

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства

(направленность (профиль), специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему \_Технология и оборудование для сварки алюминиевых переходников  
к шинам трансформаторов

Студент	<u>А.В. Платонов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>О.В. Шашкин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>И.В. Дерябин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

### Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н, профессор В.В. Ельцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2017

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт Машиностроения  
(наименование института полностью)  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой СОМДиРП  
В.В. Ельцов  
(подпись) (И.О. Фамилия)  
«   »     20    г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Платонов Алексей Валерьевич

1. Тема Технология и оборудование для сварки алюминиевых переходников к шинам трансформаторов
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе чертежи изделия, базовая технология сварки, материалы собранные на преддипломной практике, патентная и научно-техническая литература, нормативные документы, интернет-ресурсы
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение. Обоснование актуальности работы, формулировка цели.

1) Анализ конструктивных особенностей изделия, свойств материала, условий работы, базового процесса сварки. Анализ альтернативных способов сварки, формулировка задач проекта

2) Проведение исследований и разработка технологических рекомендаций, разработка проектного технологического процесса, проектирование оснастки и выбор необходимого оборудования)

3) Мероприятия по защите работников производственного участка и окружающей среды от опасных и вредных факторов

4) Экономическая эффективность предлагаемых в проекте технических решений)

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Общий вид шинпровода – 1 лист

Базовый техпроцесс – 1 лист

Аналитический лист – 1 лист

Проектный технологический процесс – 1 лист

Оборудование – 1 лист

Планировка участка сварки – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Экономическая эффективность проекта

Безопасность и экологичность проекта

Нормоконтроль

7. Дата выдачи задания «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заказчик

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. фамилия)

Руководитель дипломного проекта

\_\_\_\_\_  
(подпись)

О.В. Шашкин

(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.В. Платонов

(И.О. фамилия)

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт Машиностроения  
(наименование института полностью)  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой СОМДиРП  
В.В. Ельцов  
(подпись) (И.О. Фамилия)  
«    » 20 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН  
выполнения бакалаврской работы**

Студента Платонова Алексея Валерьевича  
по теме Технология и оборудование для сварки алюминиевых переходников к  
шинам трансформатора

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	1.02.17 – 10.02.17	10.02.17	выполнено	
Анализ исходных данных и известных технических решений	10.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнено	
Разработка технологии сборки и сварки	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнено	
Выбор оборудования	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнено	
Безопасность и экологичность проекта	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнено	
Экономическая эффективность проекта	01.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнено	

Руководитель бакалаврской работы \_\_\_\_\_ О.В. Шашкин  
(подпись) (И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ А.В. Платонов  
(подпись) (И.О. фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Цель бакалаврской работы – повышение качества и производительность при сварке алюминиевых деталей обмоток трансформатора. Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи: выбрать технологию высококонцентрированного нагрева; выбрать необходимое сварочное оборудование; разработать технологический процесс; предложить технические и организационные мероприятия обеспечивающие охрану здоровья и жизни рабочих; выполнить расчет экономической эффективности предложенных мероприятий.

Графическая часть содержит 6 листов формата А1. Пояснительная записка содержит 58 стр. формата А4, 7 рисунков, 8 таблиц.

Проведен анализ базовой технология сварки алюминиевых деталей обмоток, изучены требования к изделию, выявлены недостатки базовой технологии сборки и сварки, для их устранения предложено применить сварку высококонцентрированным источником нагрева, плазмой. Подобрана сварочная проволока, режимы плазменной сварки и разработана типовая технология сборки и сварки. Выбрано оборудование. Для обеспечения защиты рабочих, участвующих в сварке от опасных вредных производственных факторов разработаны технические и организационные мероприятия. Показано, что экономический эффект от внедрения результатов бакалаврской работы в производство составит 76283,1 руб.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	9
1.1 Описание предприятия .....	9
1.2. Описание обмотки, условий ее эксплуатации.....	10
1.3. Базовая технологи сварки шинопроводов .....	15
1.4 Анализ возможных вариантов устранения недостатков базовой технологии .....	18
1.5 Задачи работы.....	29
2. Проектный технологический процесс.....	31
2.1 Обоснование режимов плазменной сварки. ....	31
3 Выбор оборудования.....	37
4 Безопасность и экологичность технического объекта. ....	38
4.1 Характеристика участка сварки.....	38
4.2 Профессиональные риски. ....	40
4.3. Средства снижения профессиональных рисков.....	41
4.4 Пожарная и техногенная безопасность участка сварки. ....	41
4.5. Экологическая безопасность участка сварки .....	43
Заключение по разделу .....	43
5 Экономическая эффективность проекта.....	45
5.1. Исходные данные для экономического обоснования .....	45
сравниваемых вариантов .....	45
5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки .....	46
5.3 Капитальные вложения в оборудование.....	47
5.4 Технологическая, цеховая и заводская себестоимость сравниваемых вариантов.....	49
5.5 Расчет показателей экономической эффективности .....	54
Выводы по разделу.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	56

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	57
--	----

## ВВЕДЕНИЕ

Сплавы алюминия широко применяют в современной промышленности, в электротехнической, в частности. Большинство промышленных сплавов алюминия обладает сочетанием высокой прочности, малой плотности, высокой теплопроводности, которая в 3-3,5 раза выше, чем у сталей и высокой коррозионной стойкостью.

Для соединения алюминиевых деталей широко применяют технологии сварки. Следует отметить, что в производство из научных лабораторий постоянно внедряют новые технологические приемы сварки алюминиевых деталей. Поэтому применение новых технологий сварки алюминия в практике является актуальным.

Например, в электротехнической промышленности низкое удельное сопротивление алюминия обусловило его широкое использование при производстве трансформаторов. Соединение алюминиевых проводников (например переходников) реализуют технологией дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона. Данная технология характеризуется большим количеством дефектов и низкой производительностью.

Цель бакалаврской работы – повышение качества и производительность при сварке алюминиевых деталей обмоток трансформатора.

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

## 1.1 Описание предприятия

ООО «Тольяттинский трансформатор» одно из крупнейших предприятий России занятых в производстве силовых трансформаторов. Продукцию завода покупают почти в 70 странах мира. За годы существования предприятия десятки тысяч трансформаторов были отправлены из Тольятти заказчикам на промышленные и гражданские объекты как России, и бывших союзных республик так и за рубеж. Изготавливаемые заводом трансформаторы эксплуатируются в на электростанциях, в энергосистемах, на предприятиях, на железных дорогах, и многих других объектах.

Сейчас ассортимент продукции завода расширяется и включает в себя широкую номенклатуру трансформаторов.

Чтобы успешно чувствовать себя в конкурентной борьбе предприятие проводит мероприятия по повышению качества и снижению себестоимости выпускаемых трансформаторов.

Широко внедряются новые, передовые технологии. Например, автоматизированные линии, рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Автоматизированная линия плазменной резки

Применение линий газоплазменной резки с числовым программным

управлением, оборудованных машинами плазменной резки и другого современного сварочного оборудования и прогрессивных технологий сварки повышают точность и качество при производстве всех компонентов металлоконструкций и баков трансформатора, высокую механическую прочность и маслоплотность сварных швов.

Но в некоторых производственных участках предприятия применяют устаревшие технологические решения. Например, технология сварки алюминиевой ошиновки обмоток трансформаторов.

## 1.2 Описание обмотки, условий ее эксплуатации

Если проводник однократно охватывает стержень магнитопровода и в данном проводнике наводится электродвижущая сила под действием магнитного поля, такой проводник называют витком. Виток – это основной элемент обмотки и может состоять из одного или нескольких проводов, расположенных параллельно. Вся совокупность витков, которые образуют электрическую цепь называют обмоткой трансформатора. В обмотке суммируется электродвижущая сила, наведенная в отдельных витках. Компонентами обмотки являются проводники и изолирующие детали, защищающие витки от пробоя, не позволяющие смещаться под воздействием электромагнитных сил. Кроме того, изолирующие детали создают каналы для охлаждения обмоток.

Обмотки трансформаторов могут по разному располагаться на стержне, могут быть разного направления и разных способов намотки. В обмотках может быть разное число витков, разный класс напряжения и схема соединения концов обмоток.

Главными эксплуатационными требованиями к обмоткам являются электрическая и механическая прочность, термостойкость. К изоляции обмоток предъявляют требования выдерживать без повреждений перенапряжения при коммутации, при воздействии атмосферы.

Механическая прочность должна обеспечивать сопротивление обмоток

деформациям и повреждениям при токах короткого замыкания. Следует отметить, что токи короткого замыкания многократно превышают номинальный рабочий ток трансформаторов. В процессе эксплуатации из-за прохождения электрического тока обмотки нагреваются. Это не должно повреждать и разрушать изоляцию обмоток в установленные сроки службы трансформатора, до 25 лет). Эксплуатационные требования, к трансформаторам и обмоткам, освещены в соответствующих стандартах на силовые трансформаторы, специальные трансформаторы и т. д. Достигается электрическая прочность обмоток правильной конструкцией, выбором изоляционного материала и передовыми технологиями обработки.

Механическую прочность обмотки обеспечивают за счет корректного расчета полей рассеяния, правильного выбора конструкции, и расположения витков и катушек на магнитопроводе. Рассчитывают обмотки так, чтобы возникающие механические силы были как можно меньше при максимальной механической стойкости.

Общий вид обмоток с отводами трансформатора ТМГ показан на рисунках 1.2, и 1.3.

К виткам обмоток идут соединительные провода, которые называют отводами. Отводы идут вне обмоток и могут состоять из изолированных проводов, проводов без изоляции и деталей их крепления. Сечение отводов зависит от силы тока, условий охлаждения как при нормальных режимах работы, так и в случае короткого замыкания.

При небольших токах, не превышающих 20 А, отводы имеют круглое сечение при диаметре не более 12 мм. При больших диаметрах отводов могут возникнуть добавочные потери при прохождении тока. При больших токах отводы имеют прямоугольное сечение.

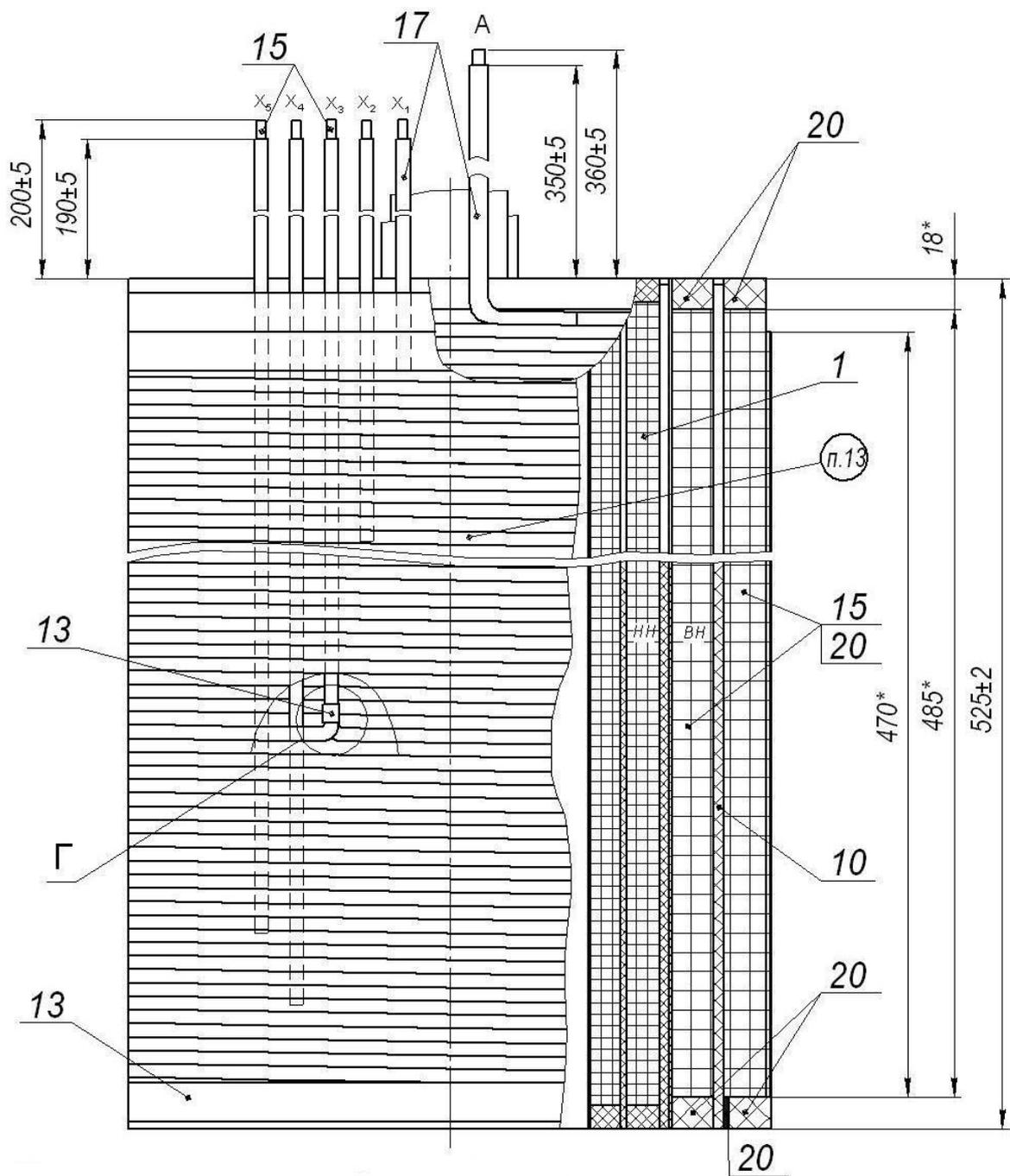


Рисунок 1.2. – Общий вид обмотки

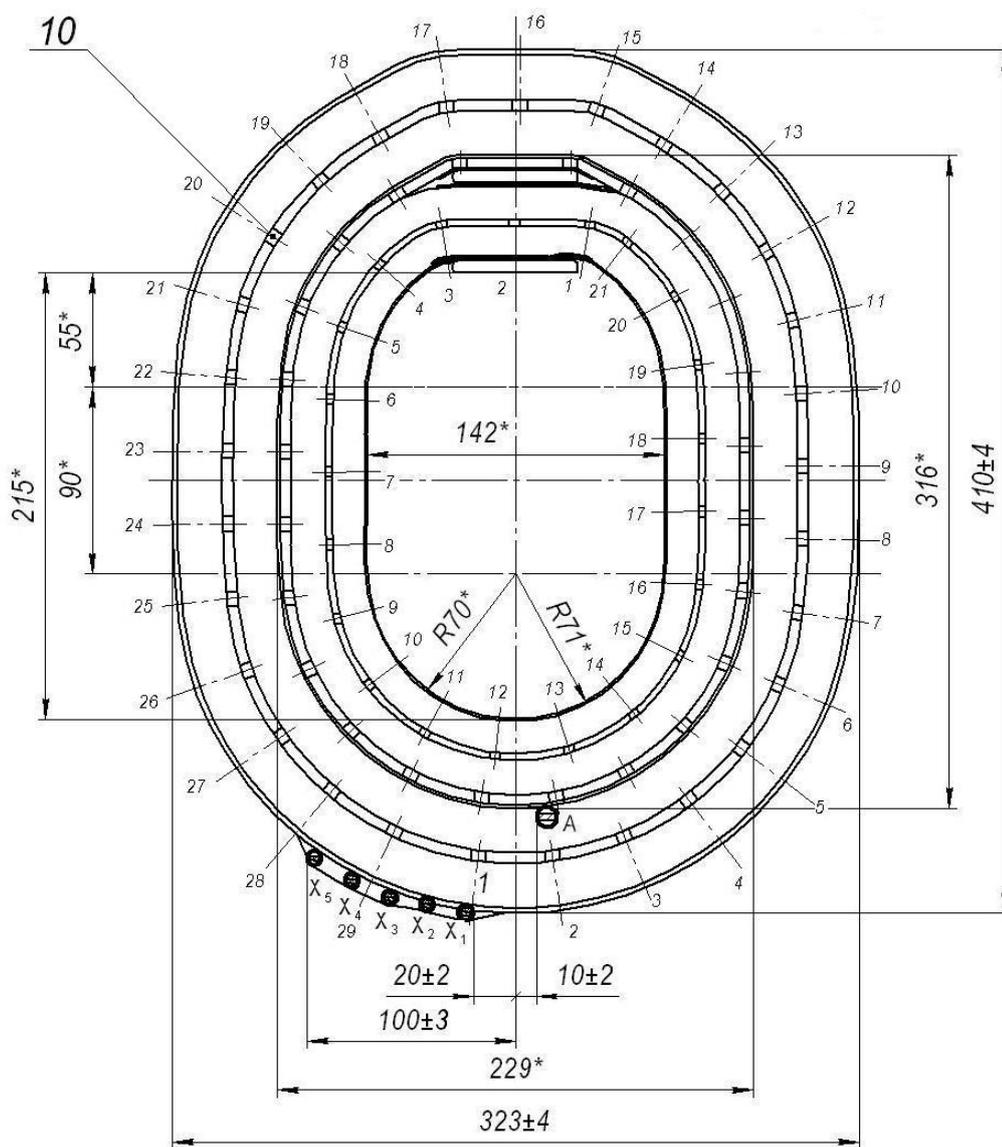


Рисунок 1.3 – Вид обмотки сверху

Механическая прочность крепления отводов рассчитывается на усилия, при коротких замыканиях, электрическая прочность на испытательное напряжение. Допустимая плотность тока для отводов зависит от охлаждающей среды. Если охлаждение масляное, то для медных отводов допускают плотность тока до  $4,5 \text{ А/мм}^2$ , для алюминиевых до  $2 \text{ А/мм}^2$ . В случае воздушного охлаждения плотность тока уменьшается примерно в два раза.

Крепят отводы деревянными планками. Вертикальные планки, называют стойками, закрепляют вверху и внизу горизонтальными планками. К вертикальным планкам крепят планки, в которых крепят отводы. В местах

закрепления отводы изолируют электрокартоном. Отводы крепят между горизонтальными планками, одна из них, основная, крепится на вертикальных стойках, а другая, прижимная, отводы стягивает.

Отводы соединяют с внешней электросетью с помощью шинопроводов, рисунок 1.4.

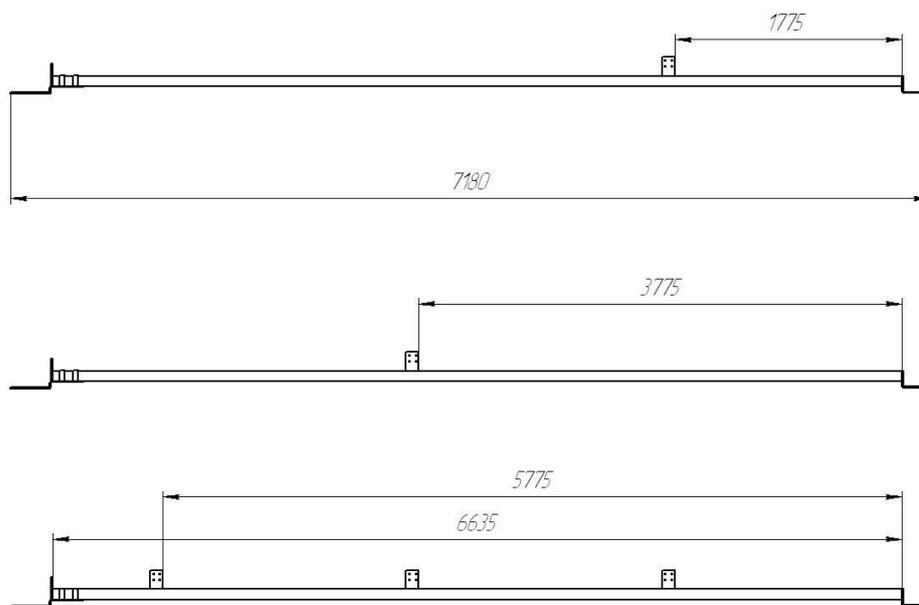


Рисунок 1.4 – Шинопровода

Размеры шинопроводов могут достигать нескольких метров. Выполнены они из алюминия.

Алюминий плавится при  $660^{\circ}\text{C}$ . У алюминия ГЦК решетка с периодом  $\alpha = 0,4041$  нм. Важная особенность алюминия низкая плотность-  $2,7 \text{ г/см}^3$ . У железа  $7,8 \text{ г/см}^3$ , у меди  $8,94 \text{ г/см}^3$  для меди. Кроме того, у алюминия высокая электрическая проводимость, которая составляет 65% проводимости меди. За счет образования тонкой прочной пленки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  у алюминия высокая коррозионная стойкость. Следует отметить, что чем чище алюминий, тем его коррозионная стойкость выше. Технически чистый алюминий из-за низкой прочности не применяют для изготовления конструкций и деталей несущих нагрузки. Его используют, когда нужна высокая пластичность, хорошая свариваемость, высокое сопротивление коррозии, высокая теплопроводность и высокая электропроводность.

Наибольшее распространение в промышленности получили сплавы алюминия. Они обладают хорошей технологичностью на всех этапах передела, плотность их мала, высокая коррозионная стойкость, достаточно высокая прочность, пластичность и вязкость. За счет такого удачного сочетания свойств они широко применяются в авиации, судостроении, автомобилестроении, строительстве и других отраслях народного хозяйства

### 1.3 Базовая технологи сварки шинопроводов

Первая операция – входной контроль.

Поступившие шины осматриваются на соответствие требований чертежа, на наличие загрязнений.

Контролируются сварочные материалы. Для сварки в качестве присадочного материала применяют проволоку алюминиевую в мотках. Каждый моток присадочной проволоки, поступившей на сварочный участок, должен быть снабжен биркой, на которой должны быть указаны завод-изготовитель, номер плавки и обозначение проволоки по стандарту.

Для сварки алюминия и его сплавов применяют тянутую или прессованную сварочную проволоку выполненную из алюминия или алюминиевых сплавов согласно ГОСТ 7871-75. Указанный ГОСТ предусматривает четырнадцать марок сварочной алюминиевой проволоки. Согласно ГОСТ 7871-75, изготавливают проволоку диаметром от 0,8 до 12,5 мм. На заводе применяется проволока диаметром от 1,5 до 4 мм.

На складах алюминиевая проволока для сварки должна храниться намотанной в катушки и помещенной в полиэтиленовый мешок вместе с контрольным пакетом силикагеля-индикатора. Мешок должен быть загерметизирован. При контроле на сварочном участке герметичность упаковки оценивают по цвету силикагеля-индикатора. Герметичность считается нарушенной, силикагель-индикатор розового цвета.

Проверяется аргон в баллонах. Следует отметить, что хотя аргон нетоксичен, но он представляет опасность для жизни. При вдыхании аргона человек теряет сознание и гибнет.

В потупивших на производственный участок баллонах проверяют давление. Давление аргона в баллоне при температуре 20 °С в условиях хранения и при транспортировке должно составлять  $(14,7 \pm 0,5)$  МПа [ $(150 \pm 5)$  кгс/см<sup>2</sup>] или  $(19,6 \pm 1,0)$  МПа [ $(200 \pm 10)$  кгс/см<sup>2</sup>].

Кроме того, каждый 10й баллон контролируют на качество. Для контроля качества отбирают 10% баллонов от партии, но не менее двух, если размер партии менее 20 баллонов.

Пробу газообразного аргона следует отбирать полного баллона причем, давление в нем не должно быть ниже  $(14,7 \pm 0,5)$  МПа  $(150 \pm 5)$  кгс/см<sup>2</sup> или  $(19,6 \pm 1)$  МПа  $(200 \pm 10)$  кгс/см<sup>2</sup>. Температура баллона в момент отбора должна находиться в пределах 15...30 °С. Отбор выполнять прямо в прибор для анализа.

Производится контроль неплавящихся электродов для дуговой сварки.

Вольфрамовые электроды для дуговой сварки в среде защитных газов изготавливают 4-х типов, в соответствии с ГОСТ 23949-80:

ЭВЧ – вольфрам без добавок;

ЭВЛ – вольфрам с добавками оксида лантана (1,1 – 1,4%);

ЭВИ – вольфрам с добавками оксида иттрия (1,5 – 3,5%);

ЭВТ – вольфрам с добавками двуокиси тория (1,5 – 2%).

Проверяется заточка электрода. Особое внимание следует обратить. Чтобы рики от заточки были перпендикулярны оси.

Проверяется состав для обезжиривания, для травления.

Первая операция технологического процесса - очистка шинопроводов от загрязнений. От качества очистки зависит как производительность труда сварщика, так и качество сварного шва.

Для очистки шинопроводов применяют щелочной раствор МЛ-51 или МЛ-52 при концентрации 10...30 г/литр. Температура раствора должна составлять 75...80°С.

Раствор МЛ-51 содержит в своем составе следующие компоненты: тринатрий фосфат – 18 г/литр; каустическая сода – 5 г/литр; кальцинированная сода – 10 г/литр. Очистку производят в установке ММА1. Время очистки 30...40 минут. Затем шинопровода поступают на стол где с ними выполняются подготовительные работы. Выполняется зачистка зоны сварного соединения. Зачистку выполняют щеткой металлической.

Производится механическая зачистка от сварного шва на расстоянии свыше 20 мм. Затем производится обезжиривание. Обезжиривать соединяемые кромки шинопроводов следуют в течение 5 минут, нанося обезжиривающий раствор. Затем место сварки травится в течение 1-3 минут путем нанесения 5% раствора щелочи КОН или NaOH. По окончании травления остатки щелочи следует смыть сначала горячей, затем холодной водой.

Важным элементом технологического процесса сварки шинопроводов является подготовка присадочной проволоки. Присадочную проволоку следует травить в течение 1 мин. раствором NaOH и NaF в воде, затем производится промывка водой, нейтрализация щелочи в течение 1-3 мин. в 25% растворе HNO<sub>3</sub>, промывка и просушка.

К сварке следует приступить не позже чем через 24 часа после травления проволоки и обезжиривания и травления шинопровода. Непосредственно перед проведением сварки следует зачистить свариваемые поверхности металлической щеткой.

Произвести заварку швов. Применяют способ сварки неплавящимся вольфрамовым электродом, TIG - Tungsten Inert Gas.

В соответствии с рекомендациями заводской инструкции Исв – 90...100 А, напряжение на дуге 20...25 вольт, расход защитного газа 5...8 литров в минуту. Источник питания используют ВДГИ-302.

Контроль изделия предусмотрен визуальный, не допустимы непровары, трещины в сварном шве. Кроме того, контролируем капиллярным методом, с помощью набора ДМК-4.

Также производим контроль электросопротивления, выборочно, 10%.

#### 1.4 Анализ возможных вариантов устранения недостатков базовой технологии

Способность материала образовывать качественное сварное соединение называется свариваемостью. На свариваемость оказывают влияние как внешние так и внутренние факторы. К ним Кроме химического состава к ним относятся метод сварки, режимы сварки, конструкция сварного узла, и требования, предъявляемые к сварному соединению согласно условий эксплуатации. (ГОСТ 29273-92, ИСО 581-80).

Для алюминиевых сплавов, применяемых при изготовлении шинопроводов характерными являются высокие значения электропроводности, теплопроводности, и скрытой теплоты плавления. Кроме этого трудность сварки сплавов алюминия обусловлена наличием на их поверхности оксидной пленки, препятствующей соединению металла сварочной ванны и основного металла при кристаллизации. Помимо этого, частицы оксидной пленки алюминия остаются в шве в виде включений. В процессе сварки током обратной полярности происходит катодная очистка свариваемых поверхностей в зоне действия сварочной дуги. Но данный механизм действия сварочной дуги разрушает только сравнительно тонкую пленку оксида. Толстую пленку перед сваркой удаляют механическим или химическим путем, как это было описано выше. Особое внимание нужно обращать на удаление оксидной пленки с поверхности электродных проволок малого диаметра (из алюминиевых и магниевых сплавов). На поверхности оксидных пленок хорошо адсорбируется влага, при высокой температуре дугового промежутка влага диссоциирует, насыщает металл шва водородом, увеличивает его пористость. На механизм образования пористости влияет также и химический состав сплава. Так при сварке сплавов алюминия и магния пленка оксидов большей, чем у чистого алюминия, толщины и, соответственно, удерживает большее количество влаги.

Алюминий и его сплавы соединяют практически всеми промышленными способами сварки плавлением.

Механизованная сварка в среде защитного газа применяется, как минимум, четырех разновидностей. Традиционная механизованная сварка, импульсная, сварка с применением инверторного источника питания и управляемым массопереносом, механизованная сварка на источниках питания типа ВД-306ДК с комбинированной вольтамперной характеристикой. Значительно реже применяют другие способы сварки алюминия - автоматическую сварку под слоем флюса и газовую сварку.

У каждого способа сварки имеются свои особенности, которые следует учитывать при разработке технологического процесса чтобы наиболее эффективно использовать достоинства каждого из способов.

Для ручной сварки и наплавки (ММА) деталей из чистого алюминия могут быть применены следующие марки покрытых электродов. Производство России и других стран, таблица 1.5. [15,16].

Таблица 1.5 - Электроды для сварки алюминия

Марка электрода	Свариваемый сплав
ОЗА1	Литой технический алюминий, сплавы типа АЛ
ОК96.10(«ESAB»)	Литой технический алюминий, сплавы типа АЛ
ОЗА2	То же
ОК 95.50 («ESAB»)	То же
МВТУ	То же
АФ1	То же
ОК 96.20 («ESAB»)	То же
А1Ф	То же

Сварку по методу ММА ведут постоянным током, полярность обратная, необходим предварительный подогрев. Для листов толщиной листов 6-8 мм греют до температуры 200°C, для листов толщиной 8-16 мм - до температуры 350-400°C.

Электроды перед употреблением просушивают при температуре 150-200 °С в течение 2 часов. Разделку кромок производят при толщине металла свыше 20 мм, в этом случае сварку выполняют с двух сторон при зазоре между листами 0,5-1 мм. Заварку литья и наплавку алюминиево-кремнистых сплавов производят электродами ОЗА-2. Требования подогрева по толщине металла такие же, что и при сварке чистого алюминия. Электроды перед сваркой рекомендуют просушивать при температуре 150-200°C в течение 2 ч.

К преимуществам следует отнести простоту способа.

К недостаткам - большие сварочные деформации, дорогостоящие электроды, низкое качество шва из-за большого количества пор и шлаковых включений.

Автоматическая сварка алюминия выполняется не под флюсом, а открытой дугой по слою флюса. Причина этого высокая электропроводность флюсов для сварки алюминия. Поэтому флюсы в расплавленном состоянии легко шунтируют дугу, снижают устойчивость ее горения. Компоненты флюсов, применяемых для сварки алюминия и его сплавов, приведены в таблице 1.6. [16]. Флюс перед употреблением просушивается при температурах 200 – 250°C в течении 2 часов и хранится в герметически закрытой таре.

Для сварки алюминия и его сплавов, не содержащих магния, применяют флюс АН-А1 и электродную проволоку, по составу идентичную основному металлу. В состав флюса АН-А1 входят  $KCl$ -50%;  $NaCl$ -20%;  $Na_3AlF_6$ .- 30%.

Автоматическая сварка по флюсу металла толщиной 4-35 мм выполняется в один слой без разделки кромок. Шов односторонний или двусторонний.

Если в процессе сварки применяется сдвоенная электродная проволока, стойкость металла шва к образованию пор достигается более высокая. Сварка односторонних швов выполняется на съемной стальной подкладке. Первый слой двустороннего шва также выполняют на подкладке. При сдвоенной электродной проволоке сварка может выполняться на весу. Для сварки применяют постоянный ток обратной полярности без подогрева.

Таблица 1.6 - Флюсы для сварки алюминия, масс. %

Компонент	Марка флюса				
	АН-А1	48-АФ-1	МАТИ-1с	АН-М4	МАТИ- 10
NaCl	20,0	-	-	-	-
KCl	50,0	57,0	47,0	47,0	30,0
LiCl	-	-	-	8,0	-
BaF	-	28,0	47,0	-	68,0
NaF	-	-	-	42,0	-
KF	-	-	2,0	-	-
LiF	-	7,5	-	-	-
AlF	-	7,5	-	-	2,0
Криолит	30	-	-	3,0	-
Фторцирконат калия	-	-	2,0	-	-
Оксид хрома	-	-	2,0	-	-

К преимуществам следует отнести высокую производительность процесса.

К недостаткам следует отнести высокую поверхностную пористость из-за газонасыщения перегретого металла и крупнозернистую структуру.

Технология сварки в среде защитных газов широко применяется при сварке алюминия и его сплавов и используется в базовом варианте

Для защиты расплавленного металла применяется аргон газообразный чистый марок А или Б согласно ГОСТ 10157-62. Реже применяют гелий сорта ВЧ по МРТУ 51-04-23—64 или смеси этих газов.

Вольфрам плавится при температуре  $3600^{\circ}\text{C}$ , его удельный вес  $19,3 \text{ г/см}^3$ , у него высокая упругость паров при больших температурах и низкий коэффициент теплопроводности. Изготавливают вольфрамовые электроды согласно ГОСТ 23949-80. Они отличаются легированием, которое снижает работу выхода электронов и соответственно срок службы электродов. Электроды для аргонодуговой сварки следует затачивать, что повышает стабильность работы установки и качество сварного шва.

Установки типа УДАР комплектуются горелками ГРАД-200 и ГРАД-400. В комплекте поставляют с керамические сопла и шланги водяного охлаждения. Могут применяться сварочные горелки и других типов, преимущественно с водяным охлаждением.

На установке УДАР-300-1 можно сваривать ручной дуговой сваркой в среде аргона алюминиевые сплавы толщиной до 8 мм. Если толщина сплава превышает 8 мм следует использовать установки УДАР-500, с силой тока до 500 А.

Широкое распространение сварка ТIG неплавящимся электродом вручную применяется при толщинах свариваемых деталей от 4х до 12 мм. При ручной аргоно-дуговой сварке конструкций толщиной менее 6 мм возможны проблемы, связанные со значительными деформациями. Поэтому швы габаритных конструкций выполняют ручной сваркой, при толщинах более 4 мм.

Широкое применение находит для алюминиевых сплавов толщиной более 12 мм ручная аргоно-дуговая сварка неплавящимся электродом. При

сварке таких толщин величина сварочного тока достигает 450-500 А. При сварке на таких режимах используются вольфрамовые электроды диаметром 7-8 мм. При увеличении свариваемых толщин, следовательно, силы тока и диаметра электродов из вольфрама требуются специальные источники тока, сварочные горелки, тяжелые и неудобные в работе.

В сварных швах конструкций из алюминиевых сплавов, выполненных в среде защитных газов, могут быть дефекты. Преимущественно встречается и пористость и различные включения (оксидные, нитридные и включения вольфрама).

Поры образуются по причине выделения водорода при охлаждении и кристаллизации сварочной ванны. Источником водорода может быть основной металл, защитный газ, который всегда содержит некоторое количество паров воды, и влага, адсорбируемая поверхностями сварочной проволоки и свариваемого металла. Кинетику процесса накопления газа в расплавленном металле сварочной ванны при нагреве за счет растворения и выделения его при кристаллизации ванны и ее охлаждении (дегазация) непосредственно связывают с конкретными режимами технологического процесса сварки.

В некоторых случаях особого значения не придают таким неблагоприятным дефектам сварных соединений алюминиевых сплавов, как оксидные включения, включения нитридного характера. Однако данные включения не имеют округлой формы и для сварного соединения являются существенными концентраторами напряжений. Указанные включения, как правило, сопровождаются газовыми порами и, в ряде случаев, способствуют образованию трещин.

Источниками таких включений являются оксидные пленки на поверхностях свариваемых деталей и проволоки по причине некачественной подготовки перед сваркой. Также источниками могут являться плены, которые попадают в основной металл и проволоку при производстве металлопроката на металлургических предприятиях. образуются оксидные и

нитридные включения при нарушении газовой защиты при сварке.

В качестве присадки для аргоно-дуговой сварки в защитных газах применяется сварочная проволока диаметром от 0,8 до 5 мм, производимая по ГОСТ 7871-63 (АМг61).

К преимуществам следует отнести высокую стабильность процесса сварки и качество сварного соединения. Способ универсален – обладает широкими технологическими возможностями.

К недостаткам следует отнести необходимость тщательной подготовки основного и присадочного материалов и обеспечение высокой точности при сборке под сварку.

Марку сварочной проволоки следует выбирать в зависимости от марки соединяемого сплава, таблица 1.8.

Таблица 1.8 – Выбор сварочной проволоки

Марка сплава	Марки проволоки и прутков
АМг61	АМг61
АМцМЗ	Св. АМцМ2, АМг61
АД1	Св. АД1
АМгЗ	Св. АМг5

Диаметр присадочных прутков и сварочной проволоки следует выбирать в зависимости от толщин свариваемых материалов.

Применение указанных в таблице 1.8 марок проволоки позволяет обеспечить получение прочности сварных соединений, приближающейся к прочности основного металла до сварки.

Металлургические заводы-поставщики проволоку поставляют в бухтах с нейтральной смазкой. Срок хранения такой сварочной проволоки обычно не ограничивают.

Перед сваркой присадочные прутки и сварочную проволоку подвергают химической обработке. Варианты обработки поверхности проволоки и ее состояние перед выполнением сварного шва оказывают

существенное влияние на содержание водорода, величину пористости и прочность металла сварных соединений сплавов алюминия.

К перспективным способам очистки сварочной проволоки можно отнести электрохимическую и химическую полировку. Но за рамки лабораторных исследований данный способ до настоящего времени не вышел. В практике работы заводов электротехнической промышленности наиболее широко применяют обработку поверхности сварочной проволоки травлением в растворе щелочи. Данный способ применен в базовом варианте технологического процесса

Механизированная сварка плавящимся электродом применяется для выполнения всех вариантов соединений алюминия и его сплавов для толщин 4-6 мм и более. Данный способ отличает высокая производительность, наибольшая среди ручных видов сварки. За границей на электротехнических заводах это самый распространенный из других видов ручной сварки алюминия.

Главное отличие механизированной сварки алюминия - применение в качестве защитного газа аргона и фторопластовых подающих каналов вместо стальных. Кроме того, применяют специальную форму подающих роликов и специальных мундштуков на горелках.

Дуга при данном способе сварки горит между плавящейся проволокой и изделием.

Обеспечить разрушение пленки оксидов при механизированной сварке плавящимся электродом можно лишь при использовании постоянного тока обратной полярности. Оксидная пленка в этом случае удаляется за счет разрушения и распыления тяжелыми положительными ионами, которые осуществляют бомбардировку катода, эффект катодного распыления.

К недостаткам способа сварки плавящимся электродом следует отнести является снижение, по сравнению со способом TIG, показателей механических свойств. Уменьшение прочности шва можно объяснить тем, что металл сварочной проволоки, проходя через дугу, перегревается больше,

чем присадочная проволока при сварке TIG. Оксидная пленка, кроме того, удаляется хуже, т.к. при механизированной сварке в среде аргона сварка сопровождается короткими замыканиями, и в этот момент катодное распыление отсутствует.

Чтобы минимизировать действие указанных недостатков в сварочной установке ВД-306ДК используют низковольтную постоянную подпитку сварочной дуги напряжением величиной 10-11 В, которую накладывают на общую величину сварочного напряжения.

Сварку, как правило, ведут проволокой диаметром 1,2-1,6 мм. Меньший диаметр, из-за недостаточной жесткости алюминиевой проволоки применить затруднительно. Применять проволоку большего диаметра можно, но сварные швы будут получаться крупночешуйчатыми, а это ухудшает как их внешний вид, так и механические свойства.

Установки механизированной сварки алюминия скомплектованы из выпрямителя, например ВД-306ДК и т.д. и механизмов подачи, например ПДГО-508, ПДГО-510 и др. В механизмах должны быть применены со специальные ролики.

Механизм подачи должен обеспечивать надежную и стабильную подачу мягкой алюминиевой проволоки. Как правило, в таких механизмах устанавливают по две пары ведущих и прижимных роликов, что снижает возможность проскальзывания проволоки и ее смятия.

Иногда целесообразно применять сварку импульсной дугой и вольфрамовым электродом. Подачу импульсов осуществляют, как правило, с частотой менее 50 или более 100 Гц и накладывают эти импульсы на базовое напряжение на дуге. Форма импульсов остроугольная или прямоугольная. Импульсы улучшают формирование сварного шва при частоте 1-50 Гц. При частотах выше 100 Гц улучшают удаление оксидной пленки. Наибольшее распространение такие импульсы нашли при сварке тонколистового металла.

Для сварки алюминия в импульсном режиме выпускают приставки типа ППС-01 - пульт пульсирующей сварки. Данными приставками

комплектуют, как правило установки УДГУ-351АС/DC и УДГУ-501АС/DC. Пульт пульсирующей сварки регулирует максимальные и минимальные значения импульсов тока, и их продолжительность. Он регулирует частоту следования импульсов до 10 Гц, возможен вариант - до 30Гц. При этом снижается вероятность прожогов металла, улучшается формирование сварного шва.

Также применяют для сварки алюминия сравнительно новый вид источников питания сварочной дуги - инверторные сварочные источники. Частота сварочного напряжения и тока в таких источниках может составлять десятки кГц. Обеспечивается возможность наложения дополнительных импульсов регулируемой амплитуды и скважности за счет использования приставки аналогичной пульту ППС-01. Сюда относят такие источники питания, как Faltig-350,400 («OZAS»), Aristotig («ESAB»). Хотя данные источники дорогостоящие, сварка на повышенной частоте эффективно разрушает оксидную пленку. Высокая частота совместно с наложением дополнительных импульсов улучшает формирование сварного шва, так как становится возможным подбор режима, когда дополнительные импульсы плавят металл, а в момент отсутствия импульсов сварное соединение кристаллизуется. Принципиально данное оборудование от отечественных установок УДГУ отличается тем, что сварку ведут на повышенной частоте, поэтому горение дуги более стабильно на импортных установках.

Другое отличие от российских аналогов заключается в том, что система управления сделана на более современной элементной базе, поэтому мощные осцилляторы не оказывают влияние на параметры режима сварки. Поэтому, в зарубежных установках, например в Faltig-350,400 используют при надобности шланг к горелке длиной до 18 м. Что особенно удобно при сварке крупногабаритных конструкций, если нужно удалить горелку на значительное расстояние от источника до места сварки.

В отличие от традиционной импульсно-дуговой сварки алюминия наложение импульсов в этом случае не оказывает влияния на массоперенос,

как и для случая ММА.

Плазменная сварка это усовершенствованный вариант аргодуговой сварки TIG. При плазменной сварке нагрев производится сжатой дугой. В сжатой дуге столб которой сжат специальным соплом плазменной горелки, потоком газа или внешним электромагнитным полем. В основном для сварки применяют плазменные горелки, в которых стабилизация и сжатие дуги реализуют посредством сопла и потока плазмообразующего газа.

Если при свободном горении дуги температура ее столба может достичь 5000-6000 К и форма столба дуги как усеченный конус, рисунок 1.5, а, то при сжатии дуги температура ее растет. Столб дуги при сжатии становится практически цилиндрической формы, рисунок 1.5, б, происходит стабилизация анодного пятна на изделии, сосредотачивается тепловой поток, возрастает проплавление, уменьшается нагрев околошовной зоны.

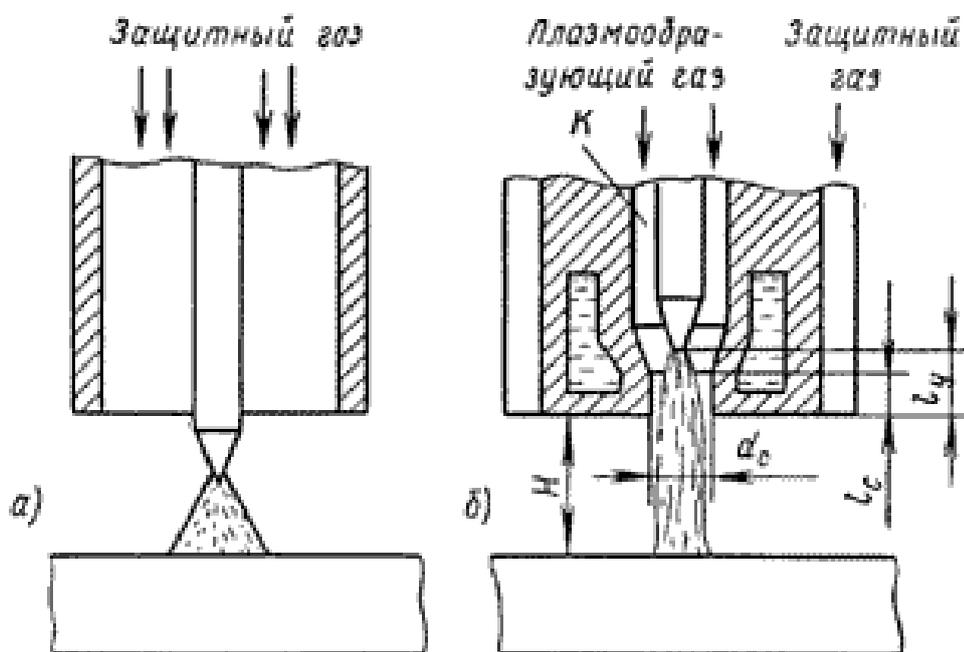


Рисунок 1.5 - Схемы сопловых частей аргодуговой (а) и плазменной (б) горелок

Расстояние между торцом сопла и изделием рабочее расстояние  $H$ . Длина цилиндрической части сопла  $l_c$  находится в диапазоне 0.5-2  $d_c$ .

Соотношение  $I_c / d_c$  называется калибром и относится к важным характеристикам плазменной горелки. Данное соотношение определяет величину давления сжатой дуги на поверхность сварочной ванны и вероятность двойного дугообразования. При двойном дугообразовании две дуги горят между электродом и соплом одна, соплом и изделием вторая. Уменьшение длина цилиндрической части сопла, уменьшает вероятность двойного дугообразования.

Если сравнивать со своим аналогом сваркой неплавящимся электродом TIG, у плазменной сварки такие преимущества как: меньше влияет изменение расстояния от торца сопла до изделия на параметры проплавления; меньше влияет изменение силы тока на форму дуги. Поэтому при плазменной сварке обеспечивается более высокая стабильность проплавления свариваемого металла. К другим достоинствам следует отнести высокую надежность зажигания дуги, включения вольфрама в сварном шве отсутствуют. Более высокая концентрация энергии обеспечивает более высокую скорость сварки и меньшее тепловложение. Меньшая величина тепловложения снижает коробление изделий.

При одинаковой скорости сварки, для плазменной сварки, в сравнении с TIG, требуется ток в два раза меньше, получаются более узкие сварные швы с меньшей зоной термического влияния, что уменьшает деформации сварных конструкций. Таким образом, применение высококонцентрированного источника нагрева позволяет существенно уменьшить зону термического влияния и увеличить производительность. Все перечисленное позволяет нам достичь цели бакалаврской работы.

### 1.5 Задачи работы

Анализ конструктивных особенностей изделия, особенностей базового технологического процесса сварки, позволяют сделать следующие выводы по первому разделу работы. Применяемая технология сварки

характеризуется низкой производительностью. Анализ показывает, что плазменная сварка позволяет увеличить производительность.

С учетом изложенного, сформулируем следующие задачи работы: выбрать технологию высококонцентрированного нагрева; выбрать необходимое сварочное оборудование; разработать технологический процесс; предложить технические и организационные мероприятия обеспечивающие охрану здоровья и жизни рабочих; выполнить расчет экономической эффективности предложенных мероприятий.

## 2. Проектный технологический процесс

### 2.1 Обоснование режимов плазменной сварки.

Для выбора режимов сварки, обеспечивающих высокое качество при высокой производительности необходимо проведение комплекса исследований механических свойств сварных соединений. Выбора режимов и присадочной проволоки проведем с использованием указанных в ГОСТ 6996 (далее ГОСТ) методов и приемов исследований сварных швов.

Согласно ГОСТ установлены такие методы определения механических свойств как:

- а) испытание металла различных участков шва и околошовной зоны на растяжение;
- б) испытание металла различных участков шва и околошовной зоны на ударный изгиб;
- в) испытание металла участков шва и околошовной зоны на стойкость против механического старения;
- г) измерение твердости металла участков шва и околошовной зоны;
- д) испытание всего сварного соединения, включая основной металл на статическое растяжение;
- е) испытание всего сварного соединения на загиб;
- ж) испытание участков шва и околошовной зоны на ударный разрыв.

По всем перечисленным методам проводить испытания нет особой нужды. Из данного перечня ограничимся испытанием металла разных участков сварного шва и околошовной зоны статическое (кратковременное) растяжение. Проведение перечисленных испытаний позволит сделать вывод о прочности и пластичности соединения. Данные характеристики сварного шва представляют интерес, шинопроводы работают в условиях статических и динамических нагрузок.

Согласно ГОСТ образцы вырезают непосредственно из конструкции или специально сваривают для проведения испытаний.

Согласно ГОСТ сварка контрольных соединений для испытаний производится с охлаждением между наложением отдельных слоев.

Ширину образцов примем 100 мм.

Проводя испытания металла на растяжение мы определяем такие характеристики как предел текучести  $\sigma_T$ , и другие.

Испытания проведем для наплавленного металла шва и разных участков зоны термического влияния.

Согласно ГОСТ форма и размеры образцов, применяемых для испытания, должны соответствовать рис. 2.1, или рис. 2.2. и таблицы 2.1.

Допускается увеличивать размер диаметра образца и его высоту.

На поверхности головки допускаются лыски и необработанная поверхность шва или основного металла.

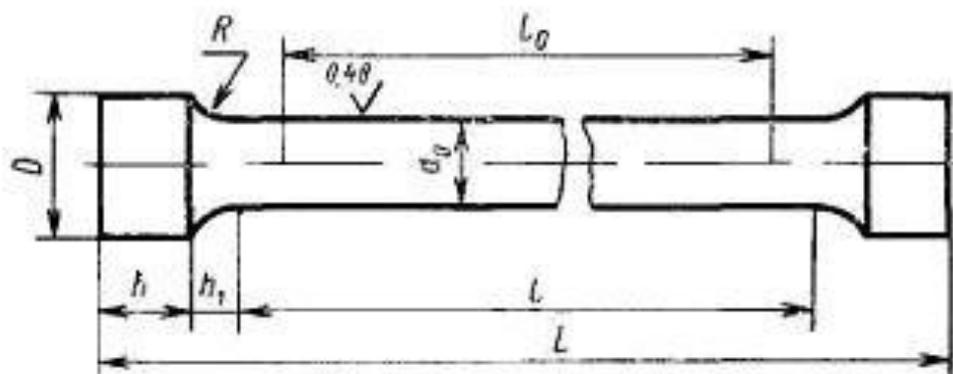


Рисунок 2.1 - Образцы для испытаний, тип I, II, III

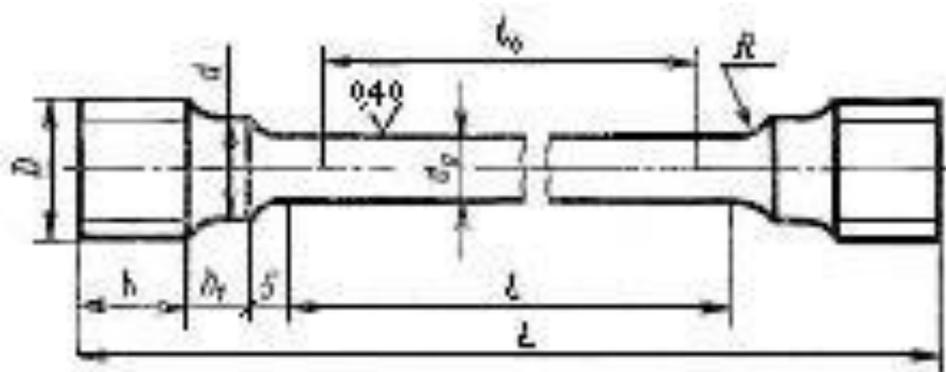


Рисунок 2.2 - Образцы для испытаний, тип IV, V

Размеры головки в месте лыски должны быть: для образцов типов I, II и III — не менее  $d_o+2$ ; для образцов типов IV и V — не менее  $d$ .

Размеры образцов для испытаний принимали согласно ГОСТ  
Образец следует вырезать следующим образом, рис. 2.3.



Рисунок 2.3 - Место вырезки образца

Проводили исследования механических свойств как без использования присадочной проволоки, так и с применением проволок Св-АМц, АК12М2, АК12ММгН. Диаметр проволоки выбирали в пределах 2...3 мм. Режимы сварки принимали по максимальным, минимальным и средним значениям для сварки плазменной дугой алюминиевых сплавов согласно литературным данным [15,16]. Это составляет для минимальных значений 70-80 А, средних 90-100 А, максимальных 110-120 А, напряжении на дуге 20-25 вольт.

Результаты визуально-измерительного контроля всех выполненных образцов дали положительные результаты. Недопустимых дефектов не было. Вероятно, по причине высокой квалификации сварщиков, привлекаемых к проведению опытных работ и строго контроля над соблюдением технологии.

Предел прочности сварных соединений приведен на рисунке 2.4. Даны значения по минимальным рекомендуемым значениям режимов (min),

максимальным (max) и средним (mid). Результаты измерения предела текучести на рисунке 2.5.

Относительного удлинение металла сварных соединений приведено на рисунке 2.6.

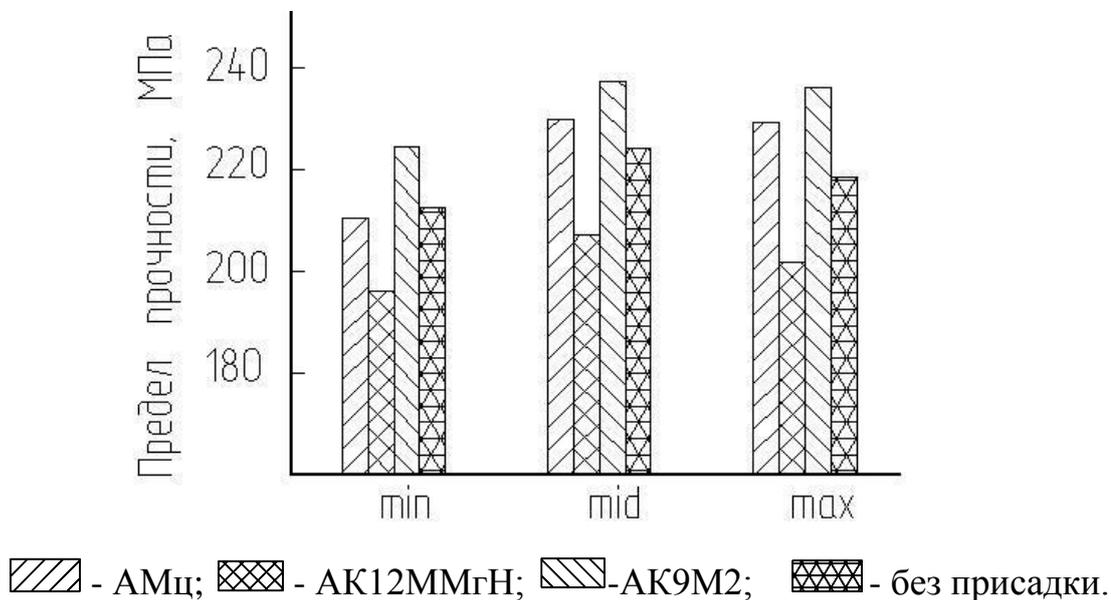


Рисунок 2.4 - Предел прочности сварных соединений.

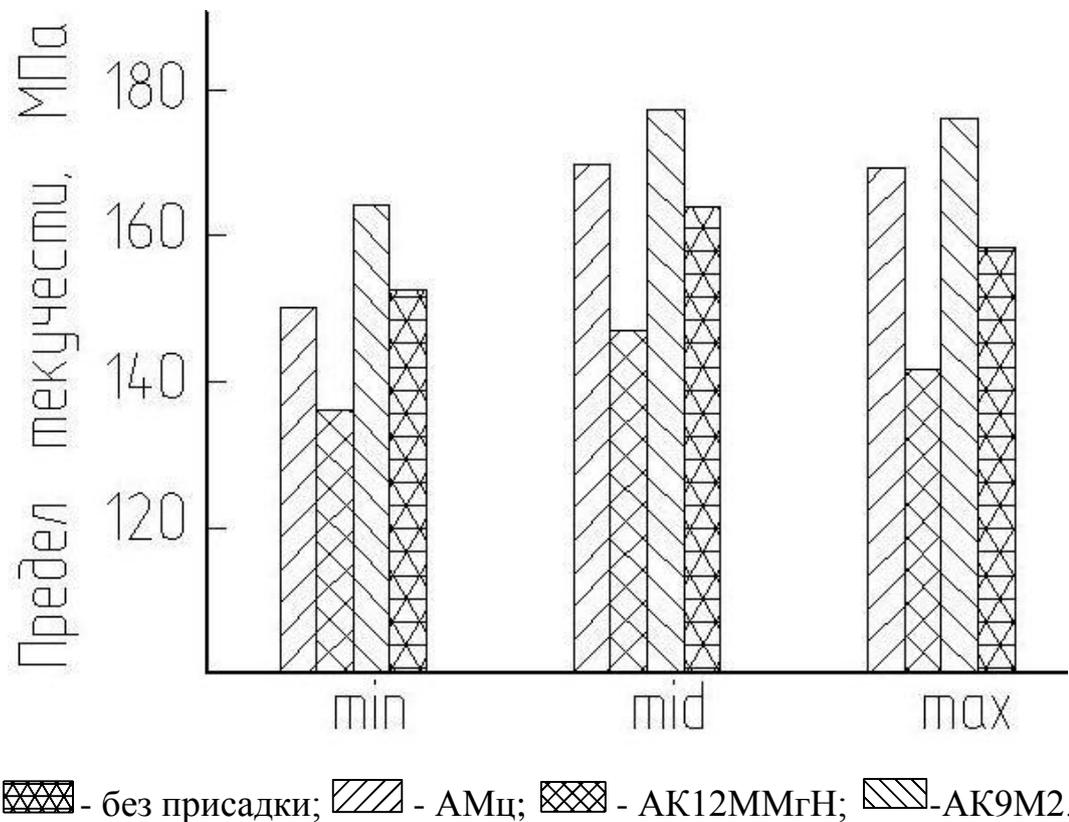


Рисунок 2.5 - Предел текучести сварных соединений.

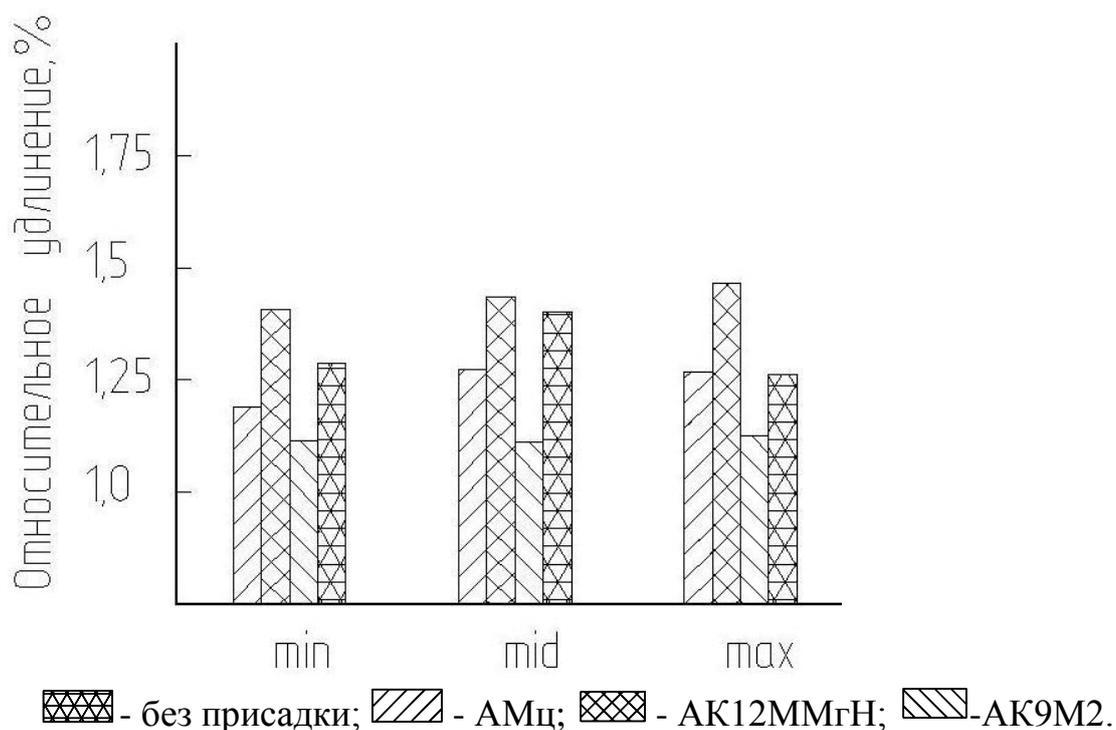


Рисунок 2.6 - Относительное удлинение металла сварных соединений.

По результатам исследований прочности и относительного удлинения металла сварных соединений можем сделать вывод, что соединения выполненные с использованием сварочной проволоки АК12ММгН не обеспечивают заданную прочность наплавленного металла сварного шва. Прочность наплавленного металла шва данных соединений меньше, чем основного металла. Однако металл шва получается пластичным.

Следовательно, результаты визуально-измерительного контроля говорят о том, что стабильное качество шва обеспечено при использовании всех исследуемых проволок.

По результатам разрушающего контроля можно сделать вывод, что лучшие механические свойства обеспечены при применении проволоки АМц и при сварке без присадочной проволоки. Сварка по максимальным режимам, и по минимальным хотя и обеспечивает заданные параметры качества сварного соединения, но механические свойства, при этом, близки к минимально допусаемым значениям.

Поэтому можно сделать вывод, что наилучшие параметры по качеству обеспечивает применение проволоки АМц при сварке по средним значениям режимов.

По результатам проведенных исследований в таблице 2.1. проведем сравнение режимов аргонодуговой сварки и плазменной.

Таблица 2.1. Ориентировочные режимы аргонодуговой и плазменной сварки стыковых соединений из сплава АМгб.

Способ сварки		$I_{св}$ , А	$U_{д}$ , В	$v_{св}$ , м/ч	$v_{пр}$ , м/ч	$d$ , мм	$q/v$ , Дж/см
Аргонодуговая		200	14	20	120	1,8	277
Плазменная	обратная полярность	87	33	23	70	1,8	225
	переменный ток	220	21	20	85	2,0	415

Плазменную, сварку; стыковых соединений из алюминиевых сплавов толщиной до 8 мм выполняют без разделки кромок с зазором до 1,5 мм за один проход на стальной подкладке или с двух сторон на весу. Для сварки на переменном токе используются серийные трансформаторы, обладающие требуемыми электродинамическими характеристиками. Вторичные обмотки включают последовательно, обеспечивая при этом напряжение холостого хода 120В. Постоянную составляющую уменьшают путем включения в цепь батареи конденсаторов или омического сопротивления (например, балластного реостата типа РБ-300). Между вольфрамовым электродом (анодом) и соплом (катодом) горит вспомогательная дуга, которая питается выпрямленным; током 20-25А.

Контроль сварных швов проводим как и в базовом технологическом процессе, визуально. Сначала удаляем остатки флюса. Затем контролируем визуально галтель, она должна быть равномерная и непрерывная по всей длине. Не допускаются непропаи, наплывы припоя, трещины. Для 1% соединений производим контроль на разрушение. Вырезаем соединение и отдаем на испытания в лабораторию.

### 3 Выбор оборудования

Для реализации технологического процесса плазменной сварки необходим выбор оборудования. Отечественные аппараты отличаются доступностью и простотой. Среди самых распространенных можно назвать: «Плазар» и «Горыныч».

«Плазар» — переносной аппарат, этому способствуют его портативность и небольшой вес (3 кг + горелка 700 гр.), рисунок 3.1. Используемая технология получения плазмы, делает его максимально безопасным. Данный плазмотрон многофункционален, фактически, им можно осуществлять процессы сварки, пайки и резки металлов толщиной от 0,3 мм до 8 мм. Также наносить покрытия, прожигать отверстия, опылять и локально нагревать поверхности.



Рисунок 3.1 – Аппарат плазар

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта.

### 4.1 Характеристика участка сварки.

Тема работы: «Технология и оборудование для сварки алюминиевых переходников к шинам трансформатора».

В рамках выполнения работы предложена технология плазменной сварки алюминиевых переходников.

Реализована модернизированная технология сварки на производственном участке, ООО «Гольяттинский трансформатор» схема которого показана на рисунке 4.1.

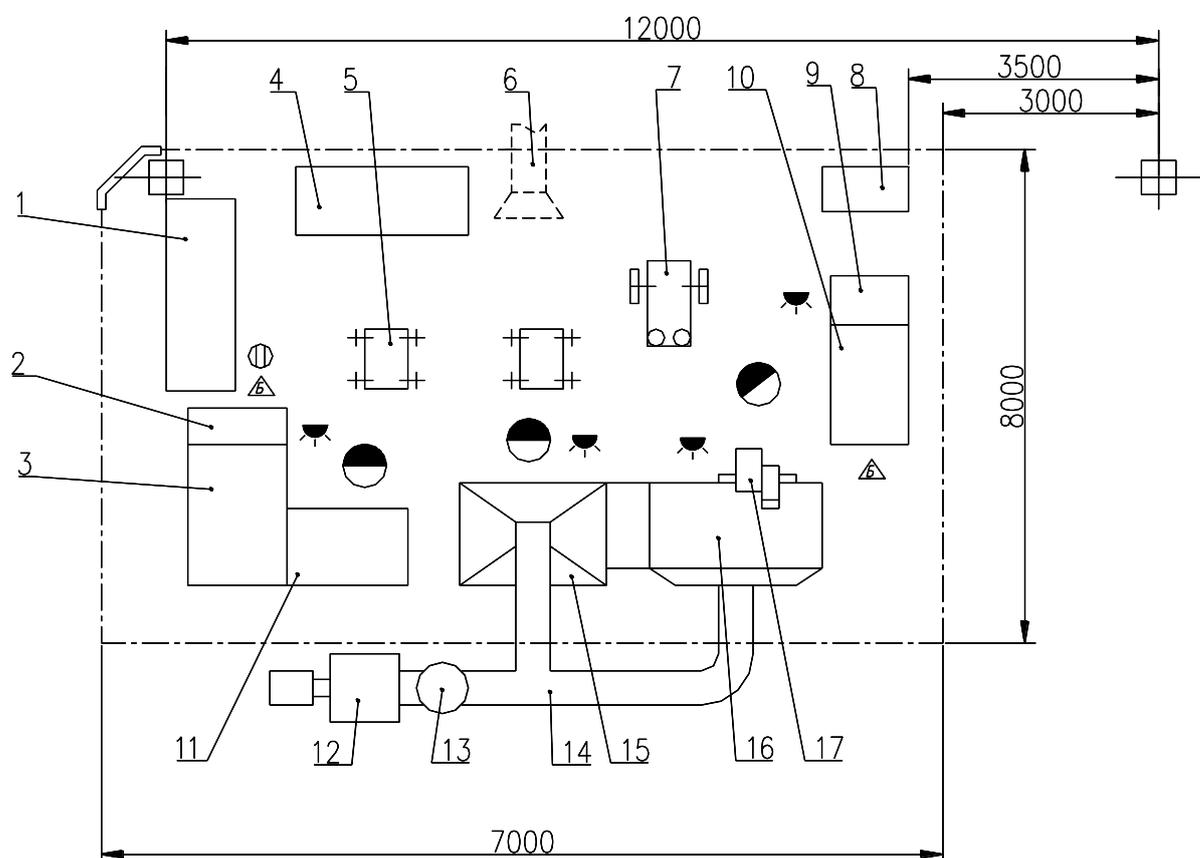


Рисунок 4.1 - Схема компоновочная участка сварки

Таблица 4.1 - Спецификация оборудования, инструментов для  
производственного участка.

№ позиции	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1	Стеллаж для хранения комплектующих	Хранение отрезков провода, предназначенного для соединения
2	Пост входного контроля	Осмотр провода на соответствие требованиям
3	Стол для удаления изоляции	Удаление слоя наружной изоляции,
4	Стеллаж для хранения ремонтного фонда и прочих инструментов	Хранение инструмента и узлов, деталей, для поддержания оборудования в работоспособном состоянии
5	Тележка для перевозки	Тележка для перевозки провода в бухтах и других тяжелых предметов
6	Приточная вентиляция	Обеспечение безопасных и комфортных условий для производственного персонала
7	Источник питания	Обеспечение напряжением клещей для нагрева
8	Стеллаж для хранения готовой продукции	Хранение готовых обмоток
9	Прибор контроля электросопротивления	Контроль электросопротивления соединения
10	Пост выходного контроля	Контроль паяных соединений
11	Верстак	Для выполнения слесарных работ
12	Вентилятор	Для удаления загрязненного воздуха из рабочей зоны
13	Пылеотделяющий циклон	Для очистки загрязненного воздуха перед выбросом его в атмосферу.
14	Вентиляционные каналы	Обеспечение удаления загрязненного воздуха
15	Вытяжной колпак	Сбор загрязненного воздуха у рабочего места
16	Стол для сборки под пайку	Сборка провода под пайку
17	Клещи для нагрева под пайку	Нагрев паяемых проводов до температуры пайки

Таблица 4.2 - Технологический паспорт участка сварки

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Материалы, вещества	Оборудование, устройство, приспособление	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию
1	Сварка шинопроводов	Подготовка комплектующих, контроль, сборка, сварка	Комплектуемые из стали, сварочная проволока, аргон	источник питания плазар, горелка.	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,

#### 4.2 Профессиональные риски.

Технология сварки переходников и шин сопровождается опасностями, которые вызываются разными причинами, и могут привести человека как временной так и полной нетрудоспособности, в зависимости от стечения обстоятельств или интенсивности воздействия.

Таблица 4.3 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	Подготовка комплектующих, контроль, сборка, сварка	Физические: Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	источник питания плазар, горелка, шины из алюминия сварочная проволока аргон.

### 4.3. Средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованные и предлагаемые для реализации в рамках дипломного проекта).

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Средства индивидуальной защиты работника	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора
1	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;		Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения.
2	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	респираторы	вентиляция
3	повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;	Спецодежда, перчатки	

Инструктаж по технике безопасности и обучение, первичный инструктаж на рабочем месте, ежеквартальный инструктаж являются общими для всех вредных факторов. Их не включаем в таблицу.

### 4.4 Пожарная и техногенная безопасность участка сварки.

Основой, обеспечивающей пожарную безопасность нашего предприятия, являются организационные мероприятия. Организационные мероприятия включают в себя разработку мер (правил) пожарной безопасности на предприятии (приказов, инструкций положений и т.п.).

Поэтому для борьбы с пожарами разработан комплексный план мероприятий.

. Противопожарными мероприятиями предусмотрены инструктажи и обучающие занятия с производственным персоналом. Назначаются ответственные лица, обеспечивающие исправность и готовность к работе всех устройств по обеспечению противопожарной безопасности.

Периодически проводятся проверки и учения с производственным персоналом.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Сварка шинопровода	источник питания Плазар, горелка	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Стационарные установки	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Не применяются	Пожарные автомобили (вызываются)	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Действия согласно плана эвакуации.	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении и начальника участка

#### 4.5. Экологическая безопасность участка сварки

Таблица 4.6 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта.	Воздействие технического объекта на литосферу растительного покрова и т.д.)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)
Сварка	Подготовка комплектующих, контроль, сборка, сварка	упаковка от сварочной проволоки, бумажная, полиэтиленовая;		Мелкодисперсные частицы; сажа;

Таблица 4.7 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтры в системе вентиляции участка задержат мелкодисперсные частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка различных контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов, с соответствующими надписями на них.

#### Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела выпускной работы бакалавра были выявлены опасные и вредные производственные факторы при сварке алюминиевых переходников с шинами.

Выполненный анализ возможности их устранения и уменьшения, показавший, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечит безопасность

работника при реализации предложенных в дипломном проекте технологических решений.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется.

Имеет место воздействие участка на экологию. Здесь крайне важно соблюдать технологический регламент, производственную санитарию и т.д..

## 5 Экономическая эффективность проекта

Базовый вариант сварки ручная дуговая сварка в среде аргона, TIG. В ходе выполнения выпускной работы бакалавра проекта разработана технология сварки, в котором производится плазменная сварка в аргоне с применением присадочной проволоки. Достоинства и недостатки данных вариантов приведены в сравнении в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Достоинства и недостатки базового и проектного варианта сварки

Базовый вариант	Проектный вариант
Производительность невелика, так как скорость сварки низкая.	Увеличенная плотность сварочного тока позволяет увеличить скорость сварки

### 5.1 Исходные данные для экономического обоснования

#### сравниваемых вариантов

Необходимые для проведения расчетов данные занесены в таблицу

### 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для расчета

№ п/п	Показатель	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базов.	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Цена присадочного материала:	Цэл	Руб/кг	470	470
2	Цена аргона	Цзг	Руб/М <sup>3</sup>	100	100
3	Программа годовая	Нпр	Шт	1000	1000
4	Коеф. доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Коеф. отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Норма отчислений на социальные нужды	Ксн	%	26,2	26,2
7	Цена оборудования	Цоб	Руб	30000	100000
8	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6
9	Коэф. полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,7
10	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
11	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м <sup>2</sup>	1800	1800
12	Площадь занимаемая оборудованием	S	М <sup>2</sup>	8	11
13	Коэф. Учитыв. Затраты на монтаж (демонтаж оборудования)	Кмонт	%		2
14	Нормативный коэф. экономической эффективности дополн. кап. вложений	Ен	-	0,33	0,33

5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки  
Штучное время определим по формуле:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

где  $t_{n-з}$  – подготовительно-заключительное время,  $t_{n-з} = 0,05\%$  от  $t_0$

$t_0 = t_м$  – основное (машинное) время.

$t_в$  – вспомогательное время  $t_в = 10\%$  от  $t_0$ .

$t_{отл}$  – время на отдых и личные надобности  $t_{отл} = 5\%$  от  $t_0$ ;

$t_{обсл}$  – время обслуживания рабочего места  $t_{обсл} = 8\%$  от  $t_0$ ;

$t_{н.п}$  – время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, в картах технологического процесса заложено 1% от  $t_0$ .

Машинное время для ручной и сварки на шинопровод определим по картам технологического процесса:

Базовый вариант

$$t_{обаз} = 1,8 \text{ мин.}$$

Проектный вариант

$$t_{опр} = 1,2 \text{ мин.}$$

Штучное время, базовый вариант

$$t_{штбаз} = 0,09 + 1,8 + 0,18 + 0,09 + 0,144 + 0,018 = 2,04 \text{ мин} = 0,034 \text{ час.}$$

Штучное время, проектный вариант

$$t_{штпроект} = 0,06 + 1,2 + 0,12 + 0,06 + 0,096 + 0,012 = 1,38 \text{ мин} = 0,023 \text{ час.}$$

### 5.3 Капитальные вложения в оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.2)$$

где:  $K_{пр}$  – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{соп}$  – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения:

$$K_{пр} = \Sigma Ц_{об} * k_3 \quad (5.3)$$

где  $\Sigma Ц_{об}$  – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.4)$$

где:  $N_{пр}$  – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$  – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

$\Phi_{эф}$  – эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час.

Для выполнения принятой  $N_{пр}$  принимаем целое число единиц оборудования ( $n_{об.прин}$ ).

Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитывается по формуле:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.5)$$

Фонд времени работы сварочного оборудования, Фэф составит 1812 час.

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{1000 * 2,04}{1812 * 60} = 0,18 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{1000 * 1,38}{1812 * 60} = 0,12 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,18}{1} = 0,18$$

$$k_{зпр} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

$$K_{прбаз} = 30000 * 0,18 = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{прпроект} = 100000 * 0,12 = 12000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{сов} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.7)$$

$K_{монт}$  – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{дем}$  – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{площ}$  – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{ОБЩ}^{БАЗ} = K_{пр} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩ}^{ПР} = 12000 + 20000 + 6000 + 5400 = 43400 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (5.8)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = 5400 / 1000 = 5,4 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 43400 / 1000 = 43,4 \text{ руб.}$$

## 5.4 Технологическая, цеховая и заводская себестоимость сравниваемых вариантов

### Затраты на материалы

#### Затраты на сварочные материалы

В базовом варианте

$$ЗМ_{СВПР} = ЗМ_{СВПР} + З_{ЗГ} \quad (5.12)$$

Затраты на электродную проволоку

$$ЗМ_{СВПР} = Ц_{ПР} * Н_{ПР}; \quad (5.13)$$

где  $Ц_{ПР}$  – цена электродной проволоки, руб/кг;

$Н_{ПР}$  = норма расхода электродной проволоки, кг.

По технологической карте  $Н_{ПР} = 0,005$  кг.

$$З_{ПРБАЗ} = 470 * 0,005 = 2,35 \text{ руб};$$

Затраты на защитный газ

$$З_{З.Г.} = Ц_{З.Г.} * Н_{З.Г.} \quad (5.14)$$

где  $Ц_{З.Г.}$  – цена защитного газа, руб/литр;

$Н_{рЗ.Г.}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму расхода защитных газов определяем по технологической карте:

$$Н_{З.Г.} = 3 \text{ литра.}$$

$$З_{З.Г.} = 0,1 * 3 = 1,15 \text{ руб.}$$

$$ЗМ_{баз} = З_{прб} + З_{зг} = 1,15 + 2,35 = 3,5 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта, затраты на проволоку определим по 5.12

$$З_{ПРПРОЕКТ} = 470 * 0,005 = 2,35 \text{ руб};$$

Затраты на защитный газ определим по 5.14

Норму расхода защитных газов для плазменной сварки  $Н_{З.Г.} = 4$  литра:

$$З_{З.Г.} = 0,1 * 4 = 0,4 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в проектном варианте

$$ЗМ_{пр} = З_{пр} + З_{зг} = 0,4 + 2,35 = 2,75 \text{ руб.}$$

### Расходы на электроэнергию

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{об}}{КПД} C_{э-э} \quad (5.30)$$

где  $P_{об}$  – полезная мощность оборудования, кВт;

$C_{э-э}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Полезную мощность оборудования определим по режимам сварки: сила тока и напряжение,

$$P_{оббаз} = 120 \cdot 23 = 2760 \text{ Вт} = 2,76 \text{ кВт}$$

Тогда

$$Z_{э-эб} = \frac{2,76 \cdot 0,03}{0,7} 2,2 = 0,26 \text{ руб.}$$

$$P_{обпроект} = 100 \cdot 20 = 2000 \text{ Вт} = 2 \text{ кВт}$$

Тогда

$$Z_{э-эпр} = \frac{2 \cdot 0,02}{0,7} 2,2 = 0,13 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} + Z_{в.тех} + Z_{сж.возд} \quad (5.32)$$

где  $A_{об}$  – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{т.р}$  – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

$Z_{в.тех}$  – затраты на воду техническую;

$Z_{сж.возд}$  – затраты на сжатый воздух.

Затраты на амортизацию оборудования

$$A_{об.} = \frac{C_{об} * N_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100}$$

где  $C_{об}$  – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$N_{об}$  – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{обб} = \frac{30000 \cdot 2,04 \cdot 18}{1812 \cdot 100} = 0,1 \text{ руб}$$

$$A_{обпр} = \frac{100000 \cdot 1,38 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,22 \text{ руб}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р} = \frac{C_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.33)$$

где  $H_{т.р}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

$$P_{т.р.б} = \frac{30000 * 35 * 0,18}{1812 * 100} = 1,04 \text{ руб.}$$

$$P_{т.р.пр} = \frac{100000 * 35 * 0,12}{1812 * 100} = 2,31 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$Z_{оббаз} = 0,1 + 1,04 = 1,14 \text{ руб.}$$

$$Z_{обпроект} = 0,22 + 2,31 = 2,53 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$Z_{плоч} = \frac{C_{плоч} * S_{плоч} * H_{амплоч} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60} \quad (5.34)$$

где:  $C_{плоч}$  – цена  $1\text{ м}^2$  производственной площади, руб.;

$H_{амплоч}$  – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{плоч}$  – площадь, занимаемая сварочным оборудованием,  $\text{м}^2$ ;

Базовый

$$Z_{плоч} = \frac{3000 * 8 * 2 * 2,04}{11812 * 100 * 60} = 0,06 \text{ руб.}$$

Проектный

$$Z_{плоч} = \frac{3000 * 11 * 2 * 1,38}{1812 * 100 * 60} = 0,08 \text{ руб.}$$

Заработная плата основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Фонд заработной платы

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}}.$$

Основная заработная плата.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}}$$

где  $C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{\text{шт}}$  – норма штучного времени, час;

$k_{\text{зпл}}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату, 1,81

$$\text{ЗП}_{\text{оснб}} = 0,034 \cdot 57,55 \cdot 1,81 = 2,4 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{оснпр}} = 0,023 \cdot 57,55 \cdot 1,81 = 1,62 \text{ руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{д}}$  – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$\text{ЗП}_{\text{допбаз}} = 2,4 \cdot 12 / 100 = 0,29 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{доппр}} = 1,62 \cdot 12 / 100 = 0,19 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{баз}} = 2,4 + 0,29 = 2,69 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{пр}} = 1,62 + 0,19 = 1,81 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot N_{\text{соц}} / 100 \quad (5.36)$$

где  $N_{\text{соц}}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Базовый

$$O_{\text{снбаз}} = 2,69 \cdot 30 / 100 = 0,7 \text{ руб.}$$

Проектный

$$O_{\text{снпр}} = 1,81 \cdot 30 / 100 = 0,47 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость.

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3\text{М} + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \text{ФЗП} + \text{О}_{\text{СН}} \quad (5.37)$$

Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.38)$$

где  $P_{\text{Цех}}$  – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.39)$$

где  $K_{\text{Цех}}$  – коэффициент цеховых расходов, %;

$3_{\text{ОСН}}$  – основная заработная плата рабочих, руб.

Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.40)$$

где  $P_{\text{Зав}}$  – сумма заводских расходов, руб.

$K_{\text{Зав}}$  – коэффициент общезаводских расходов, %

Результаты расчетов себестоимости сварки шинопровода сводим в таблицу

### 5.3

Таблица 5.3 - Калькуляция себестоимости

№ п/п	Наименование затрат	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	проект
1	Материалы вспомогательные	3М	3,5	2,65
2	Электроэнергия	3э-э	0,26	0,13
3	Заработанная плата	ФЗП	2,69	1,81
4	Социальные нужды	Осн	0,7	0,47
5	Содержание и эксплуатация оборудования	3об	0,28	0,23
6	Площади	3пл	0,06	0,08
	Себестоимость технологическая	Стех	8,35	7,67
7	Цеховые расходы		5,16	3,48
	Себестоимость цеховая	Сцех	21,07	11,15
8	Заводские расходы		4,56	3,07
	Себестоимость заводская	Сзав	25,63	14,22

## 5.5 Расчет показателей экономической эффективности

Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения себестоимости изготовления изделия

$$\text{Прож} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (C_{\text{ЗAB}}^{\text{ПП}} - C_{\text{ЗAB}}^{\text{БАЗ}}) \cdot \text{NГ} \quad (5.41)$$

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (25,63 - 14,22) \cdot 10000 = 114100 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект

Годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования, рассчитаем по формуле:

$$\text{ЭГ} = [(C_{\text{ЗAB}}^{\text{ПП}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{удБ}}) - (C_{\text{ЗAB}}^{\text{БАЗ}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{удПР}})] \cdot \text{NГ} \quad (5.45)$$

$$\text{ЭГп} = [(25,63 + 0,33 \cdot 0,54) - (14,22 + 0,33 \cdot 4,34)] \cdot 10000 = 101560 \text{ руб.}$$

Окупаемость капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общ}}^{\text{ПП}}}{\text{Прож}} \quad (5.46)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{43400}{114100} = 0,5 \text{ года}$$

Сравнительная экономическая эффективность

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{0,5} = 2 > E_{\text{н.}}$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (5.47)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,034 - 0,023}{0,034} \cdot 100\% = 32\%$$

Снижение трудоемкости произошло вследствие повышения скорости сварки

Показатель повышения производительности труда

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.48)$$

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 32}{100 - 32} = 47\%$$

#### Выводы по разделу

Капитальные вложения в размере 43400 руб. окупятся за 0,5 года. Годовой экономический эффект составит 101560 руб. Коэффициент сравнительной экономической эффективности составит 2, он превышает нормативный, следовательно технические предложения можно внедрять в производство.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ конструктивных особенностей шинопроводов, и базового  
Анализ возможных вариантов сварки алюминия позволил рекомендовать  
плазменный нагрев. Разработан технологический процесс плазменной  
сварки. Проведенные исследования прочности позволили рекомендовать  
режимы и марку присадочной проволоки. Для реализации разработанного  
техпроцесса выбран аппарат Плазар.

За счет внедрения высокопроизводительных технических решений  
предполагается получить годовой экономический эффект в сфере  
производства в размере 100000 руб.

Цель работы достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
3. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
4. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
5. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : введ. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
6. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
7. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
8. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
9. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
10. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф.

- "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003.  
- 13 с.
11. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
  12. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
  13. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
  14. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
  15. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
  16. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
  17. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
  18. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
  19. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
  20. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
  21. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.