50
- Номинальный длительный вторичный ток, кА.....9,0
- Мощность при ПВ=50%, кВА.....97
- Наибольший вторичный ток, кА .....52
- Свариваемое сечение, мм<sup>2</sup>:
  - из низкоуглеродистой стали.....100-2000
  - из низколегированной стали.....100-1250
- Длительная производительность при сварке прутков диаметром 20 мм, сварок/ч.....160
- Пределы регулирования вторичного напряжения, В, не менее.....4,05-8,1
- Сопротивление вторичного контура постоянному току, мк Ом, не более.....35
- Число ступеней регулирования вторичного напряжения сварочного трансформатора.....16
- Номинальное усилие зажатия деталей при давлении воздуха 0,63 МПа (6,3 кгс/см<sup>2</sup>), кН (кгс).....125(125000)
- Привод осадки.....Электромеханический


- Усилие осадки, не менее, кН (кгс).....63(6300)
- Масса, кг, не более.....2400
- Припуск на предварительный подогрев, мм, не менее.....14
- Расход охлаждающей жидкости при давлении 0,15 МПа, л/мин, не более.....10
- Пределы регулирования частоты подогрева, Гц.....от 1 до 3
- Максимальное усилие при сведении деталей в режиме подогрева, кН (кгс), не менее.....4,0(400)

### 1.15 Выбор электродов

Для получения соединений высокого качества и надежной работы зажимов важен правильный выбор сплава для электродов (для стыковой сварки их еще называют губками), который должен быть дешевым и технологичным, обладать жаропрочностью, высокой электро- и теплопроводностью.

Таблица 1.8 – Материал губок

Материал	Содержание элементов	Электропроводность	Твердость после термообработки, НВ	Температура разупрочнения, <sup>0</sup> С
Медь М1 нагартованная (99,9%Cu)	-	98	35	150-200
Бронза Бр КН1-4	от 0,6% до 1,0% Si от 3,0% до 4,0% Ni	от 40 до 55	140	430-450
Бронза Бр НБТ	От 1,4% до 1,6% Ni От 0,2% до 0,4% Be От 0,05% до 0,15% Ti	45	170	500
Хромовая Бронза Бр Х07	От 0,4% до 1,0% Cr	От 70 до 80	От 110 до 130	350-450


Для губок обычно применяют сплавы на основе меди или различных видов бронзы (см. таблицу 1.8 [6, таблица 12])

Все материалы из таблицы 1.8 подходят для нашего случая, но мы выбираем никельбериллистую бронзу брнбт, так как она удовлетворяет нашим требованиям, таким как твердость, температура разупрочнения. Эти основные параметры у нее выше, чем у других материалов.

С целью увеличения срока службы губок, а также во избежание их перегрева, что влечет изменение сварочного тока, рекомендуется охлаждать губки проточной водой.

Губки должны быть тщательно прикреплены к токоподводящим шинам. Их рабочие поверхности периодически должны обрабатываться для обеспечения хорошего контакта. По мере износа губок они должны быть заменены.

Не допускается использование губок из различных материалов на одной машине.

### **1.16 Обработка цепей после сварки**

Обработка цепей после сварки производится с целью удаления грата, для удобства проведения контроля качества, и придания им товарного вида.

Для обработки цепей также как и для обработки заготовок применяется барабан очистной галтовочный 41114-1.

### **1.17 Контроль качества**

Организация контроля заключается в последовательном выполнении:

- контроля документации на стадии проекта;
- проверки подготовки производства; точности заготовки; сборки;

подготовки и хранения исходных материалов;


- паспортизации и квалификации сварщиков; режимов сварки; аппаратуры и др. /5/

Согласно сопроводительного документа: «Цепи навесные сварные для цепных завес вращающихся цементных печей ГОСТ 5.1925-73», пункта три – правила приемки:

1) Цепи должны подвергаться приемно-сдаточным испытаниям. Испытаниям подвергают 20% цепей каждой партии. В партию должны входить цепи одного типа размера и одной длины отрезков.

Партией считают сменную выработку цепей.

2) Приемно-сдаточные испытания проводят на соответствие требованиям:

а) Типы, основные параметры и размеры цепей должны соответствовать указанным на чертеже и в таблице.

б) Жаропрочные цепи должны изготавливаться из круглой горячекатаной стали марки 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632-61 или других марок жаропрочной стали, физико-механические свойства которых должны быть не ниже указанной марки стали.

в) Звенья цепей не должны иметь трещин, расслоений и других дефектов. Заварка или заделка дефектов не допускается.

г) В местах сварки цепей не должно быть непроваров обнаруживаемых невооруженным глазом.

д) Несоосность в сварном стыке не должна превышать 10% номинального калибра цепи.

При неудовлетворительных результатах испытаний проводят повторную проверку удвоенного количества цепей, взятых от той же партии. Результаты повторных испытаний являются окончательными.

Методы испытаний:

1) Визуальный осмотр.

2) Испытания на растяжение (на соответствие пробной нагрузке) - проводятся на специальном стенде. Отрезок цепи испытывают по всей длине,


при этом звенья цепи должны занимать правильное положение без скручивания и перекосов.

### 1.18 Техническое обслуживание оборудования

1) Ежедневно производить очистку машины от грата и грязи.

Значительную часть рабочего времени оператора занимает очистка губок, прижимов и других частей машины от налипшего металла. По этому уменьшение времени очистки поверхности машины от металла играет очень важную роль в процессе производства цепей.

Известно несколько типов защитных покрытий, применяемых при полуавтоматической сварке в среде углекислого газа, где существует аналогичная проблема:

- МВ – водный раствор мела;
- КБЖ – водный раствор сульфатно-спиртовой барды;
- МЖС – мел с жидким стеклом;
- АЖС – алюминиевая пудра с жидким стеклом;
- ЦЖС – циркон с жидким стеклом, и другие.

Наиболее действенным и недорогим из этих компонентов следует считать сульфатно-спиртовую барду.

Предлагается следующий состав, защищающей жидкости:

- а) от 20 до 40 грамм мыла
  - от 20 до 30 грамм кальцинированной соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
  - от 50 до 100 грамм барды
  - один литр воды ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- б) от 20 до 45 грамм мыла
  - от 15 до 25 грамм кальцинированной соды
  - от 25 до 50 грамм каолина
  - от 60 до 110 грамм концентрата барды
  - один литр воды.


Полученную жидкость наносить путем окунания либо с помощью поролонового тампона и других подобных средств, на места наибольшего налипания металла (верхние прижимы; губки, кроме их рабочей части и другие части).

Защитная жидкость не защищает от прилипания металла, она лишь облегчает его удаление.

2) Не реже одного раза в месяц производить полную очистку машины.

3) Периодически проверять крепление всех элементов машины.

4) Следить за составлением контактных губок.

5) Периодически, один раз в три-четыре месяца, продувать каналы системы водного охлаждения.

6) Следить за наличием смазки в редукторе, подшипниках, всех шарнирных соединениях и маслораспылительных пневматических приводов.

7) Смазку производить согласно инструкции, имеющейся в паспорте машины.

8) Замену быстроизнашивающихся частей производить согласно инструкции, имеющейся в паспорте машины.

### **1.19 Выбор средств межоперационного транспорта**

Назначение межоперационного транспорта – это передача изделий с одного рабочего места на другое в соответствии с технологическим процессом.

При нашем производстве используем мостовой кран общего назначения с электрическим приводом. /13/

К ним относятся крюковые краны с гибким подвесом груза, а также магнитные и грейферные краны, снабжённые съёмным электромагнитом или грейфером.

Требования к однобалочным опорным кранам (кран-балкам) регламентированы ГОСТ 22045-82 при грузоподъёмности от 1 до 5 тонн и пролётах от 4,5 до 28,5 м. Высота подъёма груза 6,12 и 18 м. Скорость (м/с)


подъёма груза – 0,13; передвижения тали – 0,33 и 0,53; передвижения крана – 0,4 и 0,63 (при управлении с пола) и 0,63, 1,0 (при управлении из кабины).

В качестве подкрановых рельсов применяют железнодорожные рельсы Р24 по ГОСТ 6368-82 или квадрат по ГОСТ 2591-71.

Также могут быть использованы и тележки.

## 1.20 Планировка участка

При разработке плана отделений узловой и общей сборки и сварки основным является определение требуемого числа пролётов и необходимых размеров каждого из них – длины, ширины и высоты.

При детальном проектировании основным методом уточнения указанных параметров плана отделений сборки и сварки служит последовательное (по ходу выполнения технологического процесса) размещение на плане, принятого по расчету количества оборудования, сборочно-сварочных и других рабочих мест. При этом стремятся не только обеспечить прямоточность производства, но также достигнуть наилучшего использования грузоподъёмности транспортных средств. /14/

### 1.20.1 Расчёт ширины пролёта

Определим ширину пролета:

$$b_{np\ min} = 2 \times (b_1 + 2b_m + b_2) + b_n \quad (2.3)$$

где  $b_{np\ min}$  – минимальная ширина пролета;

$b_1$  – расстояние от тыльной стороны рабочего места до оси продольного ряда колонн,  $b_1 = 1,5$  (м)

$b_m$  – ширина рабочего места, принимаем  $b_m = 1,6$  (м)




$b_2$  – расстояние между боковыми сторонами оборудования, принимаем  $b_2=1,0$  (м)

$b_n$  – ширина проезда между двумя линиями рабочих мест, принимаем  $b_n=3$  (м).

$$b_{np\ min}=2 \times (1,5+2 \times 1,61+1)+3=14,44 \text{ (м)}$$

Принимаем ширину пролета 18 (м).

### 1.20.2 Расчет высоты пролета

$$H_n \geq h_1+h_3+h_4+h_5+h_6, \quad (2.4)$$

где  $H_n$  – высота пролета

$h_1$  – наибольшая высота производственного оборудования,  $h_1=3,0$  (м)

$h_3$  – расстояние от уровня поверхности головки рельса подкрановых путей до наиболее низкой точки подъемного крюка, принимаем  $h_3=0,95$  (м)

$h_4$  – расстояние между наиболее низкой точкой подъемного крюка и наиболее высокой точкой транспортируемого груза, принимаем  $h_4=1$  (м)

$h_5$  – наибольшая высота грузов, транспортируемых в данном пролете, принимаем  $h_5=3$  (м)

$h_6$  – расстояние между наиболее низкой точкой поднятых грузов и наивысшей точкой установленного оборудования, принимаем  $h_6=0,5$  (м)

$$H_n=3+0,9+1+2+1=7,9 \text{ (м)}$$

### 1.20.3 Расчет высоты цеха

$$H_{ц} \geq H_n+h_8, \quad (2.5)$$

где  $H_n$  – высота пролета


$h_8$  – расстояние между поверхностью головки рельса подкрановых путей до нижнего уровня затяжки стропил перекрытия, принимаем  $h_8=0,9$  (м)

$$H_{ц}=7,9+1,4=9,3 \text{ (м)}$$

Принимаем  $H_{ц} = 9,65$  м.


## 2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ


## 2.1 Поверочный расчет трансформатора

Рассматриваем трансформатор К-12.04-11.

Исходные данные для расчета трансформатора:

- 1)  $I_{2 \text{ ном}}=12500 \text{ A}$
- 2)  $U_{1 \text{ г}}=325 \text{ В}$
- 3)  $f=50 \text{ Гц}$
- 4) Вторичное напряжение холостого хода:  
 $U_{20 \text{ ном}}=4 \text{ В}$   
 $U_{20 \text{ мин}}=2,29 \text{ В}$   
 $U_{20 \text{ max}}=4,58 \text{ В}$
- 5) Число ступеней регулирования вторичного напряжения  $n=8$
- 6) Продолжительность включения ПВ=32%
- 7) Трансформатор броневого типа
- 8) Магнитопровод шихтованный из пластин, вырубленных из электротехнической стали, марки 3413 толщиной 0,5 мм
- 9) Обмотки дисковые, залитые эпоксидным композитом
- 10) Класс изоляции обмоток В
- 11) Охлаждение: а) вторичной обмотки – водяное, проточное; б) первичной обмотки – путем теплопередачи диском вторичного витка; в) магнитопровода – естественное воздушное
- 12) Тип включающего устройства – тиристорный контактор.

### 2.1.1 Определение минимального числа витков

Принимаем число витков вторичной обмотки  $\omega_2=1$ .

Число витков первичной обмотки на номинальной ступени определяем по формуле:

$$\omega_{1н}=U_{1 \text{ г}}/U_{20 \text{ мин}} \quad (2.1)$$


$$\omega_{1max} = \frac{325}{2.29} = 141 \text{ (ВИТОК)}$$

Определим минимальное число витков (на максимальной ступени).

$$\omega_{1min} = U_{1T} / U_{20max} \quad (2.2)$$

$$\omega_{1H} = \frac{325}{4.58} = 71 \text{ (ВИТОК)}$$

Разбиваем напряжение на 8 ступеней и определяем число витков по секциям:

для первой секции

$$\omega_{c1} = U_{1T} / 7(U_{20max}) \quad (2.3)$$

$$\omega_{1H} = \frac{325}{7 \cdot 4.58} = 10 \text{ (ВИТКОВ)}$$

для второй ступени

$$\omega_{c2} = 2 \times \omega_{c1} \quad (2.4)$$

$$\omega_{c2} = 2 \times 10 = 20 \text{ (ВИТКОВ)}$$

для третьей ступени

$$\omega_{c3} = 2 \times \omega_{c2} \quad (2.5)$$

$$\omega_{c3} = 2 \times 20 = 40 \text{ (ВИТКОВ)}$$

Разбиваем число витков по ступеням:

$\omega_{1(1)} = 141$  ВИТОК;  $\omega_{1(2)} = 131$  ВИТОК;  $\omega_{1(3)} = 121$  ВИТОК;  $\omega_{1(4)} = 111$  ВИТКОВ;  $\omega_{1(5)} = 101$  ВИТОК;  $\omega_{1(6)} = 91$  ВИТОК;  $\omega_{1(7)} = 81$  ВИТОК;  $\omega_{1(8)} = 71$  ВИТОК.


## 2.1.2 Определение напряжения на восьми ступенях трансформатора

Для первой ступени

$$U_{(20)1} = U_{1 \tau} / \omega_1 \quad (2.6)$$

$$U_{(20)1} = \frac{325}{141} = 2,31 \text{ (В)}$$

для второй ступени

$$U_{(20)2} = U_{1 \tau} / \omega_2 \quad (2.7)$$

$$U_{(20)2} = \frac{325}{131} = 2,48 \text{ (В)}$$

для третьей ступени

$$U_{(20)3} = U_{1 \tau} / \omega_3 \quad (2.8)$$

$$U_{(20)3} = \frac{325}{121} = 2,68 \text{ (В)}$$

для четвертой ступени

$$U_{(20)4} = U_{1 \tau} / \omega_4 \quad (2.9)$$

$$U_{(20)4} = \frac{325}{111} = 2,93 \text{ (В)}$$

для пятой ступени


$$U_{(20)5} = U_{1 \tau} / \omega_5 \quad (2.10)$$

$$U_{(20)5} = \frac{325}{101} = 3,23 \text{ (В)}$$

для шестой ступени

$$U_{(20)6} = U_{1 \tau} / \omega_6 \quad (2.11)$$

$$U_{(20)6} = \frac{325}{91} = 3,73 \text{ (В)}$$

для седьмой ступени

$$U_{(20)7} = U_{1 \tau} / \omega_7 \quad (2.12)$$

$$U_{(20)7} = \frac{325}{81} = 4,01 \text{ (В)}$$

для восьмой ступени

$$U_{(20)8} = U_{1 \tau} / \omega_8 \quad (2.13)$$

$$U_{(20)8} = \frac{325}{71} = 4,58 \text{ (В)}$$

Получаемые значения чиселносим в таблицу 2.1 (см. ниже).

### 2.1.3 Расчет номинального первичного тока

$$I_{1 \text{ ном}} = k_1 \times (I_{2 \text{ ном}} / k) \quad (2.14)$$


где  $k_1$  – коэффициент, учитывающий ток холостого хода,  
 $k$  – коэффициент трансформации

$$k_1 = 1 + 0,005 \times i_0 \times \sqrt{ПВ/100} \quad (2.15)$$

где  $i_0$  – относительное значение тока холостого хода

$$k_1 = 1 + 0,005 \times 20 \sqrt{32/100} = 1,056$$

$$k = (\omega_1)_{\text{ном}} / \omega_2 \quad (2.16)$$

Из таблицы ступеней для номинальной ступени имеем  $(\omega_1)_{\text{ном}} = 81$ .

$$k = \frac{81}{1} = 81$$

Подставляем полученные значения  $k$  и  $k_1$  в формулу (2.14), находим

$$I_{1 \text{ ном}} = 1,056 \times \frac{12500}{81} = 162,9 \text{ (A)}$$

Находим сечение первичной обмотки:

$$q_1 = \frac{162,9}{3,3} = 49,4 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Расчетный ток

$$I_1 = I_{1 \text{ ном}} \sqrt{ПВ/100} \quad (2.17)$$




$$I_1 = 162,9 \sqrt{\frac{32}{100}} = 52,3 \text{ (A)}$$

#### 2.1.4 Определение расчетного тока для каждой ступени

Для шестой ступени

$$I_{1(6)} = I_1 \times (\omega_{1(7)} / \omega_{1(6)})^2 \quad (2.18)$$

$$I_{1(6)} = 52,3 \times \left(\frac{81}{91}\right)^2 = 41,4 \text{ (A)}$$

для пятой ступени

$$I_{1(5)} = I_1 \times (\omega_{1(7)} / \omega_{1(5)})^2 \quad (2.19)$$

$$I_{1(5)} = 52,3 \times \left(\frac{81}{101}\right)^2 = 33,6 \text{ (A)}$$

для четвертой ступени

$$I_{1(4)} = I_1 \times (\omega_{1(7)} / \omega_{1(4)})^2 \quad (2.20)$$

$$I_{1(4)} = 52,3 \times \left(\frac{81}{111}\right)^2 = 27,8 \text{ (A)}$$

для третьей ступени

$$I_{1(3)} = I_1 \times (\omega_{1(7)} / \omega_{1(3)})^2 \quad (2.21)$$


$$I_{1(3)} = 52,3 \times \left( \frac{81}{121} \right)^2 = 23,4 \text{ (A)}$$

для второй ступени

$$I_{1(2)} = I_1 \times (\omega_{1(7)} / \omega_{1(2)})^2 \quad (2.22)$$

$$I_{1(2)} = 52,3 \times \left( \frac{81}{131} \right)^2 = 19,9 \text{ (A)}$$

для первой ступени

$$I_{1(1)} = I_1 \times (\omega_{1(7)} / \omega_{1(1)})^2 \quad (2.23)$$

$$I_{1(1)} = 52,3 \times \left( \frac{81}{141} \right)^2 = 17,3 \text{ (A)}$$

Расчетные значения токов по всем ступеням носим в таблицу ступеней (таблица 3.1).

### 2.1.5 Расчет сечения медного провода по секциям

Для секции 1

$$q_{1(1)} = I_{1(1)} / j_1 \quad (2.24)$$

$$q_{1(1)} = \frac{52,3}{3,3} = 15,8 \text{ (мм}^2\text{)}$$

для секции 2

$$q_{1(2)} = I_{1(2)} / j_1 \quad (2.25)$$


$$q_{1(2)} = \frac{41,4}{3,3} = 12,5 \text{ (мм}^2\text{)}$$

для секции 3

$$q_{1(3)} = I_{1(3)} / j_1 \quad (2.26)$$

$$q_{1(3)} = \frac{27,8}{3,3} = 8,4 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Полученные значенияносим в таблицу ступеней (см. таблица 2.1).

Находим суммарное сечение провода первичной обмотки.

$$q_1 \Sigma = \Sigma q_{1(1)} + \Sigma q_{1(2)} + \Sigma q_{1(3)} = \omega_{1(1)} \times q_{1(1)} + \omega_{1(2)} \times q_{1(2)} + \omega_{1(3)} \times q_{1(3)} \quad (2.27)$$

$$q_1 \Sigma = (10+10) \times 15,8 + (20+20) \times 12,5 + (40+40) \times 8,4 = 1488 \text{ (мм}^2\text{)}$$

### 2.1.6 Определение расчетного тока вторичной обмотки на номинальной ступени

$$I_2 = I_{2 \text{ ном}} \sqrt{ПВ / 100} \quad (2.28)$$

$$I_2 = 12500 \sqrt{\frac{32}{100}} = 7071 \text{ (А)}$$

Найдем сечение вторичного витка

$$q_2 = I_2 / j_2 \quad (2.29)$$


Таблица 2.1 – Таблица ступеней

Ступень	Положение ножей переключателя			$\omega_{1,шт}$	$U_{(20)n}, В$	$I_1, А$	$q_1, мм^2$
	№1	№2	№3				
1	2	2	2	141	2,31	17,3	8,4
2	1			131	2,48	19,9	
3	2			121	2,68	23,4	
4	1	1		111	2,93	27,8	
5	2	2	1	101	3,25	33,6	12,5
6	1			91	3,75	41,4	
7	2			81	4,01	53,2	
8	1	1		71	4,58	15,8	

по рекомендациям  $j_2=4,5$  (А/мм)

$$q_2 = \frac{7071}{4,5} = 1571,3 \text{ (мм}^2\text{)}$$

### 2.1.7 Определение суммарного сечения обмоток

$$q = q_1 \Sigma + q_2 \quad (2.30)$$

$$q = 1488 + 1571,3 = 3059,3 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Расчет магнитопровода включает определение сечения и размеров стержня: толщины набора, высоты и ширины окна и так далее.

Сечение стержня

$$F_c = U_{1T} / (4,44 f_1 \times \omega_{1н} \times B_n) \quad (2.31)$$

где  $B_n$  – от 1,3 до 1,8 Тл, выбираемая в зависимости от ПВ мощности трансформатора и формы пластин, из которых собран стержень, и марки стали.


$$F_c = \frac{325}{4,44 \times 50 \times 141 \times 1,55} = 6,7 \times 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}$$

Из-за неплотной сборки стальных листов и наличие изоляции, фактическое сечение стержня несколько больше

$$F_c' = F_c / k' \quad (2.32)$$

где  $k' = 0,95$

$$F_c' = 6,4 \times 10^{-3} / 0,95 = 7,1 \times 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}$$

### 2.1.8 Определение сечения стержня, окна

Форму сечения стержня принимают прямоугольную с соотношением сторон  $h/\delta = 1 \div 3$ .

Размеры окна ( $d$  и  $c$ ) выбирают в зависимости от полного сечения обмоток, которые должны быть уложены в окне, с учётом изоляции, прокладок и каналов охлаждения.

Для размещения обмоток площадью  $3059,3 \text{ мм}^2$  потребуется площадь окна около  $10000 \text{ мм}^2$ , по расчету  $S_0 = 11197,4 \text{ мм}^2$  наиболее подходящими пластинами для магнитопровода данного трансформатора будут пластины Ш-образной формы. По рекомендациям выбираем размеры окна  $55 \times 1010 \text{ мм}$  и  $S_0 = 12100 \text{ мм}^2$ . (см. рисунок 2.1)

Между катушками первичной обмотки трансформатора оставляют зазор  $\Delta_{11} = 11 \text{ мм}$  для размещения отводов и клиньев. Внутренний размер изолированной катушки по ширине выбирают на  $8-15 \text{ мм}$  больше ширины стержня:  $\delta_{1к} = \delta + (8 \div 15) \text{ мм}$ , а по длине на  $20$  или  $40 \text{ мм}$ :  $h_{1к} = h + (\text{от } 20 \text{ до } 40) \text{ мм}$  для установки клиньев и свободного надевания катушек.

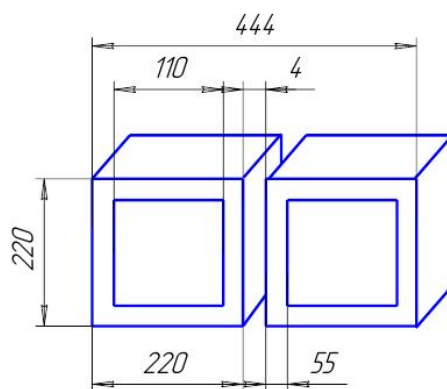



Рисунок 2.1 – Магнитопровод

Находим радиальный размер катушки.

$$h_1 = \omega_k \times (a_n + \delta) + \Delta_1, \quad (2.33)$$

где  $\omega_k$  – число витков в катушке;

$a_n$  – толщина обмоточного провода с изоляцией;

$\delta$  – толщина межвитковой изоляции;

$\Delta$  – суммарная толщина наружной изоляции катушки.

$$h_1 = 30 \times (2,13 + 0,82) + 9 = 97,5 \text{ (мм)}$$

Определим толщину катушки

$$\Delta_1 = v_n + h_n \quad (2.34)$$

где  $v_n$  – высота провода с изоляцией;

$h_n$  – суммарная толщина наружной изоляции.

$$\Delta_1 = 8,36 + 11,9 = 20,26 \text{ (мм)}$$


При проверке укладки катушек должно соблюдаться условие

$$C \geq H_0 (\text{от } 6 \text{ до } 12) \text{ (мм)} \quad (2.35)$$

где  $H_0$  – полная высота обмоток в окне,

$$H_0 = \sum \Delta_1 + K_d \times \Delta_2 + 2 \times K_d \times \Delta_{12} + (K_d - 1) \times \Delta_{11} \quad (2.36)$$

где  $\Delta_{12}$  – толщина изоляционных прокладок между первичной и вторичной обмотками

$K_d$  – число дисков вторичной обмотки

$$H_0 = 20,26 + 20,26 + 4 \times 3,25 + 2 \times 4 \times 1,23 + (4 - 1) \times 11 = 96,36 \text{ (мм)}$$

Делаем проверку, зная, что  $c = 110$  (мм)

$$110 \geq 96,36 + 9$$

$$110 > 105,36$$

Условие проверки выполняется.

### 2.1.9 Проверочный расчет трансформатора для определения его потерь, КПД и условий охлаждения

Ток холостого хода находим по формуле

$$I_0 = \sqrt{I_{oa}^2 + I_{op}^2} \quad (2.37)$$

где  $I_{oa}$  – активная составляющая тока, А

$I_{op}$  – реактивная составляющая тока


$$I_{op} = K_0 \times P_0 / U_{1T} \quad (2.38)$$

где  $P_0$  – потери холостого хода

$K_0$  – коэффициент добавочных потерь,  $K_0 = 1,2$

$$P_0 = p_0 \times G_{ж} \quad (2.39)$$

где  $p_0$  – удельные потери в стали

$G_{ж}$  – масса стали магнитопровода

$$p_0 = 1,8 \times 67,6 = 121,48$$

Значение  $p_0$  подставим в формулу (3.37), получаем

$$I_{oa} = \frac{1,2 \times 121,48}{325} = 0,45 \text{ (A)}$$

$$I_{op} = (H_{cp} \times l_{cpm} + H_{\delta} \times n \times \delta \times 10^5) / (K_r \times \omega \times l \times n \sqrt{2}) \quad (2.40)$$

где  $H_{cp} \times l_{cpm}$  – магнитодвижущая сила, необходимая для создания магнитного потока в магнитопроводе

$H_{\delta}$  – напряженность магнитного поля в стыке

$n, \delta$  - число и размер зазоров в магнитной цепи,  $n = 3, \delta = 0,005$  (см)

$K_r$  - коэффициент, учитывающий уменьшение тока холостого хода из-за наличия высших гармоник

Для индукции от 1,2 до 1,8 Тл  $K_r$  может быть определен по соотношению

$$K_r = \frac{1}{1,9 - 0,8Bn} = \text{от } 1,06 \text{ до } 2,17 \quad (2.41)$$




$$K_r = \frac{1}{1,9 - 0,8 \times 1,55} = 1,52$$

Все значения подставляем в формулу (3.39), получаем

$$I_{op} = \frac{0,7 \times 2,83 + 1,16 \times 3 \times 0,005 \times 10^5}{1,52 \times 141 \times \sqrt{2}} = 5,75 \text{ (A)}$$

Подставляем значения  $I_{op}$  и  $I_{oa}$  в формулу (3.36), получаем

$$I_0 = \sqrt{0,45^2 \times 5,75^2} = 5,77 \text{ (A)}$$

Относительное значение тока холостого хода

$$i_0 = I_0 \times 100\% / I_{1 \text{ дл.н}} \quad (2.42)$$

не должно быть больше значений ГОСТ 297-80; 20% при токе  $I_{2 \text{ дл.н}}$  свыше 5000А

$$i_0 = 5,77 \times 100\% / 29,3 = 19,7\%$$

Активное сопротивление обмоток

$$r_{1r} = \rho_1 \times K_{п1} \times I_{1cp} \times \omega_{1н} / q_1 \quad (2.43)$$

$$r_{2r} = \rho_2 \times K_{п2} \times I_{2cp} \times \omega_2 / q_2 \quad (2.44)$$

где  $\rho_1$  – удельное электросопротивление материала первичной обмотки

$\rho_2$  – удельное электросопротивление для материала вторичной обмотки


$l_{1cp}$  и  $l_{2cp}$  – средняя длина одного витка

$K_{п1}$  и  $K_{п2}$  – коэффициенты поверхностного эффекта

$$r_{1T} = 0,0175 \times \frac{0,47 \times 141}{49,4} = 0,024 \text{ (Ом)}$$

$$r_{2T} = 0,0175 \times \frac{0,39 \times 71}{32,3} = 0,015 \text{ (Ом)}$$

## 2.2 Расчёт токоведущих шин

В машинах стыковой сварки систем токоподводов отличается от остальных. Она состоит из контактных плит или подвижной или не подвижной колодок 3, укреплённых в стальных плитах 5. Гибкими шинами 2 к колодкам подводится ток от сварочного трансформатора 1. На колодках монтируются электроды – губки 4. (см. рисунок 2.2)

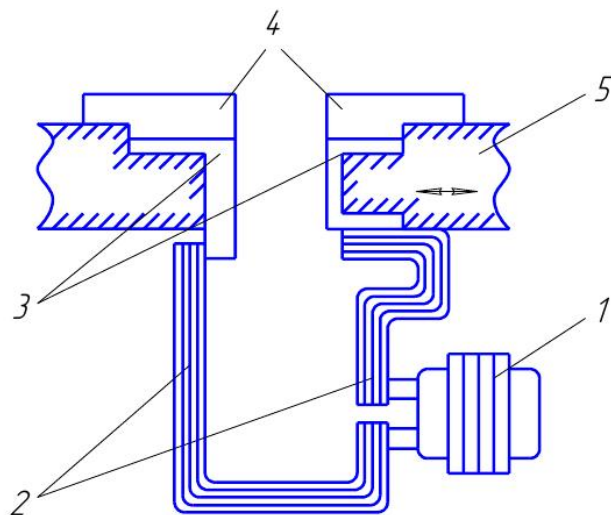


Рисунок 2.2 – Токоподводы

Гибкие шины применяют для возможности перемещения подвижной плиты. Такие шины изготовляют из прямоугольных свободноизогнутых листов


медной фольги наборными или влитыми и скрепляют с другими жёсткими токоподводящими элементами.

Жесткие шины изготавливают медного проката в виде плит, полос, уголков с внутренним водяным охлаждением. Они обычно не несут силовых нагрузок и используются как неподвижная плита.

*Контакты* – участки крепления токоведущих элементов сварочного контура. Величина электрического сопротивления контактов в значительной мере меняется. По этому стремятся сохранить исходное количество контактов и снизить величину сопротивления за счёт периодического подтягивания болтов, серебрение контактирующих поверхностей, применение электропроводящего материала и другое. /2/

Применяют на практике методики расчёта сечения вторичного контура, определяются исходя из допустимой плотности тока, при продолжительной работе (ПВ =100%).

Допустимые плотности тока выбирают исходя из условий охлаждения, согласно таблице 6-1. /15/

Зная сварочный ток и ПВ машины, находят длительный ток

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{св}} \times \sqrt{\text{ПВ}} \quad (2.45)$$

где  $I_{\text{дл}}$  – длительный ток, кА

$I_{\text{св}}$  - ток сварки, кА

ПВ – продолжительность работ

$$I_{\text{дл}} = 19,6 \times \sqrt{0,5} = 13,9 \text{ (кА)}$$

Сечение участка вторичного контура определяют по формуле

$$q = I_{\text{дл}} / j \quad (2.46)$$


где  $q$  – сечение участка контура,  $\text{мм}^2$

$j$  – допустимая плотность тока,  $\text{А/мм}^2$

Находим сечение гибких шин из ленты МГМ

$$q = 13,9 \times 10^3 / 2,5 = 5560 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Находим сечение сплошных шин из меди М1

$$q = 13,9 \times 10^3 / 3 = 4630 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Определённые сечения необходимо проверять на нагрев.

Используя формулу Ньютона, можно вывести расчётную формулу нагрева и для плоских шин.

$$I = 210 \times q^{0,75} \sqrt{\frac{\alpha_r \frac{1+K}{\sqrt{K}}}{K_{II}}} \quad (2.47)$$

где  $I$  – длительный ток,  $\text{А}$

$q$  – сечение участка контура,  $\text{мм}^2$

$\alpha_r$  – коэффициент теплоотдачи,  $\text{Вт}/(\text{см}^2 \times ^\circ\text{C})$

$K$  – отношение ширины и толщины  $a/b$ ,  $\text{см}$

$K_{II}$  – коэффициент поверхностного эффекта.

Для гибких шин

$$I = 210 \times 5560^{0,75} \sqrt{1,28 \times 10^{-3} \frac{1 + \frac{11}{5,1}}{\sqrt{\frac{11}{5,1}}}} = 7092 \text{ (А)}$$

Для сплошных шин


$$I=210 \times 4630^{0,75} \sqrt{1,28 \times 10^{-3} \frac{1 + \frac{10}{4,6}}{\sqrt{\frac{10}{4,6}}}} = 6187 \text{ (A)}$$

## 2.3 Расчет пневмоцилиндра

### 2.3.1 Определение усилия зажатия

В нашем случае сварка осуществляется с жесткими упорами. Заготовки лежат в губках зафиксировано, без возможности смещения в каком либо направлении, по этому  $F_{\text{зж}}$  необходима только для подвода тока./12/

$$F_{\text{зж}} = 0,5 F_{\text{ос}} \quad (2.48)$$

где  $F_{\text{зж}}$  – усилие зажатия заготовки

$F_{\text{ос}}$  – усилие осадки

$$F_{\text{зж}} = 0,5 \times 100 = 50 \text{ (МПа)}$$

### 2.3.2 Расчет параметров пневмоцилиндра

Пневматическое устройство, основное назначение которого – создание необходимых усилий на свариваемых деталях, состоит из пневматических цилиндров, служащих для перемещения дополнительных органов, и аппаратуры, управляющей движением поршня и исполнительных органов по заданной программе.

Зная давление толкателя и объем пневмоцилиндра, мы можем пересчитать его диаметр на более меньший, чем находится на стандартной машине. Это производится с целью уменьшения давления, до 50-60 МПа, этого уровня вполне достаточно для выполнения зажатия, а лишние усилия ни к чему.


$$P_{\text{толк}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times p \times \eta \quad (2.49)$$

Из формулы (2.49) выведем диаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{4P_{\text{толк}}}{\pi p \eta}}$$

где:  $P_{\text{толк}} = 50 \times 10^6 \text{ Па}$

$$\pi = 3,14$$

$$p = 6A_T = 3 \times 10^3 \text{ Па}$$

$$\eta = 0,85$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 50 \times 10^6}{3,14 \times 3000 \times 0,85}} = 158 \text{ (мм)}$$

## 2.4 Конструкция электродов и зажимов

Конструкция зажимов и губок стыковых машин во многом определяется конфигурацией свариваемой детали.

Зажимы служат для надежного, без проскальзываний, зажатия детали и подвода тока к изделию.

В нашем случае подвод тока осуществляется к одним нижним губкам.

По своей конструкции зажимы должны обеспечивать легкую установку свариваемых деталей их быстрое зажатие без дополнительных инструментов и легкое удаление сваренных изделий.[15]

В машине МСО 606 стоят быстродействующие зажимы рычажного типа с пневматическим приводом с радиальным ходом верхней губки (рис 2.3).

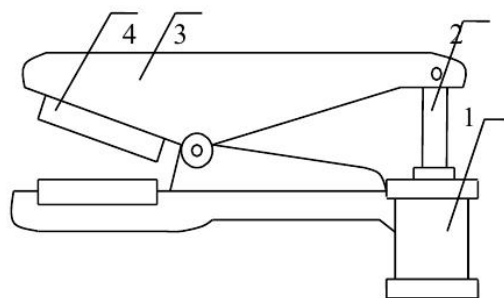



Рисунок 2.3 – Зажимы рычажного типа

Для изготовления нижних губок была выбрана бронза марки БрНБТ

Губки можно делать несколькими способами, например:

- Литьем и дальнейшей обработкой поверхности фрезой.
- Горячим давлением, с помощью пунсона нужной формы в слитке, нагретом, выдавливаются пазы.
- Токарной обработкой и другими.

В нашем случае роль верхних губок сыграют зажимы из чугуна, Сч 24-44.

Эскизы губок и зажимов для круглых и овальных звеньев показаны в графической части проекта.

## 2.5 Модернизация оборудования для гибки

За основу принимаем пресс гидравлический одностоечный правильный модель П6132А.

Предназначен для правки валов, используется также для гибки, запрессовки, прошивки, монтажных, штамповочных и других работ.

Рабочий цилиндр поршневого типа расположен в верхней части станины. К нижнему торцу штока цилиндра крепится ползун. Направляющая планка на станине удерживает его от поворота вокруг вертикальной оси.


### 2.5.1 Определение размеров заготовки при гибке.

Определение размеров плоских заготовок, подлежащих гибке, основано на равенстве длины заготовки длине нейтрального слоя изогнутой детали и сводится к определению положения и длины нейтрального слоя в зависимости от относительного радиуса изгиба  $r/S$ .

При гибке с закруглением (по радиусу), длина заготовки равна сумме длин прямых участков и длины нейтрального слоя в изогнутом участке. Длина нейтрального слоя в изогнутом участке определяется по формуле:

$$l_n = \frac{\pi\varphi}{180} \cdot (r + xS) = 0.017\varphi \cdot (r + xS)$$

где  $l_n$  – длина нейтрального участка изогнутого участка;

$\varphi$  – угол изогнутого участка;

$x$  – коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя [опр. по табл. 21 – 17].

Для случая U-образной гибки (см. рис №) будем иметь:

$$L = 2l + 2l_n = 2l + \pi(r + xS); \quad (2.50)$$

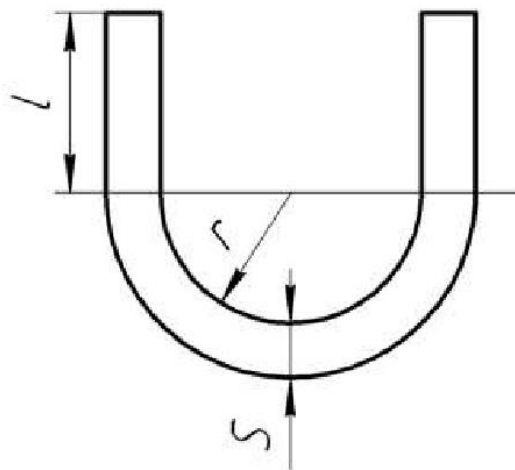


Рисунок 2.4 – Схема U-образной гибки




Для круглых звеньев:

$l = 12.4$  мм (согласно расчету припусков на операции);

$x = 0,46$ ;

$r = 60$ ;

$S = 25$ .

$$L = 2 \cdot 12,4 + 3,14(60 + 0,46 \cdot 25) = 24.8 + 224.2 = 249 \text{ мм};$$

Для овальных звеньев:

$l = 35 + 12,4 = 47,4$  мм (согласно расчету припусков на операции и геометрическим особенностям формы);

$x = 0,42$ ;

$r = 25$ ;

$S = 25$ .

$$L = 2 \cdot 47,4 + 3,14(25 + 0,42 \cdot 25) = 14.8 + 111.2 = 206 \text{ мм};$$

### 2.5.2 Расчет усилия гибки

Усилие гибки определяется из равенства внешнего изгибающего момента моменту внутренних сил. Изгибающий момент для полукруглой схемы гибки следующий:

$$M = \frac{Pl}{4};$$

$$l = 2(r + 1,2S) \quad (2.51)$$

где  $r$  – радиус гибки в мм;

$l$  – плечо в конце гибки в мм.


Определим  $M$  - момент внутренних сил при гибке. Для этого используем уточненный метод расчета, так как отношение  $r/S < 5$ .

$$M = 1.5W \cdot \sigma_S \cdot n \quad (2.52)$$

где  $W$  - момент сопротивления сечения;

$\sigma_S$  - предел текучести ( $\sigma_S = 196 \text{ МПа} = 196 \cdot 101.972 \cdot 10^{-3} \text{ кг/мм}^2 = 19,99 \text{ кг/мм}^2$ );

$n = 1.8$  коэффициент характеризующий влияние упрочнения.

Для круглого сечения:

$$W = \frac{\pi r^3}{4} \quad (2.53)$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 25^3}{4} = 12266 \text{ мм}^3$$

$$M = 1.5 \cdot 12266 \cdot 19,99 \cdot 1,8 = 662033 \text{ кг} \cdot \text{мм}$$

Для круглых звеньев:

$$l = 2(60 + 1,2 \cdot 25) = 180 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{4 \cdot 662033}{180} = 14712 \text{ кг} = 147120 \text{ Н}$$

Принимаем  $P = 15 \text{ кН}$ .

Для овальных звеньев:

$$l = 2(25 + 1,2 \cdot 25) = 110 \text{ мм.}$$


$$P = \frac{4 \cdot 662033}{110} = 24073 \text{ кг} = 240730 \text{ Н}$$

Принимаем  $P = 25 \text{ кН}$ .

### 2.5.3 Упругое пружинение при гибке

Гибка, являющаяся процессом пластической деформации, сопровождается упругой деформацией, определяемой законом Гука. По окончании гибки упругая деформация устраняется, вследствие чего происходит изменение размеров изделия по сравнению с размерами, заданными инструментом, называемое упругим пружинением.

Упругое пружинение обычно выражается в угловом измерении и является той величиной, на которую следует уменьшить угол гибки, чтобы получить требуемый угол изогнутой детали. Величина угла пружинения может быть определена двумя способами: аналитическим расчетом величины упругой деформации или опытным путем, посредством испытаний и замеров.

При свободной гибке величина упругого пружинения зависит от упругих свойств материала, степени деформации при гибке (соотношения  $r/S$ ), угла гибки и способа гибки (V- или П-образная).

При гибке с большими радиусами закруглений или при U-образной гибке необходимо определить не угловое пружинение, а упругое изменение радиуса после гибки. Произведем расчет для нашего случая согласно данной методике, изложенной В. П. Романовским.

Определим величину остаточной деформации крайних волокон  $\varepsilon_0$  по приближенной формуле:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{2\frac{r}{S}+1} \quad (2.54)$$

Для круглой цепи:


$$\varepsilon_0 = \frac{1}{2 \frac{60}{25} + 1} = \frac{1}{5,8} = 0,172 \text{ мм.}$$

Для овальной цепи:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{2 \frac{25}{25} + 1} = \frac{1}{3} = 0,333 \text{ мм.}$$

Затем по диаграмме растяжения данного материала находят величину полной деформации  $\varepsilon_{\text{п}}$ . Ввиду отсутствия диаграммы, воспользуемся расчетным методом:

$$\varepsilon_{\text{п}} = \varepsilon_0 + \varepsilon_{\text{упр}}; \quad (2.55)$$

где:  $\varepsilon_{\text{упр}}$  – упругая деформация, мм.

$$\varepsilon_{\text{упр}} = \varepsilon_{\text{пр}}; \quad (2.56)$$

где:  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – деформация пружинения, мм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\sigma_{\text{и}}}{E}; \quad (2.57)$$

где:  $\sigma_{\text{и}}$  – сопротивление изгибу, мм.

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M}{1,5W} = \sigma_{\text{в}} \cdot n; \quad (2.58)$$

Тогда

$$\varepsilon_{\text{упр}} = \frac{\sigma_{\text{в}} \cdot n}{E}. \quad (2.59)$$


$$\varepsilon_{\text{упр}} = \frac{52.015}{1,98 \cdot 10^4} = 0,003 \text{ мм.}$$

Для круглой цепи:

$$\varepsilon_{\text{п}} = 0,172 + 0,003 = 0,175 \text{ мм.}$$

Для овальной цепи:

$$\varepsilon_{\text{п}} = 0,333 + 0,003 = 0,336 \text{ мм.}$$

Затем определяют искомый (уменьшенный) радиус пуансона по формуле:

$$r = 0,5S \left( \frac{1}{\varepsilon_{\text{п}}} - 1 \right) \quad (2.60)$$

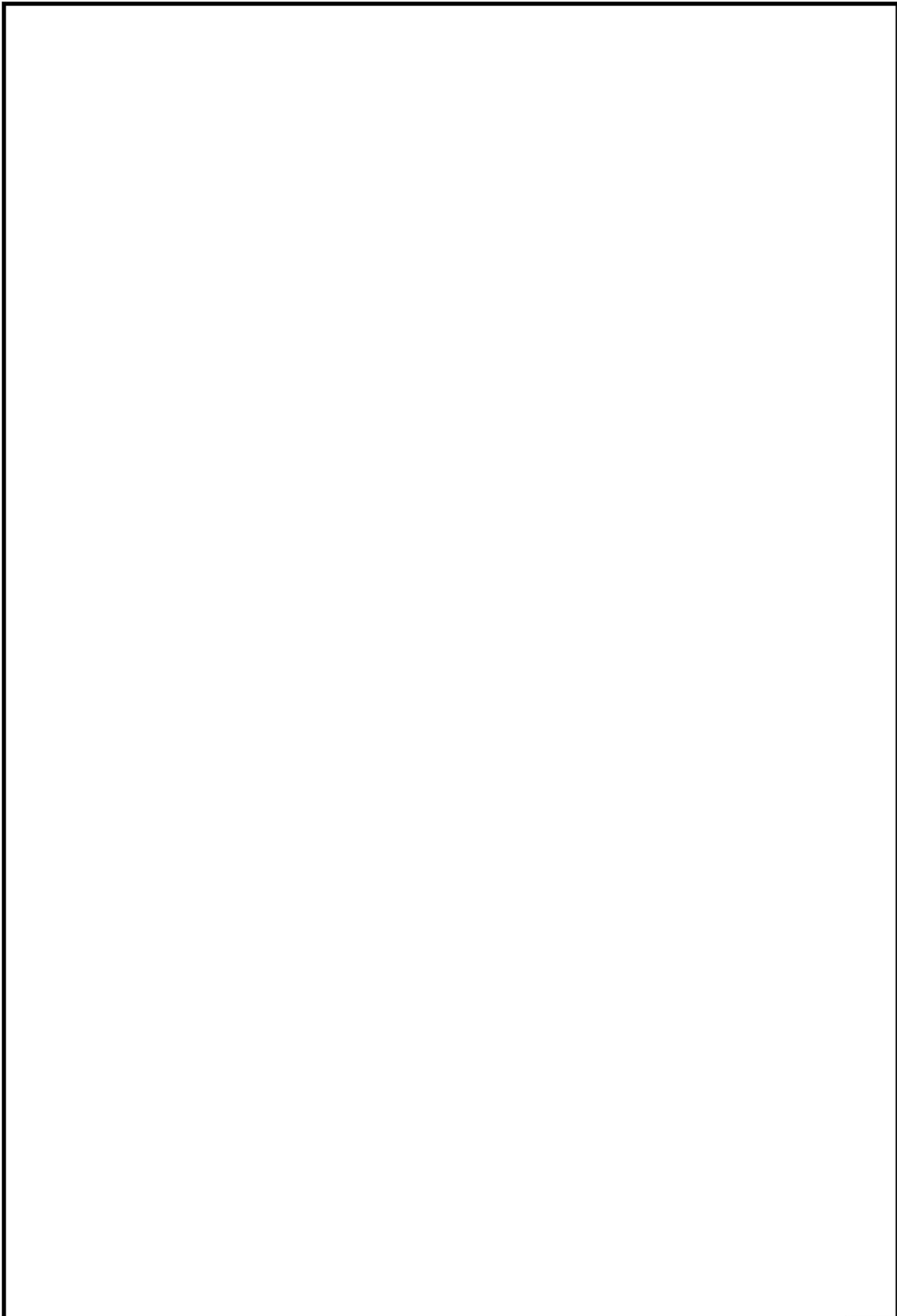
Для круглой цепи:

$$r = 0,5 \cdot 25 \left( \frac{1}{0,175} - 1 \right) = 58,9 \text{ мм.}$$

Для овальной цепи:

$$r = 0,5 \cdot 25 \left( \frac{1}{0,336} - 1 \right) = 24,7 \text{ мм}$$

Оснастка для гибки спроектирована в графической части проекта (лист №6).


ДП-150202.65-071018539 ПЗ

# 3 ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ


## Введение

В программе создания новых или совершенствование уже ранее существующих технологий, технические вопросы тесно связаны с экономическими, при этом технико-эксплуатационные параметры изделий чаще всего вступают в противоречие друг с другом. Улучшение качественных характеристик часто влечет за собой ухудшение экономических показателей в сфере производства изделий.

В данном расчете будет показана экономическая эффективность разрабатываемого варианта над базовым и альтернативным вариантом, которая достигается заменой оборудования и изменением технологии.

По базовой технологии, в настоящее время используемой на предприятии, кольца для сварных цепей изготавливаются с помощью ручной дуговой сварки электродами марки ЦЛ 11. В качестве альтернативного варианта рассматривается возможность изготовления одностыковых колец на цепесварочном автомате КСЦО-1203. Проектируемая технология предусматривает замену ручной дуговой сварки на контактную стыковую сварку колец оплавлением в два стыка (МСО 606). При этом срок службы цепей значительно возрастает (примерно в 1,5), а себестоимость продукции снижается. При этом мы заменяем многопостовой выпрямитель (80000 руб.) и 2 балластных реостата (2\*6000 руб.) на машину контактной стыковой сварки (900000 руб.) и гибочное оборудование (1100000 руб.). В качестве альтернативного варианта рассматривается возможность использования цепевязального автомата (3000000 руб.) и цепесварочного автомата (5500000 руб.)

Программа выпуска 2000 комплектов цепей (в каждой цепи – 27 звеньев, т.е. 27 сварок). Режим работы – односменный, число рабочих дней в неделю  $g_H = 5$ .




### 3.1 Определение норм времени на выполнение сборочно-сварочных процессов по сравниваемым вариантам

По базовой технологии, согласно заводским данным: время затраченное на изготовление одного комплекта цепи – 3.54 ч.; время затраченное на сварку одного комплекта цепи – 1.77 ч.

Расчет нормы времени:

$$t_{шт} = t_0 + t_{вн} + t_{обс} + t_{отд}; \quad (3.1)$$

где  $t_{шт}$  – штучное время, Н.ч;

$t_0$  – основное время сварки, Н.ч;

$t_{вн}$  – вспомогательное неперекраваемое время, затрачиваемое на действия рабочего, необходимые для выполнения основной работы, Н.ч;

$t_{обс}$  – время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом, Н.ч;

$t_{отд}$  – время на отдых и личные нужды рабочего, Н.ч.

Тогда, согласно формуле (3.1) получаем:

По альтернативной технологии:

$$t_{шт} = (35 + 10 + 4,5 + 3,15) * 27 = 52,65 * 27 = 1421,55сек. = 0,39час.$$

По расчетной технологии:

Для сварки:

$$t_{шт} = (30 + 10 + 4 + 2,8) * 27 = 46,8 * 26 = 1263,6сек. = 0,351час.$$

Для гибки:

$$t_{шт} = (15 + 12 + 3 + 2) * 27 = 32 * 27 = 864сек. = 0,24час.$$


### 3.2 Расчет фондов времени работы оборудования, рабочих. Определение необходимого количества рабочих, оборудования и коэффициентов его загрузки

Расчет действительного фонда времени работы оборудования производится по формуле:

$$F_{д}^o = F_{ном}^o \cdot K_{п} \quad (3.2)$$

где  $F_{д}^o$  - действительный фонд времени работы оборудования, ч/год;

$F_{ном}^o$  - номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;

$K_{п}$  - 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:

$$F_{ном}^o = t_{см} \cdot D_{р} - t_{п} \cdot D_{п} \quad (3.3)$$

где  $t_{см}$  - длительность рабочей смены, ч;

$t_{п}$  - продолжительность нерабочего времени в предпраздничные дни, ч;

$D_{р}$  и  $D_{п}$  - число рабочих и предпраздничных дней в году, дней.

$$F_{ном}^o = 8 \cdot 249 - 1 \cdot 8 = 1984 \text{ ч/год}$$

$$F_{д}^o = 1984 \cdot 0,97 = 1924 \text{ ч/год}$$

После определения нормы времени на сварку изделия, фондов времени работы оборудования и рабочих-сварщиков рассчитаем необходимое количество оборудования и рабочих для выполнения заданной программы выпуска изделий.


Расчетное количество сварочного оборудования определим по формуле:

$$C_p = \frac{t_{шт} * N}{F_d * k_B * k_o} \quad (3.4)$$

где N- годовая программа выпуска.

$k_B$  -коэффициент выполнения норм выработки.

$k_{ип}$  -коэффициент, учитывающий простои.

Тогда, согласно формуле (4.5) получаем:

По базовой технологии:

$$C_p == \frac{1,77 * 2000}{1924 * 1,2 * 0,8} = 1,92_{шт.}$$

Принимаем  $C_p = 2$ .

Коэффициент загрузки оборудования:

$$\eta = \frac{C_{Pi}}{C_{ипi}} \quad (3.5)$$

$$\eta = \frac{1,92}{2} = 0.96$$

По альтернативной технологии:

$$C_p == \frac{0,39 * 2000}{1924 * 1,2 * 0,8} = 0,43_{шт.}$$

Принимаем  $C_p = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования:

$$\eta = \frac{0,43}{1} = 0.43$$


По расчетной технологии:

Для сварки:

$$C_p = \frac{0,351 * 2000}{1924 * 1,2 * 0,8} = 0,38 \text{шт.}$$

Принимаем  $C_p = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования:

$$\eta = \frac{0,38}{1} = 0,38$$

Для гибки:

$$C_p = \frac{0,24 * 2000}{1924 * 1,2 * 0,8} = 0,26 \text{шт.}$$

Принимаем  $C_p = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования:

$$\eta = \frac{0,26}{1} = 0,26 .$$

Расчетное количество основных рабочих определим по формуле:

$$P_p^0 = \frac{t_{шт} * N}{F_p * k_B} ; \tag{3.6}$$

$F_p$  – действительный фонд времени работы одного рабочего в год, ч.

$k_B$  -коэффициент выполнения норм выработки.

Действительный фонд времени рабочего рассчитаем по формуле:


$$F_p = F_{\text{ном}} \cdot k_0; \quad (3.7)$$

$k_0$  -коэффициент, учитывающий время по плану на отпуска,  $k_0=0,8$

Тогда, согласно формуле (4.7) получаем:

$$F_p = 1924 \cdot 0.8 = 1587.2 \text{ ч/год}$$

Тогда, согласно формуле (4.6) получаем:

По базовой технологии:

$$P_p^0 = \frac{1,77 * 2000}{1587,2 * 1,2} = 1,86$$

Принимаем  $P_p^0 = 4$ , т.к. количество оборудования = 4.

Коэффициент занятости рабочих:

$$\eta_{\text{зан}} = \frac{P_{Pi}^0}{P_{Pi}^0} \quad (3.8)$$

$$\eta_{\text{зан}} = \frac{3,71}{4} = 0,93$$

По альтернативной технологии:

$$P_p^0 = \frac{0,39 * 2000}{1587,2 * 1,2} = 0,41$$

Принимаем  $P_p^0 = 1$ , т.к. количество оборудования = 1.

Коэффициент занятости рабочих:

$$\eta_{\text{зан}} = \frac{0,41}{1} = 0,41$$


По расчетной технологии:

Для сварки:

$$P_p^0 = \frac{0,351 * 2000}{1587,2 * 1,2} = 0,53$$

Принимаем  $P_p^0 = 1$ .

Коэффициент занятости рабочих:

$$\eta_{зан} = \frac{0,53}{1} = 0,53$$

Для гибки:

$$P_p^0 = \frac{0,24 * 2000}{1587,2 * 1,2} = 0,26$$

Принимаем  $P_p^0 = 1$ .

Коэффициент занятости рабочих:

$$\eta_{зан} = \frac{0,26}{1} = 0,26$$

### 3.3 Выбор экономически эффективного способа сварки.

Капитальные вложения в оборудование:

$$K_{об} = (n_i * S_i * \eta_{загр}) + (n_k * S_k * \eta_{загр}); \quad (3.9)$$

где :  $n_i$  - количество машин  $i$ -го типоразмера, необходимое для выполнения годовой программы выпуска, шт.


$n_k$  - количество машин  $k$ -го типоразмера, необходимое для выполнения годовой программы выпуска, шт.

$S_i$  - балансовая стоимость одной установки.

Тогда, согласно формуле (4.7) получаем:

По базовой технологии:

$$K_{OB} = (80000 + 2 \cdot 6000) * 0,96 = 88320 \text{ р.}$$

По альтернативной технологии:

$$K_{OB} = 1 * 8500000 * 0,43 = 3655000 \text{ р.}$$

По расчетной технологии:

$$K_{OB} = (1 * 900000 * 0,38) + (1 * 1100000 * 0,26) = 342000 + 286000 = 628000 \text{ р.}$$

Технологическая себестоимость сварочных работ на одно изделие включает в себя затраты на сварочные материалы, на технологическую электроэнергию, заработную плату, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$C_T = C_M + C_Э + C_З + C_{OB}; \quad (3.10)$$

где:  $C_M$  - затраты на сварочные материалы.

$C_Э$  - затраты на технологическую электроэнергию.

$C_З$  - затраты на заработную плату.

$C_{OB}$  - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

По расчетной технологии затраты на сварочные материалы в данном случае будут определяться по формуле:


$$M_{св} = M_э + (M_г + M_{воз}) \cdot K_б; \quad (3.11)$$

где  $M_{св}$  – затраты на сварочные материалы, руб.;

$M_э$  – затраты на окисление электродов из бронзы, руб.;

$M_г$  – затраты на охлаждающую воду, руб.;

$M_{воз}$  – затраты на сжатый воздух, руб.

Затраты на электроды:

$$M_э = m_э \cdot Ц_э, \quad (3.12)$$

где  $M_э$  – затраты на электроды, руб.;

$m_э$  – масса необходимых электродов, т;

$Ц_э$  – цена за тонну медных электродов, руб.  $Ц_э = 1200000$  руб.

Масса электродов, затрачиваемых на одно изделие:

$$m_э = m_{год} / (N \cdot K_б); \quad (3.13)$$

где  $m_э$  – масса электродов затрачиваемых на одно изделие, т;

$m_{год}$  – масса электродов расходуемых на одну машину в год, т;

$K_б$  – коэффициент учета брака.

Тогда согласно формуле (4.13) получаем:

$$m_э = \frac{0,05}{2000 \cdot 1,1} = 2,27 \cdot 10^{-5} \text{ т.},$$

Тогда согласно формуле (4.12) получаем:

$$M_э = 2,27 \cdot 10^{-5} \cdot 1200000 = 27,27 \text{ руб.}$$

Расход воздуха определяем по формуле 3.14:




$$P_{\text{воз}} = P_{\text{воз.ч}} \cdot t_{\text{шт}}, \quad (3.14)$$

где  $P_{\text{воз}}$  – расход воздуха на одно изделие,  $\text{м}^3$ ;

$P_{\text{воз.ч}}$  – нормативный расход воздуха для сварочной машины,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время, ч.

$$P_{\text{воз}} = 20 \cdot 0,094 = 1,88 \text{ м}^3.$$

Расход воды:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{вч}} \cdot t_{\text{шт}}, \quad (3.15)$$

где  $P_{\text{в}}$  – расход воды, л;

$P_{\text{вч}}$  – нормативный расход воды, л/ч.

Однако, поскольку вода циркулирует по замкнутому контуру, принимаем

$$P_{\text{в}} \approx 0$$

Стоимость сжатого воздуха:

$$M_{\text{воз}} = P_{\text{воз}} \cdot C_{\text{воз}}, \quad (3.16)$$

где  $M_{\text{воз}}$  – стоимость сжатого воздуха, руб.;

$P_{\text{воз}}$  – расход воздуха,  $\text{м}^3$ ;

$C_{\text{воз}}$  – цена сжатого воздуха руб/ $\text{м}^3$ .

$$M_{\text{воз}} = 1,88 \cdot 0,005 = 0,009 \text{ руб.}$$

Стоимость воды:

$$M_{\text{в}} = P_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}}, \quad (3.17)$$


где  $M_B$  – стоимость воды, руб;  
 $P_B$  – расход воды на одно изделие, л;  
 $C_B$  – цена воды, руб/л.

$$M_B = 0 \cdot 0,05 = 0 \text{ руб.}$$

Тогда согласно формуле (3.9) получаем:

$$M_{CB} = 27,27 + (0 + 0,009) \cdot 1,1 = 27,28 \text{ руб.}$$

Расходы на материалы по альтернативному варианту так же примем 27,28 руб.

По базовой технологии:

Норма расхода электродов:

$$H_{p.э.} = M_{нап.м.} \cdot K_p \cdot n_i \quad (3.18)$$

где:  $M_{нап.м.}$  - масса наплавленного металла, кг.;

$K_p$  - коэффициент расхода (1,7);

$n_i$  – количество звеньев, штук.

$$H_{p.э.} = 0,1 \cdot 1,7 \cdot 27 = 4,59 \text{ кг.}$$

$$M_{CB.} = H_{p.э.} \cdot C_i \quad (3.19)$$

где:  $C_i$  – стоимость 1 кг. электродов, руб.

$$M_{CB.} = 4,59 \cdot 60 = 275,4 \text{ руб.}$$


При использовании новой схемы сварки вследствие отсутствия тока шунтирования потребляемая мощность в 4 раза меньше, чем по старой схеме. Значит, на такую-же величину (принимаям – в 4 раза) уменьшится расход электроэнергии.

Затраты на технологическую электроэнергию при стыковой контактной сварке по новой схеме определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_T = P_{ЭН} \cdot C_э \cdot C, \quad (3.20)$$

Где  $\mathcal{E}_T$  – затраты на технологическую электроэнергию на одно изделие, руб.;

$P_{ЭН}$  – расход на сварку 1-го стыка;  $P_{ЭН} = 0,018$  кВт\*ч;

$C_э$  – цена электроэнергии, руб / кВт\*ч.  $C_э = 3,2$  руб.

$C$  – количество стыков в изделии,  $C = 27$

Затраты по проектируемому варианту:

$$\mathcal{E}_T = (0,018 * 3,2) * 27 * 2 = 3,11 \text{ руб.}$$

Где: 2 – учитывается, что звено 2-х стыковое.

По альтернативному варианту:

$$\mathcal{E}_T = 0,11 * 27 * 3,2 = 9,5 \text{ руб.}$$

По базовому варианту:

$$\mathcal{E}_T = 0,5 * 27 * 3,2 = 43,2 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату, включают в себя основную, дополнительную заработную плату и отчисления на социальные нужды.


$$C_3 = 3_o + 3_d + O_c ; \quad (3.21)$$

Основную заработную плату производственных рабочих определяют следующим образом:

$$3_o = \Sigma t_{шт} * r_{mi} * k_d ; \quad (3.22)$$

$r_{mi}$  - часовая тарифная ставка рабочего.  $r_{mi} = 100$  руб/ч – для сварщика,  $r_{mi} = 60$  руб/ч – для оператора гибочного пресса.

$k_d$  - коэффициент, учитывающий величину доплат.  $k_d = 1,8$

Дополнительную заработную плату производственных рабочих рассчитывают в процентах от основной заработной платы:

$$3_d = 3_o \frac{\partial}{100} ; \quad (3.23)$$

$\partial$  - процент дополнительной заработной платы,  $\partial = 15 \%$ .

Отчисления на социальное страхование определяют в процентах от суммы основной и дополнительной заработной платы:

$$O_c = (3_o + 3_d) \frac{C}{100} ; \quad (3.24)$$

$C$  - процент отчисление на социальные нужды.

По базовой технологии:

Согласно формуле (3.22) получим:

$$3_o = \Sigma t_{шт} * r_{mi} * k_d = 1,77 * 100 * 1,8 = 318,6 \text{ руб/изд.}$$

Согласно формуле (4.23) получим:


$$Z_d = Z_o \frac{\partial}{100} = 318,6 \frac{15}{100} = 47,79 \text{ руб/изд.}$$

Согласно формуле (3.24) получим:

$$O_c = (Z_o + Z_d) \frac{C}{100} = (318,6 + 47,79) \frac{31,2}{100} = 114,31 \text{ руб/изд.}$$

Согласно формуле (3.21) получим:

$$C_3 = 318,6 + 47,79 + 114,31 = 480,7 \text{ руб / изд.}$$

По альтернативной технологии:

$$Z_o = \sum t_{шт} * r_{mi} * k_o = 0,39 * 100 * 1,8 = 70,2 \text{ руб/изд.}$$

$$Z_d = Z_o \frac{\partial}{100} = 70,2 \frac{15}{100} = 10,53$$

$$O_c = (Z_o + Z_d) \frac{C}{100} = (70,2 + 10,53) \frac{31,2}{100} = 25,19$$

$$C_3 = 70,2 + 10,53 + 25,19 = 105,92 \text{ руб / изд.}$$

По расчетной технологии:

Для сварки

$$Z_o = \sum t_{шт} * r_{mi} * k_o = 0,351 * 100 * 1,8 = 63,18 \text{ руб/изд.}$$


$$Z_d = Z_o \frac{\partial}{100} = 63,18 \frac{15}{100} = 9,48$$

$$O_c = (Z_o + Z_d) \frac{C}{100} = (63,18 + 9,48) \frac{31,2}{100} = 22,67$$

$$C_3 = 63,18 + 9,48 + 22,67 = 95,33 \text{ руб / изд.}$$

Для гибки

$$Z_o = \Sigma t_{шт} * r_{mi} * k_o = 0,24 * 60 * 1,8 = 25,92 \text{ руб / изд.}$$

$$Z_d = Z_o \frac{\partial}{100} = 25,92 \frac{15}{100} = 3,89$$

$$O_c = (Z_o + Z_d) \frac{C}{100} = (25,92 + 3,89) \frac{31,2}{100} = 9,3$$

$$C_3 = 25,92 + 3,89 + 9,3 = 39,11 \text{ руб / изд.}$$

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

$$C_{об} = A_o + Z_{тр}; \quad (3.25)$$

Затраты на амортизацию сварочного оборудования по изделию определяют исходя из его балансовой стоимости и норм амортизационных отчислений:

$$A_o = \frac{S_i * n_i * H_a * \eta_{загр}}{N * 100}; \quad (3.26)$$


Где:  $H_a$  - норма амортизационных отчислений.

Затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудование определяют по формуле:

$$З_{ТР} = \frac{P_o * S_i * n_i * \eta_{ЗМР}}{N * 100}; \quad (3.27)$$

По базовой технологии:

Согласно формуле (3.26) получим:

$$A_o = \frac{S_i * n_i * H_a * \eta_{ЗМР}}{N * 100} = \frac{92000 * 19,4 * 0,96}{2000 * 100} = 10,16 \text{ руб.}$$

Согласно формуле (3.27) получим:

$$З_{ТР} = \frac{P_o * S_i * n_i * \eta_{ЗМР}}{N * 100} = \frac{11 * 92000 * 0,96}{2000 * 100} = 0,49 \text{ руб.}$$

Согласно формуле (3.25) получим:

$$C_{об} = A_o + З_{ТР} = 10,16 + 0,49 = 10,65$$

Согласно формуле (3.10) получим:

$$C_{Т1} = C_M + C_2 + C_3 + C_{об} = 275,4 + 43,2 + 480,7 + 10,65 = 809,95 \text{ руб}$$

По альтернативной технологии:

$$A_o = \frac{8500000 * 12,4 * 0,43}{2000 * 100} = 430,33 \text{ руб.}$$


$$З_{TP} = \frac{11 * 8500000 * 0,43}{2000 * 100} = 201,03 \text{ руб.}$$

$$C_{OB} = 430,33 + 201,03 = 631,36$$

$$C_{T1} = 27,28 + 9,5 + 105,2 + 631,36 = 773,34 \text{ руб}$$

По расчетной технологии:

Для сварки

$$A_O = \frac{S_i * n_i * H_a * \eta_{ЗАГР}}{N * 100} = \frac{900000 * 1 * 12,4 * 0,38}{2000 * 100} = 39,33 \text{ руб.}$$

$$З_{TP} = \frac{P_O * S_i * n_i * \eta_{ЗАГР}}{N * 100} = \frac{11 * 900000 * 1 * 0,38}{2000 * 100} = 18,81$$

$$C_{OB} = A_O + З_{TP} = 39,33 + 18,81 = 58,14$$

Для гибки

$$A_O = \frac{S_i * n_i * H_a * \eta_{ЗАГР}}{N * 100} = \frac{1100000 * 1 * 15 * 0,26}{2000 * 100} = 21,45 \text{ руб.}$$

$$З_{TP} = \frac{P_O * S_i * n_i * \eta_{ЗАГР}}{N * 100} = \frac{11 * 1100000 * 1 * 0,26}{2000 * 100} = 15,73$$

$$C_{OB} = A_O + З_{TP} = 21,45 + 15,73 = 37,18$$

$$C_{T2} = C_M + C_Э + C_З + C_{OB} = 27,28 + 3,11 + 95,33 + 39,11 + 58,14 + 37,18 = 260,15 \text{ руб}$$

### 3.4 Расчет экономической эффективности




Годовой экономический эффект рассчитаем по формуле:

$$\mathcal{E}_r = [(C_1 + E_H * K_{y0,1}) - (C_2 + E_H * K_{y0,2})] \cdot N; \quad (3.28)$$

где:  $E_H$  – нормативные коэффициент экономической эффективности,  $E_H = 0,4$ ;

При переходе на альтернативный вариант:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r &= [(809,95 + 0,4 * 88320 / 2000) - (773,34 + 0,4 * 3655000 / 2000)] \cdot 2000 = \\ &= [827,61 - 1504,34] \cdot 2000 = -676,73 \cdot 2000 = -1353452 \text{ руб.} \end{aligned}$$

При переходе на проектируемый вариант:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r &= [(809,95 + 0,4 * 88320 / 2000) - (260,15 + 0,4 * 628000 / 2000)] \cdot 2000 = \\ &= [827,61 - 385,75] \cdot 2000 = 441,86 \cdot 2000 = 883720 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Представим результаты расчетов в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Техничко–экономические показатели

Наименование	Единица измерения	Значение показателей		
		базовый	альтернативный	новый
1. Программа выпуска	шт.	2000	2000	2000
2. Трудоемкость сварки и изделия	н.ч.	1,77	0,39	0,591
3. Количество оборудования	шт.	2	1	1
4. Капитальные вложения	руб	92000	8500000	2000000
5. Текущие затраты В том числе:	руб./шт	809,95	773,34	260,15
– на материалы	руб./шт	275,4	27,28	27,28
– на заработную плату	руб./шт	480,7	105,2	95,33+39,11
– на электроэнергию	руб./шт	43,2	9,5	3,11
– на эксплуатацию и обслуживание оборудования	руб./шт	10,65	631,36	58,14+37,18
6. Условно – годовой экономический эффект	руб./год	----	-1353452	883720

### **3.5 Выводы**

Экономический эффект достигается за счет перехода на более производительный способ сварки. Это позволяет снизить затраты на материалы, электроэнергию и уменьшить количество задействованного персонала.

## **4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА**


## Введение

Данный дипломный проект посвящен разработке технологии изготовления сварных цепей для вращающихся цементных печей. Основная операция на участке изготовления – контактная стыковая сварка звеньев цепи оплавлением, причем звено цепи является двухстыковым, т.е. сварка осуществляется в двух местах одновременно.

По сравнению с другими видами сварки, в частности – ручной дуговой сваркой, используемой при производстве цепей по базовой технологии, контактная стыковая сварка является относительно безопасным процессом. Так, здесь отсутствует опасность поражения ультрафиолетовым и ионизирующим излучением, значительно меньше загрязнение воздуха рабочей зоны и др.

В процессе изготовления цепей возможно возникновение следующих опасных и вредных факторов: электромагнитное излучение, опасность поражения электрическим током, получения ожогов, возникновение пожара, отравления парами растворителя.

Целью данного раздела является обеспечение условий труда, обеспечивающих безопасность лиц, участвующих в процессе производства сварных цепей. Раздел включает в себя разработку и проведение мероприятий, позволяющих исключить вероятность появления производственного травматизма, профессиональных заболеваний, пожаров, взрывов, аварий и загрязнений окружающей среды производственными выбросами.

### 4.1 Объемно-планировочные решения

Минимальные расстояния между оборудованием, элементами зданий и складочными местами (см. таблицу 4.1)


Таблица 4.1 – Допускаемые пределы минимальных расстояний между оборудованием, складочными местами и элементами здания [14, табл. 25].

Определяемое расстояние	Допускаемые пределы значения, м
От колонны или стен здания до боковой стороны оборудования	От 1 до 3,0
От колонн или стен здания до тыльной стороны оборудования	От 1 до 2,5
Между фронтом и тыльной стороной оборудования	От 1 до 2,0
Между боковыми сторонами оборудования	От 1 до 1,4
Между боковой стороной оборудования и складных мест	От 1 до 1,2

При планировке участка цеха (см. лист 8 графической части проекта), произведенной ранее, было установлено:

Ширина пролета  $b$  – 18 м.

Длина цеха  $l$  – 36 м.

Высота до низа перекрытия  $H$  – 12.6 м.

Определим площадь цеха:

$$S_{ц} = l * b \quad (4.1)$$

где  $l$  и  $b$  – соответственно длина и ширина помещения, м.

$$S_{ц} = 36 * 18 = 648 \text{ м}^2$$

## 4.2 Производственная санитария

### 4.2.1 Микроклимат производственных помещений

Для определения норм микроклимата необходимо учесть, что физические работы относятся к категории Пб с энергозатратами от 230 до 290 Дж/с.


Исходя из этого, согласно данным СанПиН 2.2.4.548-96, определяем оптимальные (см. табл. 5.2) и допустимые (см. табл. 5.3) нормы параметров микроклимата.

Таблица 4.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ	Температура; °С.		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с.
		Воздуха	Поверхностей		
Холодный	Пб	17-19	16-20	60-40	0,2
Тёплый	Пб	19-21	18-22	60-40	0,2

Таблица 4.3 Допустимые величины показателей микроклимата (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ	Температура; °С.			Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с.	
		Воздуха		Поверхностей		Для диапазона Т воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона Т воздуха выше оптимальных величин, не более
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин				
Холодный	Пб	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
Тёплый	Шб	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5

Микроклимат создаётся с помощью вентиляции и отопления помещения.


#### 4.2.2 Освещение

- 1) Объект различения – сварной стык диаметром 25 мм.
  - 2) Разряд IV, контраст и характеристика фона независима.
  - 3) Норма освещенности – при искусственном освещении  $E_n = 300$  (Лк) .
- Определим необходимый световой поток лампы в светильнике:

$$F_{\Pi} = \frac{E_n \times S_{ном} \times K_3 \times Z}{\eta \times N} \quad (4.2)$$

где  $F_{\Pi}$  – необходимый световой поток лампы в каждом светильнике;

$E_n$  – нормированное значение освещенности;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий потерю,  $K_3=1,4$ ;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности,  $Z=1,1$ ;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

$N$  - число ламп в помещении.

Для определения коэффициента использования светового потока  $\eta$  - нужно найти индекс помещения  $i$ , а так же коэффициенты отражения света от стен  $\rho_c$  и потолка  $\rho_n$ .

Для прямоугольных помещений:

$$i = \frac{l \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (4.3)$$

где  $l$  и  $b$  – соответственно длина и ширина помещения, м.

$h$  – расчетная высота подвеса светильников, м.

$$i = \frac{36 \cdot 18}{4,7 \cdot (36 + 18)} = 2,5$$


Согласно справочным данным (табл. П.4 прил. 1 [17]) находим  $\eta = 0,58$ .

Далее рассчитаем количество ламп  $N$  для установки в помещении:

$$N = \frac{S_{\text{пом}}}{L^2} \quad (4.4)$$

где  $S_{\text{пом}}$  – площадь помещения, равна 648 ( $\text{м}^2$ )

$L$  – расстояние между светильниками.

Определим расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h_c \quad (4.5)$$

где  $h_c$  – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью;

$\lambda$  – соотношение расстояния между светильниками к расчетной высоте подвеса,  $\lambda = 1,4$ .

Определим высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью

$$h_c = H - h_n - h_p \quad (4.6)$$

где  $H$  – высота помещения,  $H = 12,6$  м.

$h_n$  – высота от потолка до светильников, принимаем  $h_n = 1,2$  м

$h_p$  – высота рабочей поверхности от пола, принимаем  $h_p = 1$  м

$$h_c = 12,6 - 1,2 - 1 = 10,4 \text{ (м)}$$

$$L = 1,4 \cdot 10,4 = 14,56 \text{ м.}$$

$$N_{\text{min}} = \frac{648}{14,56^2} = 3,1 \approx 4 \text{ (шт.)}$$


Тогда:

$$F_{\Pi} = \frac{300 \times 648 \times 1,4 \times 1,1}{0,58 \times 4} = 129045 \text{ лм.}$$

Для освещения помещения выбираем лампы типа ЛТБ – 80, со световым потоком 5200 лм.

Определим необходимое количество ламп в светильнике:

Уточним количество ламп, необходимое для размещения в помещении:

$$N_{\text{ут}} = \frac{N \cdot \Phi}{\Phi_{\text{выбр.}}} \quad (4.7)$$

где  $N_{\text{ут}}$  – уточненное количество ламп;

$\Phi$  – рассчитанный световой поток лампы, лм.;

$\Phi_{\text{выбр.}}$  – световой поток выбранной лампы, лм.

$$N_{\text{ут}} = \frac{4 \cdot 129045}{5200} = 100 \text{ шт.}$$

### 4.3 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей

#### 4.3.1 Опасность поражения электрическим током

По степени опасности поражения электрическим током помещение относится ко второму классу: помещение с повышенной опасностью, т.к. присутствует возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям, имеющим соединение с землей и металлическим корпусам электрооборудования. Напряжение сети 380/220 В. Сеть трехфазная, 4-х проводная с нулевым проводом в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 для защиты людей от поражения электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением.




Для предотвращения поражения электрическим током необходимо обеспечить:

1) Недоступность токоведущих частей под напряжением от случайного прикосновения.

2) Устранить опасности поражения электрическим током при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования.

3) Устранить возможность ошибочного включения.

4) Отключить машину от сети при открывании шкафов электрораспределителя контактной машины.

5) Оснащение электрооборудования сигнальными лампами о включении оборудования.

6) Осмотр, ремонт, чистку и наладку технических частей машины производить только при отключении машины от сети и перекрытия воды и воздуха.

Чтобы исключить возможность случайного прикосновения, выполняется изоляция проводов и токоведущих частей, а так же расположение их на недоступном месте.

Для устранения опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на корпусах или конструктивных частях трансформатора применяем защитное зануление – преднамеренное электрическое соединение металлических частей, которые могут оказаться под напряжением, с нулевым проводом. Нулевой провод в свою очередь соединён с землёй. Кроме этого, обязательно должно быть заземлено свариваемое изделие.

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

- Ограждение рабочего места от подвижных частей и механизмов, заземление корпуса.

- Для выведения рук рабочего из опасной зоны, возможность включения контактной машины обеспечивается на безопасном расстоянии.


- Так же в систему включается предохранительное оборудование (клапаны), во избежание прорыва пневмошлангов и выхода из строя пневмоцилиндра.

Необходимо рассчитать защитное заземление. Применено зануление. Область применения зануления – трехфазные четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью. Обычно эти сети, 380/220В, широко применяются в машиностроительных и других отраслях. Назначение нулевого защитного проводника - создание для тока короткого замыкания цепи с малым сопротивлением, чтобы этот ток был достаточным для быстрого срабатывания защиты, т.е. быстрого отключения поврежденной установки от сети.

Защитное заземление, согласно ПУЭ, в этом случае, не должно превышать групповое сопротивление заземлителя  $R_{гп} = 40\text{м}$ .

Определим значение защитного сопротивления:

$$R_{гп} = \frac{125}{I_3}; \quad (4.8)$$

где  $I_3$  - ток замыкания на землю, А.

Определим ток замыкания:

$$I_3 = \frac{U_{л} * (35 * l_{к} + l_{в})}{350}; \quad (4.9)$$

где  $U_{л}$  - линейное напряжение, В.

$l_{к}$  - длина кабельной линии, км.

$l_{в}$  - длина воздушной линии, км.

Суммарная длина кабелей равна:

$$l_{к} = 1,6 \text{ км.}; \quad l_{в} = 0 \text{ км.}$$


Тогда:

$$I_3 = 480 \text{ A.}$$

В итоге групповое сопротивление, согласно формуле (5.8) равно:

$$R_{ГР} = 0,26 \text{ Ом.}$$

Отталкиваясь от выбранного нами наименьшего защитного сопротивления, мы можем определить сопротивление железобетонной плиты согласно формуле:

$$R_{\text{О.пл.}} = 0,9 * \rho / D * n; \quad (4.10)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление грунта с учетом коэффициента сезонности, Ом\*м.

$D$  - диаметр плиты, м.

$n$  - количество плит, шт.

Удельное сопротивление вычислим следующим образом:

$$\rho = \rho_2 * \psi; \quad (4.11)$$

где  $\rho_2$  - удельное сопротивление грунта,  $\rho_2 = 700$  Ом\*м.

$\psi$  - коэффициент сезонности,  $\psi = 4$ .

Тогда по формуле (5.11) определим:

$$\rho = 2800 \text{ Ом*м.}$$

Диаметр плиты определим согласно формуле:

$$D = 2 * (\rho * \psi) / I_3; \quad (4.12)$$


где  $a$  и  $b$  - стороны плиты, м.

Тогда, при выбранном стандарте:

$$a = 7\text{ м}, b = 14\text{ м}.$$

Получим, что  $D = 131,88\text{ м}$ .

Тогда по формуле (5.10) получим:

$$R_{O.пл.} = 3,84\text{ Ом}.$$

Полученное значение  $R_{O.пл.} = 3,84\text{ Ом}$  на превышает нормированного,  $R_{гр.} = 4\text{ Ом}$ , а это значит, что естественного заземлителя в виде железобетонной плиты будет достаточно. В установке искусственных заземлителей необходимости нет.

#### 4.3.2 Опасность термического ожога

К опасным вредностям можно отнести:

1) Выплеск брызг расплавленного металла из-за нарушения стабильности режимов сварки.

2) Прикосновение к горячим частям изделия и электродов.

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

#### 4.3.3 Опасность отравления парами растворителя


Опасность отравления вредными парами существует при операции обработки прутков химическим способом, методом окунания в NaOH. Для предотвращения выхода паров растворителя из ванны в помещение, конструкцией качающейся ванны с гидроприводом, предусмотрены бортовые отсосы.

Выделение вредных веществ во время контактной сварки минимальное и для их удаления вполне достаточно естественной общеобменной вентиляции.

Приток воздуха осуществляется через форточку. Для поддержания комнатной температуры в холодное время года применяется водяное отопление.

#### **4.4 Взрыво – пожаробезопасность**

Источники зажигания:

- 1) Брызги расплавленного металла при появлении выплесков.
- 2) При замыкании электропроводки возможно возгорание.

Горючие вещества в производстве не используются. Помещение следует отнести к категории Г по пожарной сложности. В качестве средств пожаротушения могут использоваться огнетушители типа ОУ2А, ОУ5 и им подобные или порошковые огнетушители с составом ПСБ – 3. Так же имеются ящики с песком.

В целях профилактики появления возгорания следует исключить попадание брызг расплавленного металла на горючи материалы. Все электрические цепи питаются через предохранительные щиты, которые автоматически отключаются при перегрузки электроцепи. Пол перед машиной должен быть сухим, покрыт деревянной решеткой или резиновым ковриком, вокруг машины на расстоянии 5-6 м не должно быть горючих веществ.

#### **4.5 Организационные меры безопасности**


К работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинскую комиссию. При устройстве на работу проводится инструктаж по технике безопасности. Инструктаж проводит инженер по технике безопасности, обязанностью и ответственностью за исполнение требований по охране труда, с источником вредности и опасности.

Инструктаж на рабочем месте проводит руководитель работ с целью ознакомления с организацией труда, особенностями его охраны на рабочем месте, требованиями безопасности при проведении работ.

К самостоятельной работе допускаются лица после проверки руководителем работ, условий требований безопасности. Повторный инструктаж проводится не реже одного раза в пол года. Работу необходимо выполнять на исправном оборудовании, не отвлекаясь. Не приступать к работе без руководителя.

В случае возникновения опасности для людей нужно сразу же поставить в известность руководителя и принять все меры для устранения опасности.

#### **4.6 Экологичность проекта**

##### **4.6.1. Характеристика выбросов загрязняющих веществ**

Для изготовления сварных цепей для вращающихся цементных печей применяется контактная стыковая сварка оплавлением.

При всех видах сварки оплавлением в процессе сварки в рабочую зону производственных помещений и зону дыхания сварщиков выделяется сварочный аэрозоль, содержащий твердые составляющие - ТССА сварочной аэрозоли (дыма). Содержание ТССА зависит от химического состава материалов, от способа и режимов сварки.

Опасность аэрозоля зависит от его химического состава. Для каждого соединения в дыме, образующемся при сварке цепей, установлена максимально допустимая концентрация - ПДК. ПДК - предельно допустимые концентрации,


которые при ежедневной работе в течение 8 часов на протяжении всего рабочего стажа не могут вызвать изменения в здоровье сварщиков.

ПДК вредных веществ, а также класс их опасности в воздухе рабочей зоны регламентированы ГОСТ 12.1.005 - 88, а также перечнем ПДК № 4617 - 88, утвержденным Министерством Здравоохранения РФ.

#### 4.6.2 Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу

Методика расчета выброса вредных веществ в атмосферу от источников сварочного производства предусматривает определение количества вредных веществ в зависимости от используемых при сварке присадочных материалов, а так как при стыковой сварке оплавлением присадочных материалов нет, то расчёты будем производить исходя из имеющихся данных.

Основным способом сварки на участке сварки цепей является контактная стыковая сварка оплавлением. В процессе сварки в производственную зону выделяется сварочный аэрозоль с содержанием оксида Fe – 25г/ч на одну машину, что находится в допустимых пределах [согласно: «Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах», СПб, 2000].

Тогда значение ПДК составляет 25 г/ ч, количество сварочных установок равно 1, продолжительность работы установки в течение часа – 38 %.

Выделение вредных веществ за 1 час –  $G_{\text{час}}$  составит:

$$G_{\text{час}} = 25 * 1 * 0,38 = 9,5 \text{ г/ч}$$

Выделение вредных веществ за 1 смену –  $G_{\text{см}}$  составит:

$$G_{\text{см}} = 9,5 * 8 = 76 \text{ г/см}$$


На участке сварки цепей вода используется для охлаждения сварочной машины по закольцованному типу - считаем её условно чистой, меняется она раз в 1,5 года, слив воды осуществляется в канализацию.

Излишки тепла, попадающие в окружающую среду посредством конвективного и радиационного теплообмена, выводятся за счет вентиляции. Дополнительных мер не требуется.

Грат после сварки удаляется при помощи барабана очистного галтовочного 41114-1. Металлическая стружка при резке удаляется автоматически в процессе работы станка S-250НА. После этого отходы металла отправляются на переработку.

#### **4.7 Выводы**

В данном разделе дипломного проекта были изложены требования, необходимые для создания условий, обеспечивающих комфортную работу. На основании изученной литературы по данной проблеме проведен расчет оптимального освещения производственного помещения, рассмотрены параметры микроклимата, пожарной безопасности, электробезопасности и возможные опасности отравления и получения производственных травм. Соблюдение условий, рассмотренных в работе определяет оптимальную организацию рабочего места, позволяет сохранить хорошую работоспособность в течение всего рабочего дня, повышает как в количественном, так и в качественном отношении производительность труда рабочих.




## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработав технологию и оборудования производства двухстыковых сварных цепей для цепных завес вращающихся цементных печей, пришли к выводу, что разницу составляет только трудоёмкость при заготовительной операции правка – рубка, в остальном технологические процессы однотипны, одинаковые припуски и режимы сварки. Себестоимость овальных цепей получается в результате меньшего расхода материала, чем на круглые, дешевле на 16,2 %. Но если учесть, что износ овальных цепей происходит в жёсткозафиксированных пределах, а у круглых, практически по всей длине окружности, можно сделать вывод, что срок службы их по отношению к овальным цепям будет в 2, 3 раза больше.

Это позволяет сделать вывод:

Несмотря на себестоимость партий круглых и овальных цепей, круглые цепи наиболее долговечны и тем самым на их эксплуатацию и дальнейшую замену необходимо будет гораздо меньше финансовых затрат, чем используя цепи с овальными звеньями.

Кроме того, при заданной программе выпуска экономичнее применить не специализированное дорогое оборудование, а универсальные дешёвые установки. Экономический эффект равен 883720 руб/год.


## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стандарт организации. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности СТО 4.2–07–2010.
2. «Контактная сварка» авт. К. А. Кочергин., Ленинград., «Машиностроение», 1987г., - с. 240
3. «Технология и оборудование контактной стыковой сварки», под ред. Б. Д. Орлова, М., «Машиностроение», 1986г., - с. 352.
4. 2. Металлические конструкции / под ред. Е. И. Беленя. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1976. – 600с.
5. «Справочник конструктора машиностроителя», в 3-х Т., т. 1, М., «Машиностроение» 1992г., с. 816.
6. «Производство сварных конструкций», Методическое указание к курсовому проекту, сост. А. И. Мельников, Ю. Г. Новосельцев, Ю. Г. Уткин, КрПИ, Красноярск, 1991г., с. 27.
7. «Технология стыковой контактной сварки», авт. Н. С. Кабанов, Э. Ш. Слепак, «Машиностроение» 1970г., с. 264.
8. «Сварка в машиностроении», в 3-х т., т. 2, под ред. А. И. Акулова, М., «Машиностроение» 1978г., с. 462.
9. «Очистка металлических поверхностей пожаробезопасными составами», авт. Б. И. Иванов, М., «Машиностроение», 1979г.
10. «Оборудование сварочного производства», книга 1, М., «Машиностроение» 1995г.
11. «Технологичность строительных сварных стальных конструкций», авт. М. М. Сахновский, Киев «Будивельник», 1970г., с. 232.
12. «Расчёт режимов стыковой контактной сварки», авт. Г. Б. Долгун, Томск: изд. ТПУ, 1993г., с. 88.
13. «Справочник по кранам», в 2-х т., т. 2, авт. М.П. Александров и др., М., «Машиностроение», 1988г.


14. «Основы проектирования сварочных цехов», авт. А. И. Красовский, М., «Машиностроение», 1980г., с. 319.
15. «Расчёт и конструирование машин контактной сварки», авт. Л. В. Глебов, Ленинград: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981г., с. 424.
16. «Справочник по холодной штамповке» авт. В.П. Романовский, Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979г., с. 520.
17. «Безопасность и экологичность проекта» метод. указ. / Т. В. Игнатенко ; Сиб. федерал. ун-т. - Красноярск : ИПК СФУ, 2009. - 38 с.
18. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов/ Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К.Козьяков, О.Ф. Партолин и др.; Под ред. С.В. Белова. М.: Машиностроение, 1983, 432 с.
19. Безопасность жизнедеятельности в техносфере: Учеб. пособие / Под ред. О.Н. Русака, В.Я Кондрасенко. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. 431 с.
20. Безопасность жизнедеятельности: методические указания для студентов направления подготовки специалистов 150000- "Металлургия, машиностроение и металлообработка" заочной формы обучения / В. Я. Кондрасенко, Л. Н. Горбунова , О. В. Чурбакова ; Красноярский государственный технический университет. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2006. - 32 с.
21. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
22. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
23. СНиП II-12-77 "Защита от шума".
24. СНиП 2.04.05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование.
25. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ.Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
26. СНиП 21-01-97\*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
27. ГОСТ 12.1.004-76. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.


# ПРИЛОЖЕНИЕ
