






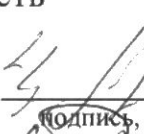

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

 УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 10 » 06 2016г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ТРЕХФАЗНОЙ ДУГОЙ
КОСВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Пояснительная записка

Руководитель	 17.06.16 подпись, дата	ст. преподаватель	А.А. Безруких инициалы, фамилия
Выпускник	 17.06.16 подпись, дата		А.В. Букал инициалы, фамилия
Рецензент	 18.06.16 подпись, дата	доцент К.Т.Н.	Берздук В.Г. инициалы, фамилия
Консультанты: Организационно- экономический раздел	 26.05.16 подпись, дата	ст. преподаватель	Е.Е. Качуровская инициалы, фамилия
Раздел безопасность и экологичность проекта	 12.05.16 подпись, дата	К.Т.Н., доцент	О.В. Чурбакова инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 17.06.16 подпись, дата	ст. преподаватель	С.Л. Бусыгин инициалы, фамилия

Красноярск 2016

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 20 » 06 2016г.

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

Студенту Букал А.В.

Группа ЗМТ 10-05 Направление (специальность) 150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»

Тема выпускной квалификационной работы: «Исследование процесса наплавки трехфазной дугой косвенного действия»

Утверждена приказом по университету № 4280/с от 29.03.2016

Руководитель ВКР: А.А. Безруких, ПИ СФУ, Старший преподаватель
(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР: 1. Цели и задачи исследований; 2. Данные литературы

Перечень рассматриваемых вопросов(разделов ВКР):

1. Литературный обзор
2. Конструкторский раздел
3. Научно-исследовательский раздел
4. Организационно-экономический раздел
5. Безопасность и экологичность проекта

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

1. Цель и задачи работы (А1);
- 2.Способ наплавки трехфазной дугой косвенного действия (А1);
3. Схема установки для проведения исследований(А1);
4. Исследование образцов наплавки (А1);
5. Старт процесса с применением расщепленной дуги (А1);
6. Особенности процесса горения расщепленной дуги (А1);
7. Исследование процесса переноса металла при наплавке расщепленной дугой (А1);
8. Исследование процесса переноса металла при наплавке косвенной трехфазной дугой (А1);
9. Смета затрат на проведение НИР (А1).

Консультанты по разделам

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

ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ

Разраб.	Букал А.В.		19.06.16	Исследование процесса наплавки трехфазной дугой косвенного действия	Каф. «Машиностроение»
Пров.	Безруких А.А.		17.06.16		
Н. контр.	Бусыгин С.Л.		17.06		
Утв.	Демченко А.И.		22.06		
				Лист	Листов
				2	96

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения этапов ВКР

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

ЛПО - литературно-патентный обзор

НИЧП – технологическая часть

КЧП – конструкторская часть

Б и ЭП – безопасность и экологичность проекта

ОЭЧ – организационно-экономическая часть

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись, дата)

_____ А.А. Безруких

Задание принял к исполнению

(подпись, дата)

_____ А.В. Букал

						<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				3

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа в форме дипломного проекта по теме: «Исследование процесса наплавки трехфазной дугой косвенного действия» содержит 16 таблиц, 31 иллюстрацию и 96 страницы печатного текста, количество использованных литературных источников 19, графическая часть проекта оставляет 9 листов формата А1.

В квалификационной работе определены особенности горения косвенной трехфазной дуги на различных режимах. Построен график зависимости доли участия основного в наплавленном и производительности от силы сварочного тока. Разработан способ, обеспечивающий надежное сплавление основного и наплавленного металла после старта процесса за счет применения расщепленной дуги. Определены особенности горения расщепленной дуги, рассмотрены варианты переноса электродного металла при наплавке этим способом. Выяснено, что при использовании электродов диаметром 3 мм благоприятный перенос металла происходит на токах свыше 110 А. На основании этого установлено, что для успешного перехода с расщепленной дуги на независимую трехфазную необходимо обеспечить плотность тока в электродах не менее 16 А/мм². В результате проведенных экспериментов установлено, что обеспечить перенос металла без коротких замыканий между каплями при горении косвенной трехфазной дуги возможно только при плотности тока в электродах свыше 12 А/мм². Полученные результаты подтверждены фотографиями и осциллограммами процессов.

Также решены вопросы по обеспечению безопасности и экологичности проекта. Приведены затраты на проведение НИР.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

Содержание

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	10
1.1 Известные способы многоэлектродной ручной дуговой наплавки.	11
1.1.1 Электродуговая наплавка металлическим электродом с присадочным прутком	11
1.2. Наплавка пучком электродов	12
1.3. Ручная наплавка трехфазной дугой	15
1.3.1 Сущность способа наплавки трехфазной дугой.	15
1.3.2. Метод работы трехфазной дуги	16
1.3.3. Оборудование для ручной наплавки трехфазной дугой.	17
1.3.4. Электроды для наплавки трехфазной дугой	21
1.3.5. Режимы наплавки трехфазной дугой	21
2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	26
2.1 Изготовление специальных электродов.	27
2.2 Установка для трехфазных процессов.	28
2.3 Подключение ZET 210 к установке для исследования трехфазных процессов наплавки.	30
2.4 Расчет и изготовление делителя напряжения.	34
2.5 Обеспечение гальванической развязки между фазами источника	38
2.6 Уменьшение напряжения с помощью трансформатора.....	41
2.7 Схема установки с модулем ZET 210.	41
3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ.....	43
3.1 Преимущества и особенности способа наплавки независимой трехфазной дугой покрытыми электродами.	44
3.2 Методика проведения экспериментов и обработки полученных результатов.	47
3.3 Зажигание независимой трехфазной дуги.....	51
3.3.1 Особенности зажигания трёхфазной дуги.	51
3.3.2 Зажигание независимой трёхфазной дуги с использованием нулевого провода.	52

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ					

3.4	Зависимость доли участия основного металла в наплавленном и производительности от силы тока при наплавке независимой трехфазной дугой.....	53
3.5	Особенности проплавления основного металла после старта процесса горения независимой трехфазной дуги.....	59
3.6	Применение наплавки расщепленной дугой для старта процесса наплавки независимой дугой.....	60
3.7	Исследование процесса ручной дуговой наплавки расщепленным электродом тремя стержнями.....	62
3.8	Определение способа переноса электродного металла при наплавке расщепленной дугой.....	67
3.9	Определение способа переноса электродного металла при наплавке расщепленной дугой.....	67
4.	БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	72
	Введение.....	73
4.1	Идентификация опасных и вредных факторов при экспериментальных работах	73
4.2	Вредные и опасные факторы воздействия на работающего	76
4.2.1	Расчёт местной вытяжной вентиляции.....	77
4.3	Обеспечение пожарной безопасности	79
4.4	Требования пожарной безопасности к электроустановкам по ПУЭ-2007	80
4.5	Заключение	82
5.	ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	83
5.1	Разработка сетевого графика для исследовательской работы	84
	Заключение.....	95
	Список литературы.....	96

Введение

Большое количество деталей машин и механизмов выходит из строя в процессе эксплуатации вследствие истирания, ударных нагрузок, эрозии и т. д. Современная техника располагает различными методами восстановления и упрочнения деталей для повышения срока их службы.

Одним из методов восстановления и упрочнения деталей является наплавка. Наплавка - это нанесение слоя металла на поверхность заготовки или изделия посредством сварки плавлением. Различают наплавку восстановительную и изготовительную.

Восстановительная наплавка применяется для получения первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл близок по составу и механическим свойствам основному металлу.

Изготовительная наплавка служит для получения многослойных изделий. Такие изделия состоят из основного металла (основы) и наплавленного рабочего слоя. Основной металл обеспечивает необходимую конструкционную прочность. Слой наплавленного металла придает особые заданные свойства: износостойкость, термостойкость, коррозионную стойкость и т.д.

Таким образом, наплавку производят не только при восстановлении изношенных, но и при изготовлении новых деталей машин и механизмов. Наиболее широко наплавка применяется при ремонтных работах. Восстановлению подлежат корпусные детали различных двигателей внутреннего сгорания, распределительные и коленчатые валы, клапаны, шкивы, маховики, ступицы колес и т.д. наплавку можно производить почти всеми известными способами сварки плавлением. Каждый способ

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

наплавки имеет свои достоинства и недостатки. Важнейшие требования, предъявляемые к наплавке, заключаются в следующем:

- 1) минимальное проплавление основного металла;
- 2) минимальное значение остаточных напряжений и деформаций металла в зоне наплавки;
- 3) занижение до приемлемых значений припусков на последующую обработку деталей.

Однако не все способы наплавки могут обеспечить выполнение предъявляемых требований. Выбор способа наплавки определяется возможностью получения наплавленного слоя требуемого состава и механических свойств, а также характером и допустимой величиной износа. На выбор способа наплавки оказывают влияние размеры и конфигурация деталей, производительность и доля основного металла в наплавленном слое. Несмотря на невысокие показатели приведенных характеристик ручная дуговая наплавка штучными электродами является наиболее универсальным способом, пригодным для наплавки деталей различных сложных форм и может выполняться во всех пространственных положениях.

Для наплавки используют электроды диаметром 3 - 6 мм. Для обеспечения минимального проплавления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока составляет 11-12 А/мм².

К недостаткам ручной дуговой наплавки можно отнести относительно низкую производительность, тяжелые условия труда из-за повышенной загазованности зоны наплавки, а также сложность получения необходимого качества наплавленного слоя и большое проплавление основного металла.

Цель данной работы - исследование и развитие способа ручной дуговой наплавки независимой трехфазной дугой, позволяющего

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

увеличить производительность процесса наплавки и значительно уменьшить проплавление основного металла.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1.1 Известные способы многоэлектродной ручной дуговой наплавки.

1.1.1 Электродуговая наплавка металлическим электродом с присадочным прутком /2,3,4/

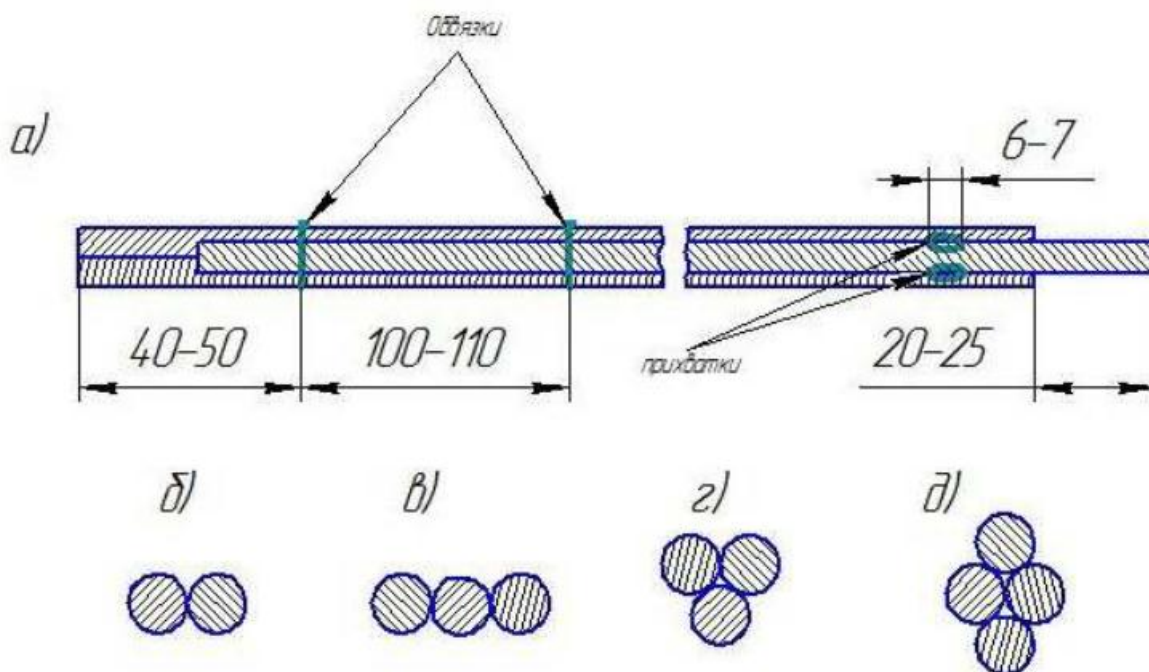
Способ наплавки состоит в том, что сварщик правой рукой производит наплавку электродом, находящимся под током и в то же время левой рукой вводит присадочный пруток в зону электрической дуги. Для ускорения плавления присадочного прутка, сварщик время от времени прижимает кромку присадочного прутка к кромке электрода. При этом через конец присадочного прутка периодически проходит сварочный ток и тогда дуга горит уже между концом присадочного прутка и деталью. Таким образом, манипулируя правой и левой рукой, сварщик добивается быстрого плавления электрода и присадочного прутка. Этот способ наплавки требует от сварщика внимания и навыка. Плотность тока при наплавке с присадкой берется на 15-20% больше, чем обычно. Диаметр присадочного прутка на 1-2 мм больше диаметра электрода. Изготавливаются присадочные прутки из углеродистой, легированной или высоколегированной сварочной или наплавочной проволоки в зависимости от требований, предъявляемых к наплавленному металлу. Этот способ повышает производительность наплавочных работ до 30-40% за счет более полного использования тепла электрической дуги, увеличения количества одновременно плавящегося металла, уменьшение времени, необходимого для смены электродов, и увеличения плотности тока наплавки. Кроме этого, здесь имеется возможность в разной степени легировать наплавленный металл за счет введения в сварочную ванну необходимого количества присадочной легированной проволоки. Иногда вместо легированной проволоки вводят чугунные прутки или полоски из

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

листовой стали толщиной 1,0-1,5 мм в виде желобка, в котором находятся ферросплавы, замешанные на жидком стекле.

1.2. Наплавка пучком электродов /2,3,4/

Следующим высокопроизводительным способом при ремонте деталей машин является наплавка металла пучком электродов. Пучок электродов представляет собой несколько сложенных вместе электродов, скрепленных между собой обвязкой и прихватками (рис. 1,а). Количество электродов в пучке бывает два, три, четыре. Зависит это от характера наплавочных работ, а также от квалификации и навыков сварщика. В случае необходимости наплавки низкими и широкими валиками применяют пучки из двух (рис. 1, б) или трех (рис. 1, в) электродов, скомпонованных в ряд. Для наплавки более узким, но высокими валиками применяют пучки из трех электродов, скомпонованных треугольником (рис. 1, г), или из четырех электродов (рис. 1, д).



а-общий вид; б, в, г, д- вид в разрезе.

					ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Рисунок 1.1 - Пучки электродов

Обычно на ремонтных предприятиях пучки изготавливают подсобные рабочие. Электроды в пучке складывают, как можно плотнее друг к другу.

Один из электродов выдвигают вперед на 20-25 мм (рис. 1, а), чем экономится электродный металл при наплавке, так как у таких пучков после их расплавления остается огарок только от одного электрода длиной 15-20 мм. После обвязки в каждом пучке делают прихватки на том его конце, которым пучок вставляется в электрододержатель. Прихватки выполняются электродами диаметром 3-4 мм с любым электродным покрытием при пониженной плотности тока.

Переход на наплавку пучком электродов не требует дополнительного сварочного оборудования, чем значительно облегчается внедрение этого способа. Процесс плавления электродов в пучке происходит несколько иначе, чем одиночного электрода. Возбуждается электрическая дуга обычным приемом и возникает она сначала на том электроде пучка, конец которого в данный момент окажется ближе к поверхности детали и дуговой промежуток которого будет иметь наименьшее омическое сопротивление.

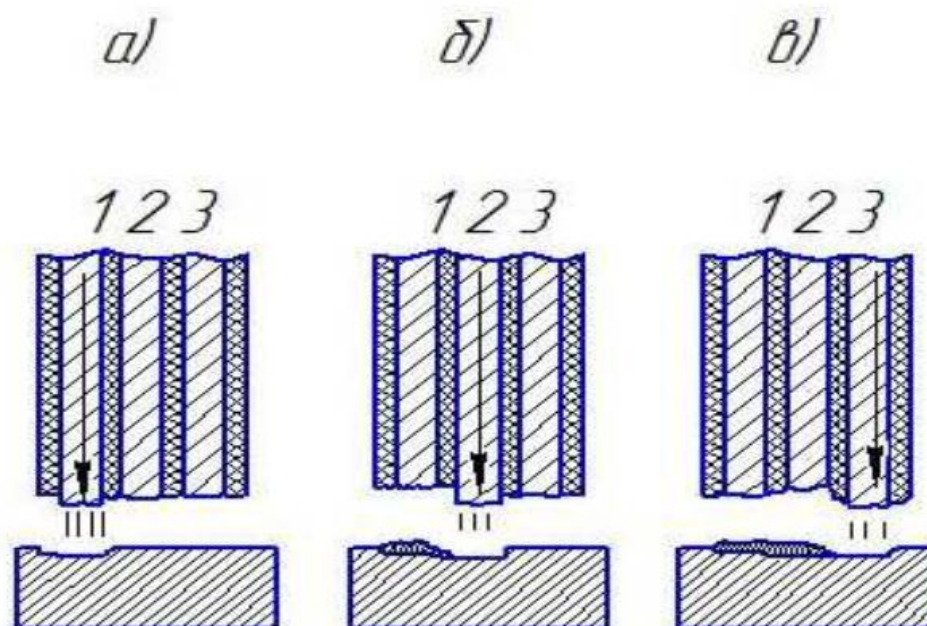


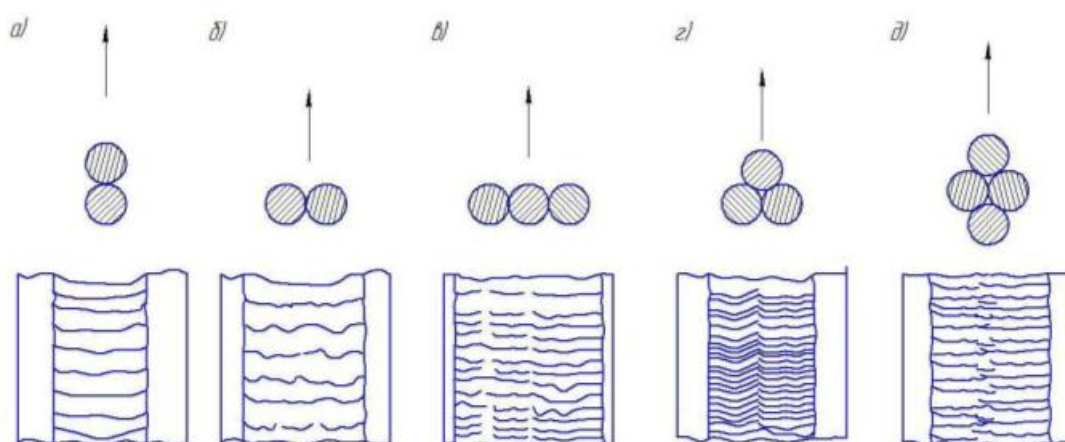
Рисунок 1.2 - Схема горения дуги в пучке электродов (тремя).

Допустим, что таким электродом в пучке оказался электрод 1 (рис. 1.2, а). После оплавления конца электрода 1 расстояние между ними и деталью, а также омическое сопротивление дуги увеличиваются, вследствие чего последняя автоматически перейдет на следующий электрод пучка, который к этому моменту окажется ближе к поверхности наплавляемой детали. Предположим, что таким электродом теперь оказался электрод 2 (рис. 1.2, б). Через небольшой промежуток времени по той же причине дуга снова перейдет на следующий электрод 3, оказавшийся ближе к поверхности детали (рис. 1.2, в) и т. д. Такие переходы электрической дуги с электрода на электрод повторяются несколько раз в секунду и происходят автоматически. Вследствие периодического плавления каждого электрода в пучке и более развитого сечения пучка в сравнении с одним электродом, тепло дуги при наплавке пучком рассредоточивается на значительно большую площадь. Это снижает степень местного нагрева детали и приводит к уменьшению глубины проплавления основного металла, что при наплавочных работах является положительным фактором, особенно для углеродистых и легированных сталей и чугуна. Наплавку пучком электродом выполняют на переменном или постоянном токе на режимах, приведенных, таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Режимы наплавки пучком электродов.

Параметры	Количество электродов в пучке в шт.							
	2	2	2	3	3	3	4	4
Диаметр электродов в мм	3+3	4+4	5+5	3+3+3	4+4+4	5+5+5	3+3+3 +3	4+4+4 +4
Сила сварочного Тока в а	120- 150	180- 250	250- 300	200- 250	230- 280	300- 350	230- 270	280- 320

Пучок перемещают прямолинейно по направлению наплавки без поперечных колебательных движений, а положение его по отношению к наплавленному валику зависит от характера наплавочных работ (рис. 1.3)



а – наплавка узких валиков двумя электродами; б – наплавка широких валиков двумя электродами; в – наплавка широких валиков тремя электродами; г – наплавка узких валиков тремя электродами; д – наплавка четырьмя электродами.

Рисунок 1.3 - Расположение пучка электродов при наплавке.

Увеличение производительности наплавочных работ пучком электродов в сравнении с одинарным электродом достигается главным образом за счет более полного использования тепла электрической дуги, применения повышенных сварочных режимов, уменьшения времени, необходимого для смены электродов и зачистки металла от шлака, брызг и налетов окислов.

1.3. Ручная наплавка трехфазной дугой /1/

1.3.1 Сущность способа наплавки трехфазной дугой.

Ручная наплавка трехфазной дугой выполняется двумя параллельными и изолированными друг от друга металлическими электродами. Электроды находятся в двухфазном электрододержателе. К месту сварки подводятся три

фазы переменного сварочного тока: два к металлическим электродам, а третья - к направляемой детали. Во время наплавки трехфазной дугой одновременно горят три однофазных дуги в одном общем факеле, взаимно друг на друга, на электроды и на наплавляемую деталь. Это взаимодействие значительно увеличивает производительность наплавочных работ, уменьшает удельный расход электроэнергии и усиливает ионизацию дугового промежутка.

Такой способ наплавки обладает отдельным регулированием силы сварочного тока в каждой фазе. Уменьшая силу тока в наплавляемой детали и увеличивая ее на электродах, получаем наиболее рациональный режим наплавочных работ, при котором проплавление основного металла будет неглубоким, но достаточным для сплавления основного металла с наплавленным, а количество наплавленного металла наибольшим.

Возможность широкого регулирования глубины проплавления металла деталей машин и количества тепла, выделяющегося на этих деталях, создает предпосылки для широкого внедрения ручной сварки и наплавки трехфазной дугой легированных сталей, чугуна и цветных металлов.

1.3.2. Метод работы трехфазной дугой /1,4/

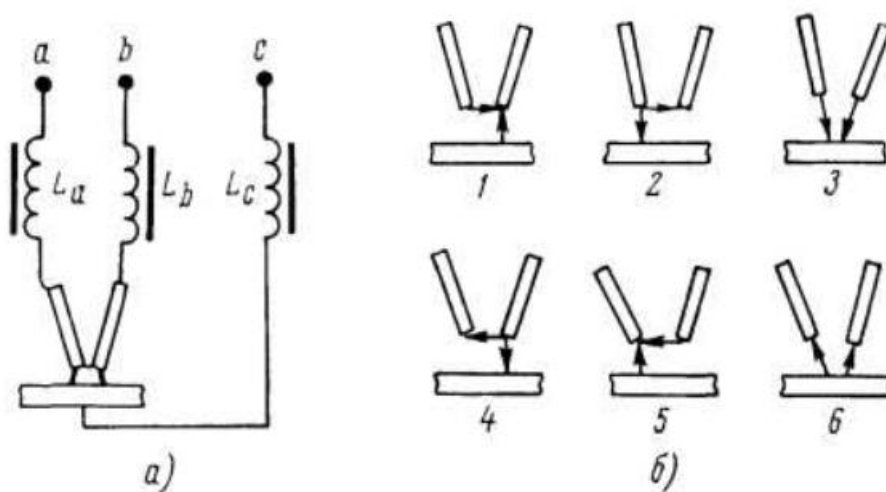


Рисунок 1.4 - Трехфазная дуга.

Возникают три одновременно горящие сварочные дуги: по одной между каждым из электродов и металлом и дуга между электродами (рис. 1.4, б). При этом выделяется большое количество тепла, в результате чего возрастает скорость плавления электродов, производительность сварки увеличивается в 2—3 раза по сравнению со сваркой однофазной дугой. Последовательность и длительность горения каждой из трех дуг зависит от последовательности и чередования фаз и параметров сварочной цепи. Напряжение и ток в дугах также могут существенно изменяться путем изменения расстояния между электродами и индуктивностей L_a , L_b , L_c в цепи каждой фазы. Важнейшей технологической особенностью трехфазной дуги, обуславливающей ее техническое применение, является возможность регулирования с помощью индуктивностей L_a , L_b и L_c мощности и теплоты, расходуемой на плавление электродов и основного металла. Так, увеличивая токи i_a и i_b и уменьшая ток i_c (см. рис. 1.4), можно повысить долю присадочного металла в шве или наплавке и уменьшить интенсивность плавления основного металла. Применяя в качестве одного из стержневых электродов легированную проволоку, можно менять состав наплавленного металла за счет изменения тока на эту проволоку и т. д.

1.3.3. Оборудование для ручной наплавки трехфазной дугой.

Пост для ручной наплавки трехфазной дугой должен иметь сварочные трансформаторы, электромагнитный контактор, двухфазный электрододержатель, металлический стол или кондуктор, вентиляционную установку и вспомогательное оборудование.

При ручной наплавке трехфазной дугой удобнее всего пользоваться специальной сварочной установкой типа 3-ТС. Однако ограниченный выпуск их заставляет пользоваться обычным сварочным оборудованием типа СТЭ и СТ. В этом случае на каждом сварочном посту обычно устанавливается два сварочных трансформатора и два или три регулятора тока. Сварочные

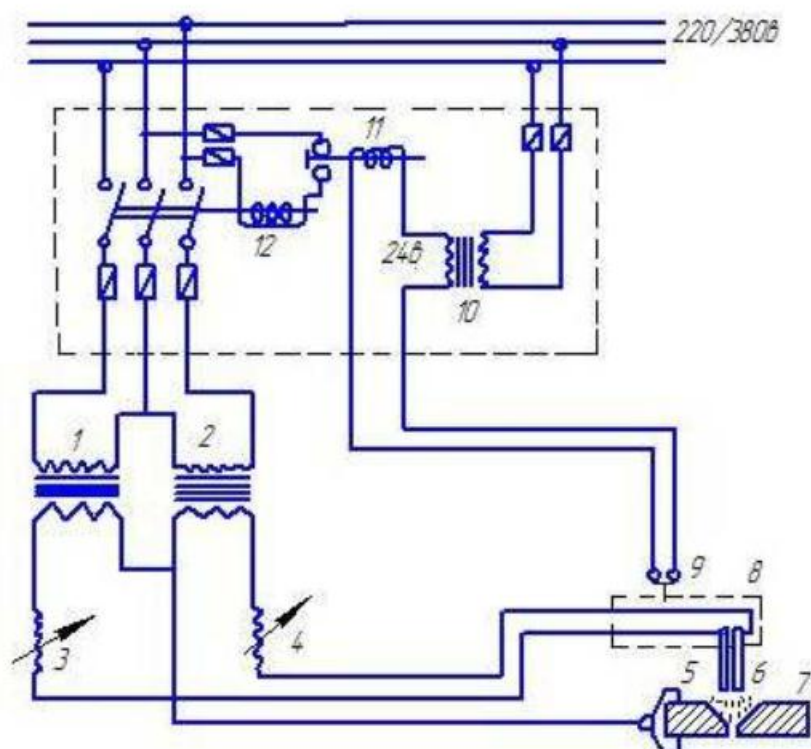
					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

трансформаторы одного и того же сварочного поста должны иметь одинаковое напряжение холостого хода и, по возможности, одинаковую мощность. Однотипными должны быть и регуляторы силы сварочного тока.

Два сварочных трансформатора и два регулятора тока ставятся на один сварочный пост в том случае, когда выполняются наплавочные работы без необходимости регулирования силы тока в наплавляемых деталях машин. Схема включения оборудования приведена на рис. 5.

Неправильное включение сварочных трансформаторов приводит к повышению напряжения холостого хода между некоторыми фазами до 118 в, бурному горению трехфазной дуги с сильным разбрызгиванием жидкого металла и шлака, большему нагреву электродов и невозможности ведения наплавки. Поэтому сразу же после включения трансформаторов необходимо проверить величину напряжения холостого хода в фазах между электродами и между каждым электродом и деталью. Если напряжение не превышает 65-70 в, то трансформаторы включены правильно. Сила тока в двояной фазе (изделие) в 1,73 раза больше, чем в каждой фазе электродов.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

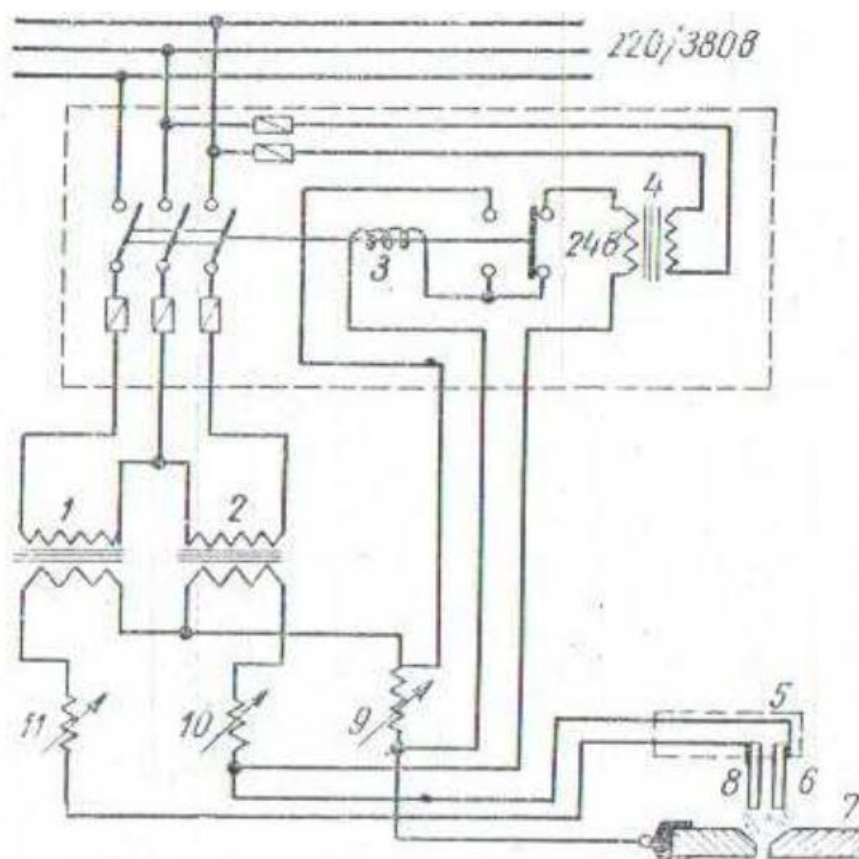


1 и 2 – сварочные трансформаторы; 3 и 4 – регуляторы тока; 5 и 6 – электроды; 7 – наплавляемая деталь; 8 – двухфазный электрододержатель; 9 – выключатель электромагнитного контактора; 10 – вспомогательный понижающий трансформатор; 11 и 12 – однополюсный и трехполюсный электромагнитный контактор.

Рисунок 1.5 - Схема включения сварочного оборудования типа СТЭ при наплавке трехфазной дугой с двумя регуляторами тока.

Три регулятора тока (по одному на каждой фазе) включается тогда, когда необходимо регулировать величину тока не только на электродах, но и в наплавляемой детали. Это необходимо, когда глубина проплавления основного металла должна быть небольшой, а количество наплавляемого металла в единицу времени как можно большим. Для этой цели сила тока в ремонтируемой детали устанавливается минимальной, а на электродах – максимально возможной. Такое регулирование тока приводит к экономии электроэнергии, к уменьшению местного нагрева ремонтируемой детали, ослаблению внутренних напряжений и короблений, а также к ослаблению температурного воздействия трехфазной дуги на структурные и химические

изменения металла в зоне наплавки. Кроме этого, включение трех регуляторов тока в сварочную цепь дает возможность более равномерно загружать трехфазную силовую сеть. Схема включения трех регуляторов тока приведена на рис. 1.6. Для гашения междуэлектродной дуги используется электромагнитные контакторы, которые чаще всего ставятся в цепь высокого напряжения, питающую сварочные трансформаторы.



1 и 2 – сварочные трансформаторы; 3 – трехполюсный электромагнитный контактор; 4 – вспомогательный понижающий трансформатор; 5 – двухфазный электрододержатель; 6 и 8 – электроды; 7 – направляемая деталь; 9, 10 и 11 – регулятор тока.

Рисунок 1.6 - Схема выключения трех регуляторов тока при наплавке трехфазной дугой.

Наплавка трехфазной дугой выполняется с помощью двухфазного электрододержателя. Он отличается от обычного однофазного

электрододержателя тем, что состоит из двух самостоятельных и изолированных друг от друга частей. Это дает возможность подводить к двум, тоже изолированным друг от друга, электродам две разные фазы переменного тока.

Наличие в электрододержателе двух групп токоведущих частей усложняет его конструкцию. От совершенства конструкций этого электрододержателя в значительной степени зависит удобство работы и успех внедрения наплавки трехфазной дугой.

1.3.4. Электроды для наплавки трехфазной дугой /1,4/

Для наплавки применяются обычные или наплавочные электроды, электродное покрытие которых должно хорошо изолировать электродные стержни друг от друга. Диаметры и марки одновременно применяемых электродов должны быть одинаковы.

1.3.5. Режимы наплавки трехфазной дугой /1,4/

Сила тока на каждом из двух электродов для равномерного плавления их устанавливается одинаковой. Глубина провара и правильное формирование сварного шва зависят от положения электродов по отношению к наплавляемой детали, а также от скорости перемещения электродов по направлению наплавки. Положение электродов определяется углом их наклона, длиной дуги и поперечным или продольным расположением спаренных электродов относительно наплавляемого валика. Угол наклона электродов (рис. 1.7) изменяется от 60 до 75°. Угол наклона принимается таким, при котором обеспечивается перемещение жидкого металла и шлака из-под основания сварочной дуги в сторону наплавляемого валика. При чрезмерно большом угле наклона жидкий шлак и металл затекают на

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

нерасплавленный металл детали вперед дуги, вследствие чего глубина провара уменьшается и возможен даже непровар.

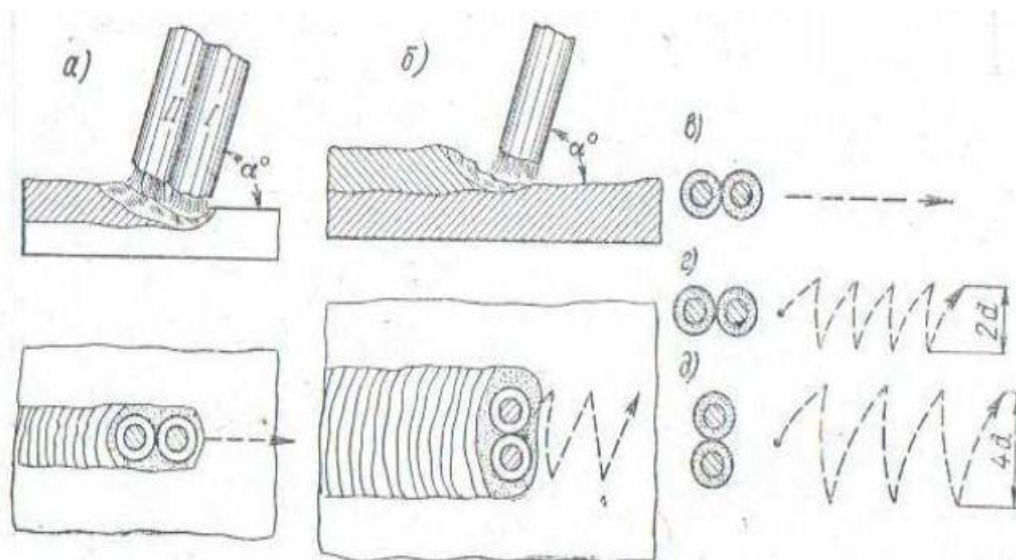


Рисунок 1.7 - Расположение и перемещение спаренных электродов при наплавке.

При малом угле наклона жидкий металл и шлак сильно выдуваются дугой, чем нарушается правильное формирование валика наплавленного металла; поверхность и кромки валика становятся неровными; значительно увеличивается разбрызгивание жидкого металла и шлака.

По отношению к наплавленному валику, спаренные электроды располагаются вдоль (рис. 1.7, а) или поперек (рис. 1.7, б) валика. Продольное расположение электродов применяют в том случае, когда наплавку производят в узком и мало доступном для электродов месте, а также когда нужно получить узкий, но более высокий слой наплавленного металла. Поперечное расположение электродов более рационально: кромки валика хорошо проплавляются; валик наплавленного металла получают более широкими, но менее высокими, чем при продольном расположении электродов.

Спаренные электроды перемещают прямолинейно (рис. 1.7, в) или с поперечным колебанием (рис. 1.7, г, д). последнее применяют для получения более широкого валика наплавленного металла. Ширина поперечного перемещения у продольно расположенных электродов составляет не более двух диаметров электрода, а у поперечно расположенных – не более четырех. Скорость наплавки ручной трехфазной дугой в среднем находится в пределах 10-20 м/ч. В отдельных случаях бывают значительные отклонения в ту или другую сторону. Она зависит от толщины стенки наплавляемой детали, диаметра электрода, плотности сварочного тока, площади поперечного сечения наплавляемого валика. Скорость наплавки трехфазной дугой оказывает влияние на глубину провара в большей степени, чем это имеет место при ручной наплавке однофазной дугой. Незначительное уменьшение скорости наплавки часто приводит к прожогам металла, что особенно опасно при небольшой его толщине.

Для получения одного слоя наплавленного металла толщиной до 3-4 мм спаренные электроды диаметром 5 мм располагают поперек наплавляемого валика и во время наплавки им придают поперечное колебательное перемещение. В этом случае ширина каждого валика доходит до 30 мм и более. Слой наплавленного металла толщиной свыше 4 мм получается при продольном расположении спаренных электродов. Во время наплавки им также придают небольшое поперечное колебательное перемещение, при этом получают валики шириной до 20 мм.

Ширина и высота валиков зависят не только от диаметра электрода, но и от величины амплитуды поперечного колебательного перемещения электродов и от скорости наплавки. Изменяя эти параметры в зависимости от характера наплавочных работ, получают валики разной ширины и высоты. Наплавка ведется только в нижнем положении. Наплавляемые валики располагаются друг за другом и перекрывают друг друга на $\frac{1}{4}$ своей ширины.

Такое небольшое взаимное перекрытие валиков вполне достаточно для получения ровного слоя наплавленного металла.

1.4 Цель и задачи работы.

После проведенного анализа литературных источников, стало ясно, что способ наплавки трехфазной дугой косвенного действия между тремя покрытыми электродами является мало изученным и имеет множество особенностей, представляющих большой интерес для исследований. Одним из существенных недостатков наплавки трехфазной дугой косвенного действия является несплавление, образующееся при старте процесса. Данный дефект вызван быстрым образованием большого объема расплавленного металла в тот момент когда изделие еще не достаточно подогрето теплом косвенной дуги. Вследствие указанных недостатков ручная сварка трехфазной дугой в свое время получила ограниченное применение главным образом на заводах при ликвидации дефектов стального литья и выполнения угловых и стыковых швов большого сечения в тяжелых металлоконструкциях.

В результате сформированы следующие цель и задачи:

Цель: повышение качества формирования наплавленного слоя при ручной дуговой наплавке трехфазной дугой косвенного действия за счет усовершенствования технологии наплавки и использования режимов, способствующих более благоприятному переносу электродного металла.

Задачи:

1) Произвести наплавку образцов на различных технологических режимах.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

2) Исследовать особенности формирования наплавленного металла, определить дефекты, проанализировать причины их появления.

3) Разработать методы, позволяющие устранить дефекты характерные для исследуемого процесса наплавки.

4) Исследовать особенности переноса электродного металла, установить режимы, способствующие более благоприятному переносу.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2.1 Изготовление специальных электродов.

К покрытию электродов для сварки трехфазной дугой, кроме обычных требований, связанных с химическим воздействием на расплавленный металл и ионизирующими свойствами, предъявляются требования ограниченной электропроводности и вязкости шлака. При несоблюдении этих требований возможны короткие замыкания между стержнями по межэлектропроводному слою покрытия, что вызовет нарушение процесса сварки.

Специальные электроды с двумя и тремя стержнями в общей обматке промышленностью не выпускаются, поэтому для проведения экспериментов их приходится изготавливать самостоятельно.

При наплавке трехфазной дугой двумя и тремя покрытыми электродами использовались обычные электроды МР-3 и ОЗС диаметром три миллиметра. Электроды располагались параллельно. Обеспечение надежной фиксации электродов относительно друг друга – основная проблема при их изготовлении. Для решения этой проблемы было опробовано несколько вариантов скрепления параллельно расположенных электродов.

Первые опыты были проведены с использованием электродов, скрепленных тонкой проволокой. Такой вариант изготовления обеспечивает надежную фиксацию электродов, но обладает серьезным недостатком: в момент расплавления проволока вызывает короткие замыкания между электродами. В результате процесс идет с периодическими прерываниями горения трехфазной дуги в местах скрепления.

Также были изготовлены электроды, обвязанные ниткой вместо проволоки, но этот способ не обеспечивает надежной фиксации расстояния между электродами – при каждом обгорании нитки оно несколько увеличивается, что приводит к постоянным скачкам параметров наплавки.

В результате был найден оптимальный вариант изготовления (рисунок 2.1), который обеспечивается обматкой связанных нитками электродов

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

силикатным клеем. После высыхания клея, такие электроды необходимо скрепить тонкой проволокой и просушить при температуре 100-150°C.



Рисунок 2.1 - Специальные электроды.

2.2 Установка для трехфазных процессов.

Для проведения экспериментов по трехфазным процессам была собрана специальная установка, электрическая схема которой показана на рисунке 2.2

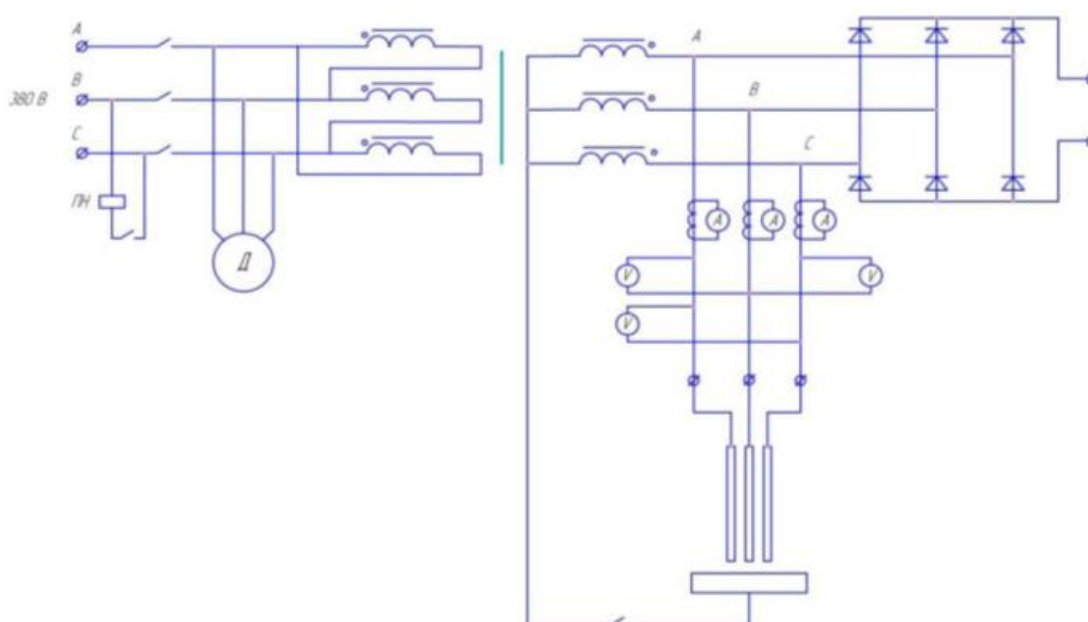


Рисунок 2.2 - Электрическая схема установки для трехфазных процессов наплавки

Технические характеристики выпрямителя ВСС-300

Напряжение питающей трехфазной сети, В	380
Диапазон регулирования вторичного напряжения, В	58-65
Номинальный сварочный ток, А	300
ПВ- 100%	65
Номинальная мощность, кВа	13
Масса, кг	240

Для определения режимов наплавки в схему включены измерительные приборы. Три амперметра, подключенные к каждой фазе через измерительные трансформаторы фиксируют токи фаз. Напряжения фиксируются с помощью трех вольтметров включенных между фазами.

Для проведения экспериментов по наплавке покрытыми электродами был изготовлен специальный трехфазный электрододержатель, показанный на рисунке 2.3.

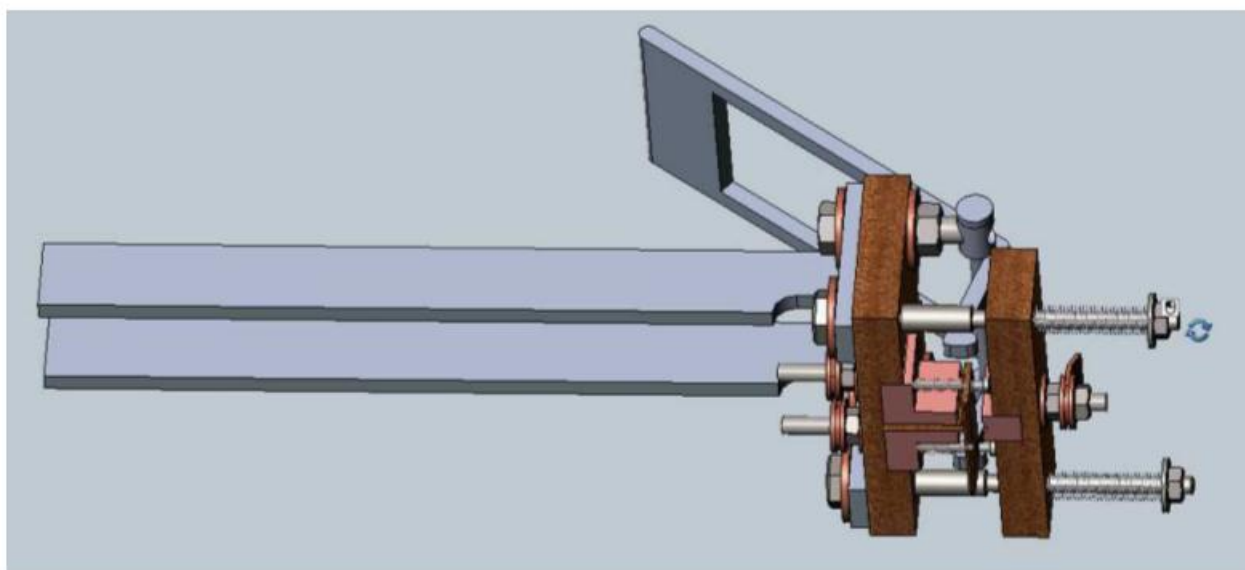


Рисунок 2.3 - Трехфазный электрододержатель.

На рисунке 2.4 показан изготовленный опытный образец трехфазного электрододержателя.

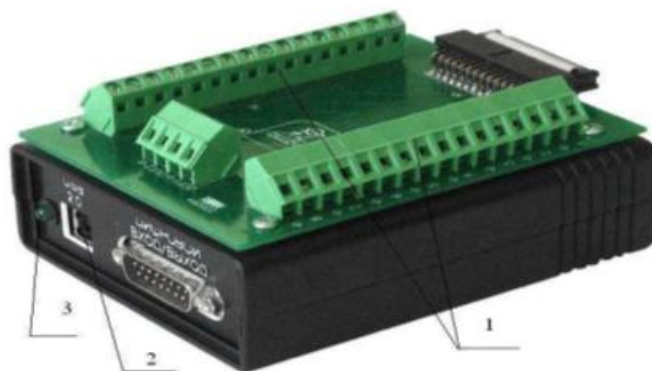


Рисунок 2.4 - Опытный образец трехфазного электрододержателя.

2.3 Подключение ZET 210 к установке для исследования трехфазных процессов наплавки.

В качестве осциллографа был выбран модуль аналого-цифрового преобразователя (АЦП) ZET-210. Модуль АЦП ZET-210 предназначен для измерений параметров сигналов в широком частотном диапазоне (с частотой дискретизации до 500 кГц), поступающих с различных первичных преобразователей. Модуль имеет также цифровые и аналоговые выходы, которые могут использоваться в цепях управления различными исполнительными механизмами (рисунок 2.5).

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ				



1 – клеммы для подключения входных аналоговых сигналов; 2 – разъем USB 2.0 для подключения к компьютеру; 3 – светодиодный индикатор питания

Рисунок 2.5 - Внешний вид модуля АЦП ZET-210.

Основные технические характеристики модуля АЦП ZET-210 представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики модуля АЦП ZET-210.

Характеристика	Значение
Количество аналоговых входов	16 синфазных / 8 дифференциальных
Суммарная частота преобразования	< 500 кГц
Количество разрядов АЦП	16
Максимальное входное напряжение	± 7 В
Входное сопротивление	2 кОм
Динамический диапазон	84 дБ
Максимальная неравномерность АЧХ в частотном диапазоне 10 Гц...200 кГц	1 дБ
Защита входов при включенном питании	± 30 В
Защита входов при выключенном питании	± 30 В
Межканальное проникновение	-72 дБ
Входная емкость	20 пФ

Модуль АЦП ZET-210 работает совместно с программами из набора ZETLab, запускаемыми на ПК, подключенном к модулю по интерфейсу USB 2.0. Управление и запуск программ ZETLab осуществляется при помощи панели управления программами ZETLab (далее – панель ZETLab). Для ее запуска используется ярлык «ZETPanel» на рабочем столе или главное меню Пуск → «ZETLab» → «ZETPanel». Панель «ZETLab» представляет собой горизонтальную панель, располагающуюся после запуска в верхней части экрана. В левой части панели «ZETLab» находятся кнопки меню групп программ. В правой части находятся кнопка «Выход» рисунок 2.6. Каждое меню группы программ содержит список программ, отображаемый при нажатии левой клавиши «мышь».

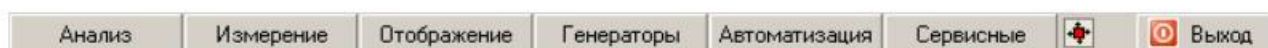


Рисунок 2.6 - Панель управления программами ZETLab

Настройка модуля АЦП ZET-210 осуществляется с помощью команды панели «ZETLab Сервисные» → «Настройка параметров АЦП и ЦАП». В появившемся диалоговом окне необходимо установить частоту дискретизации, например, 4000 Гц, а также тип и номера входных каналов, например, один дифференциальный канал №1. Для завершения настройки необходимо последовательно нажать кнопки: «Сохранить» и «Выход» (рисунок 2.7).

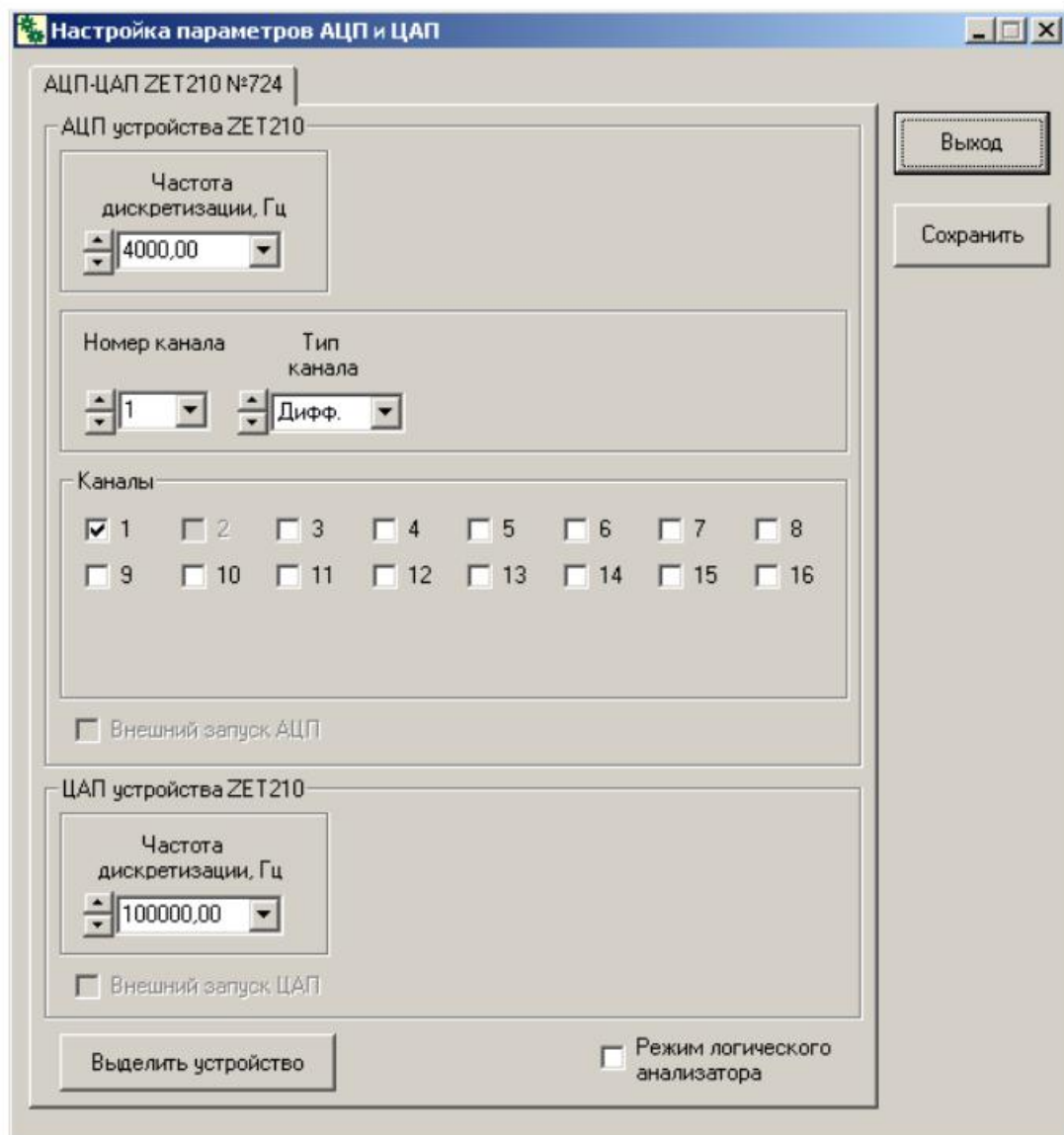


Рисунок 2.7 -. Диалоговое окно "Настройка параметров АЦП и ЦАП"

Просмотр данных в графическом виде возможен с использованием программы осциллографа, запускаемой из панели «ZETLab Отображение» → «Многоканальный осциллограф».

Основные настройки для программы осциллографа следующие: интервал, частота. с помощью кнопки «Старт/Стоп» начинается или завершается считывание данных с датчика и их отображение. С помощью кнопки «Запись» осуществляется сохранение данных, отображенных в виде графиков, во внешнем файле в текстовом виде.

С помощью модуля АЦП ZET 210 была произведена запись процесса наплавки, затем необходимые записи просматривались в программе Media Player Classic в замедленной съемке, для того чтобы отследить точное изменение напряжений и токов дуг в процессе проведенных экспериментов.

2.4 Расчет и изготовление делителя напряжения.

Основные технические характеристики АЦП ZET 210 предусматривает максимальное входное напряжение ± 7 В. При наплавки независимой трехфазной дугой максимальное напряжение U_{xx} составляет 82В. Поэтому для уменьшения входного напряжения необходимо использовать делители напряжения.

Делитель напряжения это цепь или схема соединения резисторов, применяемая для получения разных напряжений от одного источника питания.

Для уменьшения значения входного (питающего) напряжения используют делитель напряжения на резисторах. В нём, выходное напряжение $U_{вых}$ зависит от значения входного (питающего) напряжения $U_{вх}$ и значения сопротивления резисторов. Делитель напряжения – наиболее часто применяемое соединение резисторов. Например, переменный резистор, используемый в качестве регулятора громкости компьютерных колонок, является делителем напряжения с изменяемыми сопротивлениями плеч, где он выполняет роль ограничителя амплитуды входного сигнала.

Определим максимальный ток входного напряжения сигнала АЦП ZET 210.

Для расчета максимального тока входного напряжения применим закон Ома:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (2.1)$$

где I – максимальный ток входного сигнала АЦП ZET-210, А;

U – максимальное выходное напряжение, В;

R – внутреннее сопротивление АЦП, Ом.

$$I = 7/2000 = 0,0035 \text{ мА}$$

Принципиальная схема делителя напряжения проста и состоит всего из двух резисторов. Главным в ее сборке остается правильный расчет сопротивления резисторов, необходимый для получения конкретного напряжения, и мощности, проходящей через них.

Расчет резисторов для делителя напряжения происходит с конца схемы рисунок 2.8, а именно имеем изначальные данные: нагрузка устройства (части компонентов на схеме), входное напряжение равно 90 В., выходное напряжение равно 7 В., и рассчитанный выше максимальный ток входного сигнала АЦП ZET 210 равный 3,5 мА.

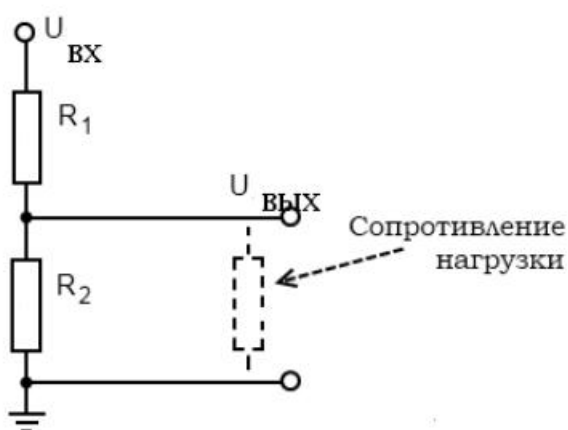


Рисунок 2.8 – Схема делителя напряжения.

$$R_2 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{I}, \quad (2.2)$$

где R_2 – сопротивление на втором резисторе, Ом;

$U_{\text{ВЫХ}}$ – выходное напряжение, В;

I – ток, А.

Зная сопротивление резистора R_2 , можем найти сопротивление резистора R_1 :

$$R_1 = \frac{U_{\text{ВХ}}}{I} - R_2, \quad (2.3)$$

где $U_{\text{ВХ}}$ – входное напряжение, В.

$$R_1 = \frac{90}{0,0035} - 2000 = 23714,3 \text{ (Ом)} = 23,7 \text{ кОм}$$

Расчет делителя напряжения окончен. Так как нагрузка на выходе делителя напряжения имеет свое сопротивление, расчет необходимо производить с поправкой на это.

Нагрузка составляет 3,5 мА, исходя из этого, по закону Ома, рассчитываем сопротивление нагрузки:

$$R_{\text{нагр}} = U/I = 7/0,0035 = 2000 \text{ Ом} = 2 \text{ кОм}$$

Как видно, данный расчет мы уже производили выше для резистора R_2 делителя напряжения.

В данном случае нагрузка служит параллельным сопротивлением резистору R_2 , и все расчеты следует поправить, иначе мы потеряем почти 2 В:

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{нагр}} \cdot R_2 / (R_{\text{нагр}} + R_2), \quad (2.4)$$

где $R_{\text{общ}}$ – общие сопротивления $R_{\text{нагр}}$ и R_2 Ом;

$R_{\text{нагр}}$ – сопротивление нагрузки, Ом;

R_2 – сопротивление на втором резисторе, Ом.

$$R_{\text{общ}} = 2000 \cdot 2000 / (2000 + 2000) = 1000 \text{ Ом} = 1 \text{ кОм}$$

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \cdot \left(\frac{R_{\text{общ}}}{R_1 + R_{\text{общ}}} \right), \quad (2.5)$$

$$U_{\text{вых}} = 90 \cdot \left(\frac{1000}{(23714,3 + 1000)} \right) = 3,64 \text{ В}$$

Исходя из этого, сопротивление резистора R_1 необходимо рассчитывать по формуле:

$$R_1 = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}} \cdot R_{\text{общ}} - R_{\text{общ}} \quad (2.6)$$

$$R_1 = 90 / 7 \cdot 1000 - 1000 = 11857,1 \text{ Ом} = 11,9 \text{ кОм}$$

Делаем проверку:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \cdot \left(\frac{R_{\text{общ}}}{(R_1 + R_{\text{общ}})} \right) \quad (2.7)$$

$$U_{\text{вых}} = 90 \cdot \left(\frac{1000}{(11857,1 + 1000)} \right) = 7 \text{ В}$$

Расчет резисторов необходимых для делителя напряжения закончен, осталось выяснить тип резистора, способный выдержать нагрузку. Рассчитываем мощность, проходящую через резистор делителя напряжения:

$$P = \frac{U_{\text{вх}}^2}{R_1} = \frac{(90)^2}{11857,1} = 0,683 \text{ Ватт}$$

Делаем вывод, что нам подходят резисторы мощностью не менее 1 Ватт, к таким может относиться, например, МЛТ – 1.

2.5 Обеспечение гальванической развязки между фазами источника

Три делителя напряжения по 3.64 В были подключены к АЦП ZET 210, в результате чего АЦП показало, что напряжение значительно превышает допустимое.

После анализа полученных данных пришли к выводу, что использование делителя напряжения затруднено необходимостью обеспечения гальванической развязки между соответствующими парами фаз источника (АВ, АС, ВС).

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

В результате был сделан вывод, что необходимо использовать специальные трансформаторы, которые обеспечивают гальваническую развязку.

Гальваническая развязка — передача энергии или сигнала между электрическими цепями без электрического контакта между ними. Гальванические развязки используются для передачи сигналов, для бесконтактного управления и для защиты оборудования и людей от поражения электрическим током.

Без использования развязки предельный ток, протекающий между цепями, ограничен только электрическими сопротивлениями, которые обычно относительно малы. В результате возможно протекание выравнивающих токов и других токов, способных повреждать компоненты цепи или поражать людей, прикасающихся к оборудованию, имеющему электрический контакт с цепью. Прибор, обеспечивающий развязку, искусственно ограничивает передачу энергии из одной цепи в другую. В качестве такого прибора может использоваться трансформатор или оптрон. В обоих случаях цепи оказываются электрически разделёнными, но между ними возможна передача энергии или сигналов.

При построении измерительных систем цифровой обработки сигналов (ЦОС) для сбора и обработки данных, контроля и управления, особенно связанных с функционированием в производственных условиях, разработчикам приходится сталкиваться с необходимостью обеспечения гальванической развязки измерительных цепей, цепей ввода/вывода данных, с одной стороны, и цепей персонального компьютера, а также цепей цифровой обработки сигналов, с другой. При этом решаются следующие основные задачи:

1) защита цепей компьютера от воздействия электрических напряжений и токов. Это важно при эксплуатации оборудования в условиях, связанных с возможным влиянием на него несанкционированных

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

электромагнитных воздействий, с невозможностью обеспечения качественного заземления и т. п., например, в цехах промышленных предприятий, на транспорте, а также в условиях, где возможно возникновение субъективного фактора «человеческой» ошибки, приводящей к выводу дорогостоящего оборудования из строя.

2) защита пользователя от возможного электрического удара. Необходимость подобной защиты возникает при опасности воздействия электрического удара, опасного для здоровья человека, например, при построении систем медицинской диагностики.

3) обеспечение необходимой помехозащищённости. Эта проблема актуальна при построении измерительных прецизионных систем, например, в научных исследованиях, метрологических лабораториях и так далее.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили схемы, использующие два варианта гальванической развязки:

- трансформаторной;
- оптоэлектронной.

Гальваническая развязка трансформаторного типа предполагает использование магнитоиндукционного элемента с сердечником или без него, напряжение $U_{вых}$ на вторичной обмотке которого пропорционально напряжению $U_{вх}$ на входе устройства. При применении трансформаторной гальванической развязки необходимо учитывать следующие её недостатки:

- несущий сигнал может создавать помехи, влияющие на выходной сигнал развязки;
- полоса пропускания ограничена частотой модуляции развязки;
- сравнительно большие габаритные размеры компонентов, реализующих развязку.

В настоящее время в связи с развитием технологии полупроводниковых устройств расширяются возможности по использованию оптоэлектронных развязывающих устройств, оптических вентилях

(оптронов). Светоизлучающий диод, р-п-переход которого смещён в прямом направлении, излучает свет, воспринимаемый фототранзистором. Таким образом, осуществляется гальваническая развязка цепей, связанных со светодиодом, с одной стороны, и с фототранзистором, с другой.

К достоинствам оптоэлектронных развязывающих устройств можно отнести:

- способность осуществлять развязку в широком диапазоне напряжений, в том числе до величины 500 В, что является значением, принятым при реализации систем ввода данных;

- возможность передавать сигналы на высокой частоте (до десятков МГц);

- малые габаритные размеры.

2.6 Уменьшение напряжения с помощью трансформатора.

Для проведения экспериментов по подключению к гальванической развязке и уменьшению напряжения до допустимого уровня на входе АЦП использовались три трансформатора от электрических блоков питания ROBITON PC 300. Его технические характеристики представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Технические характеристики блока питания ROBITON PC 300

ВХОД	230 В-50 Гц 9 Вт
ВЫХОД	1.5-3-4.5-6-7.5-9-12 В. 300мА

2.7 Схема установки с модулем ZET 210.

После всех необходимых расчетов в лаборатории была собрана установка, схема которой представлена на рисунке 2.9. Данная установка

позволяет получать осциллограммы исследуемых процессов и записывать все необходимые электрические параметры для последующего анализа.

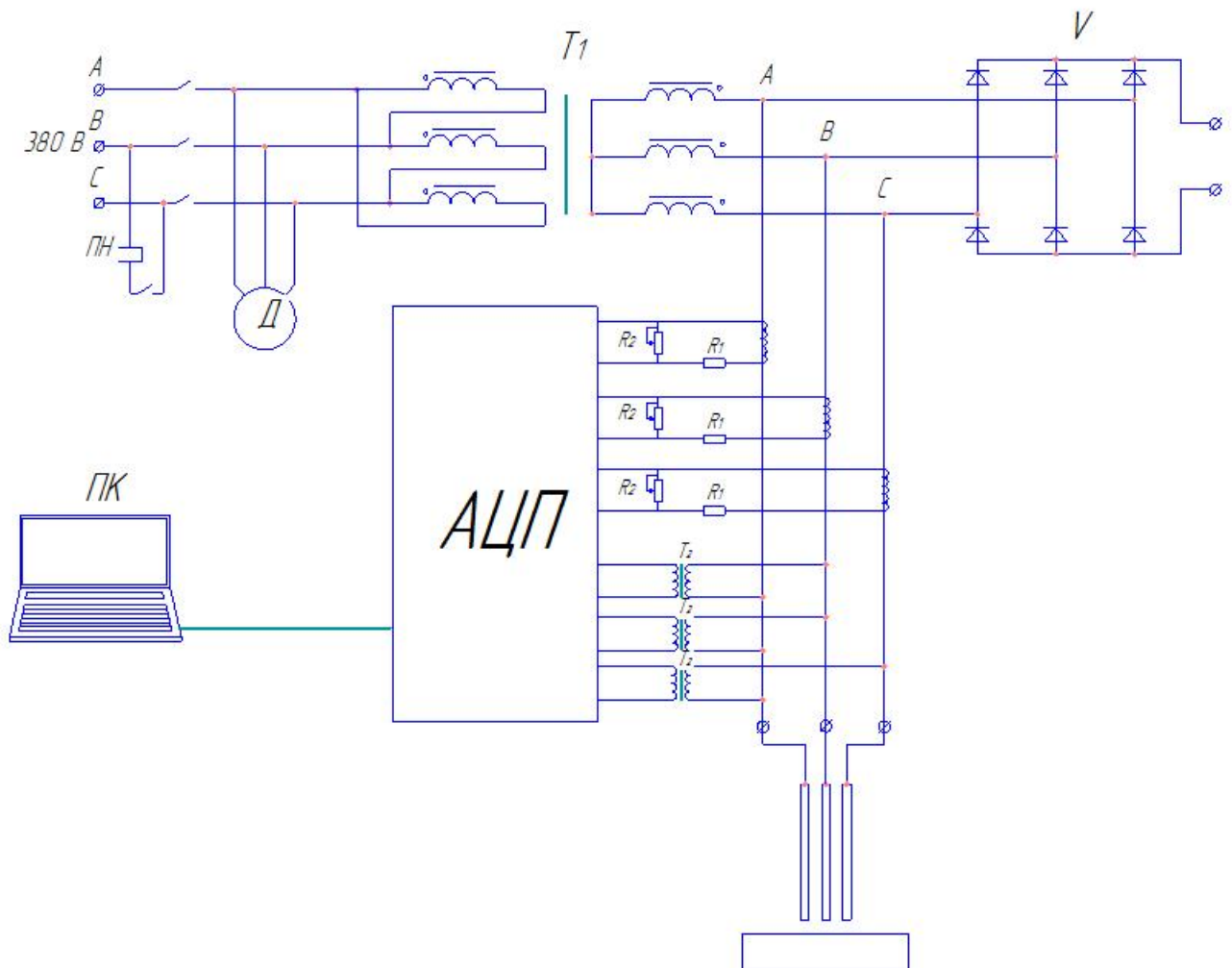


Рисунок 2.9 - Электрическая схема установки для трехфазных процессов наплавки с учетом изменений.

3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

3.1 Преимущества и особенности способа наплавки независимой трехфазной дугой покрытыми электродами.

В литературе практически отсутствуют сведения о применении независимой трехфазной дуги. Некоторые особенности наплавки таким способом даются в литературе /1,4/.

Способ обладает огромным потенциалом для многократного увеличения производительности процесса наплавки, а являясь, практически не изученным представляет большой интерес для его исследования и развития.

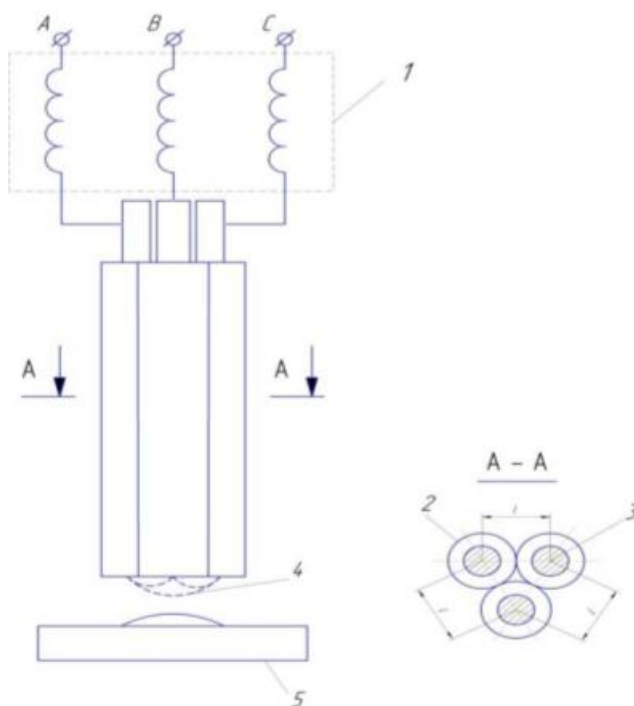
Процесс независимой трехфазной наплавки имеет множество особенностей. В данном случае каждая из трёх фаз источника питания подключена к одному из стержней электродов, трехфазная дуга горит между тремя покрытыми электродами, расположенными параллельно и скреплёнными между собой.

Преимуществами трехфазной дуги являются: высокая производительность процесса, достигаемая за счет одновременного плавления сразу трех электродов; значительное снижение глубины проплавления из-за отсутствия тока в наплавляемой детали; интенсивное перемешивание жидкого металла в сварочной ванне, обеспечивающее однородную структуру валиков. Отличительной особенностью способа является то, что наплавляемое изделие в цепь не включается, а трехфазная дуга находится между тремя стержнями, т. е. одновременно горят три однофазных дуги в одном общем факеле, взаимно влияя друг на друга и на электроды. Такое взаимодействие значительно увеличивает производительность наплавочных работ, уменьшает удельный расход электроэнергии и усиливает ионизацию дугового промежутка. При этом проплавление основного металла значительно уменьшается по сравнению с однофазными процессами наплавки. Оно происходит только за счет теплового воздействия трехфазной дуги и расплавленного электродного

металла. В связи с освоением производства электродов диаметром 1,6–3 мм появилась возможность уменьшения массы электрододержателей и токоподводящих проводов для трехфазных дуговых процессов, что позволило решить проблему на пути реализации данного способа /1/.

Однако в литературных источниках практически нет сведений о применении наплавки независимой трехфазной дугой тремя электродами. В связи с этим были проведены исследования по трехфазной наплавке покрытыми электродами с целью обеспечения формирования валиков при минимальной доле участия основного металла в наплавленном путем оптимизации параметров процесса.

Схема наплавки независимой трехфазной дугой представлена на рисунке 3.1



1 – вторичные обмотки трехфазного трансформатора; 2 – покрытие на электроде; 3 – стержень электрода; 4-трехфазная независимая; 5 – деталь;

Рисунок 3.1 - Схема наплавки независимой трехфазной дугой

Из-за одинакового расстояния между тремя электродами и их равномерного плавления, наплавка по схеме (рисунок 3.1) обеспечивает равные электрические параметры режимов ($I_1 = I_2 = I_3$; $U_{12} = U_{13} = U_{23}$).

Показатели устойчивости горения независимой трехфазной дугой не могут оцениваться по показателям для однодуговой сварки /5/. Например, показатель эластичности неприемлем, так как после зажигания дуга горит независимо от детали. К наиболее важным показателям устойчивости горения независимой трехфазной дуги следует отнести: одновременное зажигание трех дуг, равномерность плавления трех электродов, потери на угар и разбрызгивание, стабильность по глубине проплавления и формирование шва, расстояние от независимой трехфазной дуги до детали, сплавления трех электродов после перерывов в горении дуги (застывшая капля на концах трех электродов вызывает короткое замыкание после включения трансформатора).

В связи с отсутствием трансформаторов для наплавки независимой трехфазной дугой могут применяться трансформаторы от сварочных выпрямителей с падающей внешней характеристикой (ВД-306, ВД-401) /2/. Но для увеличения холостого хода до 60–65 В необходимо подмотать витки вторичных обмоток.

При наличии специального трехфазного дросселя или отдельных дросселей в каждом линейном проводе возможно применение трансформаторов ТШС-1000-3, ТШС-600-3 и трансформаторов от выпрямителей ВС.

Зажигание независимой дуги осуществляется касанием изделия тремя электродами. С увеличением диаметра электродов зажигание касанием изделия электродами ухудшается. Зажигание дуги происходит успешнее при подключении к изделию нулевого провода. После зажигания дуги и разогрева детали нулевой провод отключается от детали. К недостаткам

наплавки независимой трехфазной дугой следует отнести невозможность гашения дуги без отключения питания дуг током.

К преимуществам наплавки независимой трехфазной дугой следует также отнести увеличение производительности, так как скорость плавления электродов из-за взаимного подогрева дуг увеличивается на 30%. При диаметре электродов 2-3 мм доля участия основного металла в наплавленном составляет 5–10%, что невозможно при однодуговой наплавке. Если считать, что при однодуговой наплавке для обеспечения наплавленного металла без примесей основного необходимо наносить 3–5 слоев, производительность возрастает в 3-4 раза.

В отличие от однодуговой наплавки напряжение дуг в данном случае изменять в процессе наплавки невозможно. Напряжение на дугах зависит от расстояния между электродами и от толщины покрытия на электродах. Для уменьшения массы токоподводящих проводов и напряжения на дугах лучше применять электроды диаметром 1,6–3мм. В связи с отсутствием электродов для наплавки независимой трехфазной дугой перед наплавкой необходимо изготовить специальные электроды.

3.2 Методика проведения экспериментов и обработки полученных результатов.

Цель исследований – получение устойчивого горения трехфазной дуги, нахождение оптимальных режимов для процесса наплавки, уменьшение глубины проплавления основного металла и повышение качества наплавки за счет применения старта процесса с использованием расщепленной дуги.

Наплавка производится на зачищенные до металлического блеска пластины из низкоуглеродистой стали толщиной 3-5 мм. Значения режимов наплавки фиксировались посредством АЦП ZET 210 и записывались. Также,

с целью дальнейшего анализа экспериментов, записывались все особенности прохождения процессов.

Перед началом экспериментов проводилась подготовительная работа, которая заключалась в следующем:

1. Подготовка пластин под наплавку и их взвешивание.
2. Изготовление специальных электродов.
3. Подключение измерительных приборов и уравнивание токов короткого замыкания в каждой фазе.

Подготовка пластин заключалась в том, что для проведения экспериментов существовала необходимость в чистой поверхности металла, чтобы избежать вмешательства в процесс наплавки всех внешних факторов, таких, как, например, присутствие окалины на поверхности пластин. Чистая поверхность металла достигалась посредством механического воздействия на неё абразивным материалом - сначала крупной, затем мелкой наждачной бумагой. Далее, подготовленная пластина взвешивалась, для возможности определения массы наплавленного металла.

Изготовление специальных электродов заключалось в параллельном расположении трёх стандартных электродов одного диаметра и марки (подробное описание изготовления электродов см. в пункте 2.1 данного проекта).

Необходимым условием для нормального хода процесса наплавки независимой трехфазной дугой является равномерное плавление стержней электродов. Для того, чтобы обеспечить равномерное плавление, перед началом экспериментов измерялись токи коротких замыканий между каждой из фаз и нулевым проводом. В случае, если значения токов были различны, их уравнивание осуществлялось с помощью балластных реостатов.

По завершению подготовительных работ приступали к непосредственному процессу наплавки.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

В процессе каждого эксперимента фиксировались показания измерительных приборов – определялись токи в электродах и напряжения между фазами. Фиксировалось время горения электродов, а так же велось визуальное наблюдение за протеканием процесса наплавки. После маркировки полученных опытных образцов определялась масса наплавленного металла, которая вычислялась по следующей формуле:

$$M_{н.м.} = M_{м.п.н.} - M_{м.д.н.} \quad (3.1)$$

где, $M_{м.п.н.}$ - масса металла после наплавки.

$M_{м.д.н.}$ - масса металла до наплавки.

После определения массы наплавленного металла приступали к определению коэффициента потерь на угар и разбрызгивание. Собранные брызги металла отделяли от шлака и взвешивали. Коэффициент потерь определяли по формуле:

$$\psi = \frac{G_{бр}}{G_n} \times 100\% , \quad (3.2)$$

где, $G_{бр}$ - масса брызг, г;

G_n - масса наплавленного металла, г.

После проведения данных работ, полученные образцы подготавливались для изучения их структуры.

Подготовка заключалась в следующем: из каждого опытного образца выпиливалась часть пластины шириной от одного до двух сантиметров с фрагментом наплавленного валика, которая обрабатывалась путём шлифования. После чего производилось травление образцов в 30% растворе азотной кислоты. Когда визуально просматривалась граница сплавления

основного металла с наплавленным высчитывалась доля участия основного металла в наплавленном. Для этого поперечные сечения образцов были сфотографированы, а полученные снимки заносились в программу Компас для определения площади наплавленного металла и площади проплавления (рисунок 3.2).

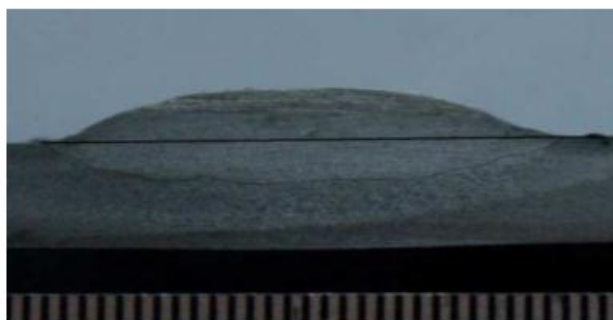


Рисунок 3.2 - Определение границ сплавления.

Доля участия основного металла в наплавленном определялась по формуле:

$$\lambda = \frac{F_{np.}}{F_{np.} + F_n} \times 100\% \quad (3.3)$$

где, $F_{np.}$ - площадь проплавления основного металла.

F_n - площадь наплавленного металла.

Коэффициент наплавки определяли по следующей формуле:

$$Q_n = \frac{G_n \times 3600}{3 \times I \times t} \text{ кг / а } \times \text{ час}; \quad (3.4)$$

где, G_n – масса наплавленного металла – г;

t - время горения дуги, сек;

I – линейный ток в электродах, А ($I_1 = I_2 = I_3$).

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

3.3 Зажигание независимой трёхфазной дуги

3.3.1 Особенности зажигания трёхфазной дуги.

В ходе проведения исследований было выявлено, что вопросу надёжного зажигания независимой трёхфазной дуги стоит уделять особое внимание.

В обычном однофазном процессе ручной дуговой наплавки дуга зажигается замыканием (касанием, чирканьем) электрода на изделие. В случае процесса наплавки независимой трёхфазной дугой данный способ зажигания невозможен, так как три фазы от источника питания подключаются к стержням электродов, а изделие в сварочную цепь не включается.

Наиболее простым способом зажигания независимой трёхфазной дуги является одновременное касание изделия тремя стержнями электродов. В данном случае происходит шунтирование токов в электродах через поверхность изделия, что вызывает оплавление торцов стержней и зажигание трёхфазной независимой дуги. Зажигание улучшается с увеличением напряжения холостого хода и с уменьшением диаметра электродов.

Такой способ не обеспечивает надёжного зажигания независимой дуги. Во-первых, определённые трудности вызывает одновременное касание трёх стержней электродов и изделия. В случае соприкосновения с поверхностью изделия только двумя стержнями электродов, как показывают эксперименты, возможно зажигание дуги только между этими электродами. В дальнейшем дуга зачастую переходит и на третий стержень, что приводит к зажиганию независимой трёхфазной дуги, но процесс уже не может протекать нормально в связи с тем, что последний стержень продолжает отставать на протяжении всего времени горения электродов.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

3.3.2 Зажигание независимой трёхфазной дуги с использованием нулевого провода.

Повысить надежность зажигания независимой дуги можно с помощью подключения нулевого провода источника к изделию на момент зажигания. Данный способ обеспечивает удовлетворительное зажигание трёхфазной дуги на больших и средних режимах наплавки.

Сущность метода заключается в следующем.

К изделию подключается нулевой провод от трансформатора. Далее осуществляется касание электродами изделия в результате чего зажигается не только независимая трехфазная дуга, но и еще три дополнительных дуги между изделием и каждым из электродов. Сразу после этого нулевой провод отключается, оставляя таким образом только независимую трехфазную дугу. (рисунок 3.3)

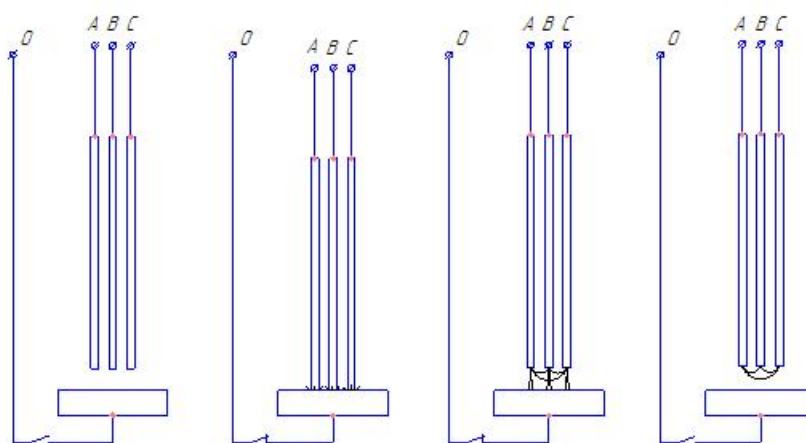


Рисунок 3.3 - Зажигание независимой дуги с помощью подключения нулевого провода.

Эксперименты по исследованию особенностей и проблем зажигания дуги проводились при наплавке электродами ОЗС-12, МР-3 диаметром 3 мм., на пластины из стали 3 толщиной 4-6 мм., очищенных до металлического блеска.

Результаты экспериментов показали, что данный способ обеспечивает надёжное зажигание дуги на режимах не ниже 65А., при $U_{xx}=80$ В. Напряжение дуги при этом составляет около 32-35 В. Выяснено, что на меньших режимах надёжное зажигание трёхфазной дуги с использованием данного способа не может быть обеспечено.

3.3.3 Зажигание с использованием дополнительного источника питания.

Более стабильно независимая трехфазная дуга зажигается от выпрямителя с конденсаторным умножителем напряжения на токе 5-10 А. Для осуществления данного способа зажигания в установку для исследования трехфазных процессов включается дополнительный источник питания.

После касания тремя электродами детали зажигается дуга постоянного тока от дополнительного источника без плавления электродов и детали. После ионизации дугового промежутка цепь питания маломощной дуги отключается, и включается цепь питания независимой трехфазной дуги. В результате независимая дуга зажигается без каких либо касаний.

Данный способ обеспечивает надёжное зажигание независимой трёхфазной дуги на любых возможных режимах её горения.

3.4 Зависимость доли участия основного металла в наплавленном и производительности от силы тока при наплавке независимой трехфазной дугой.

Целью данных экспериментов было изучение особенностей процесса независимой трехфазной наплавки, определение режимов наплавки, и возможности снижения доли участия основного металла в наплавленном, а

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

также определения увеличения производительности процесса в сравнении с другими способами. Построение графиков(доле участие основного металла в наплавленном/производительность от силы тока,) и определение оптимальных режимов.

Для экспериментов использовались электроды марок ОЗС-12, МР-3 диаметром 3 мм.

Электроды сварочные ОЗС-12

Покрытие - рутиловое. Для сварки ответственных конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 МПа во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой полярности.

Классификация: Э46А / ГОСТ 9467-75; E6013 / AWS; E43 3 0 R 3 E N499

Таблица 3.1 - Химический состав наплавленного металла

C	Si	Mn	S	P
0,09	0,10-0,20	0,60	0.017	0.026

Таблица 3.2 - Механические свойства наплавленного металла

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %
420	510	25

Электроды сварочные МР-3

Покрытие – рутиловое. Предназначены для сварки ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа. Обеспечивают непрерывность дуги в процессе сварки и соответственно равномерность шва и его повышенную прочность.

Классификация: ГОСТ-9466-75; ГОСТ-9467-75; Э46-МР-3-Ф-УД;
Е431(3)-Р-23

Таблица 3.3 - Химический состав наплавленного металла

C	Si	Mn	S	P
0,11	0,17	0,58	0.04	0.045

Таблица 3.4 - Механические свойства наплавленного металла

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %
400	450	18

Эксперименты начали с электродов марки МР-3 диаметром 3 мм.

Для обеспечения равномерного плавления электродов в процессе наплавки уравнивали токи коротких замыканий в каждой фазе. Зажигание проводили с использованием нулевого провода.

На рисунке 3.4 показано поперечное сечение валика, наплавленного на следующих режимах: $I_d = 84 \text{ A}$; $U_d = 30-32 \text{ В}$. $U_{xx} = 80 \text{ В}$. Доля участия основного металла в наплавленном не превышает 38 %. Потери на угар и разбрызгивание-12%.



Рисунок 3.4 - Поперечное сечение наплавленного валика.

Следующий эксперимент был выполнен на том же режиме. Принципиальное отличие, в сравнении с предыдущими опытами, заключалось в том, что ток в фазах был сильно понижен. $I_{эл} = 78 \text{ A}$; $U_d = 30-$

32 В. $U_{xx} = 80$ В. За время горения -71 с. было наплавлено 16 г. электродного металла. Масса брызг – 1,7 г. Полученный образец показан на рисунке 3.5



Рисунок 3.5 - Внешний вид валика.

При осмотре протравленного поперечного сечения валика (рисунок 3.6) обнаружили, что получить меньшее проплавление основного металла в данном эксперименте удалось. Доля участия основного металла в наплавленном составила 20-25 %. Причем производительность существенно не изменилось $P-2.1$ кг/ч.

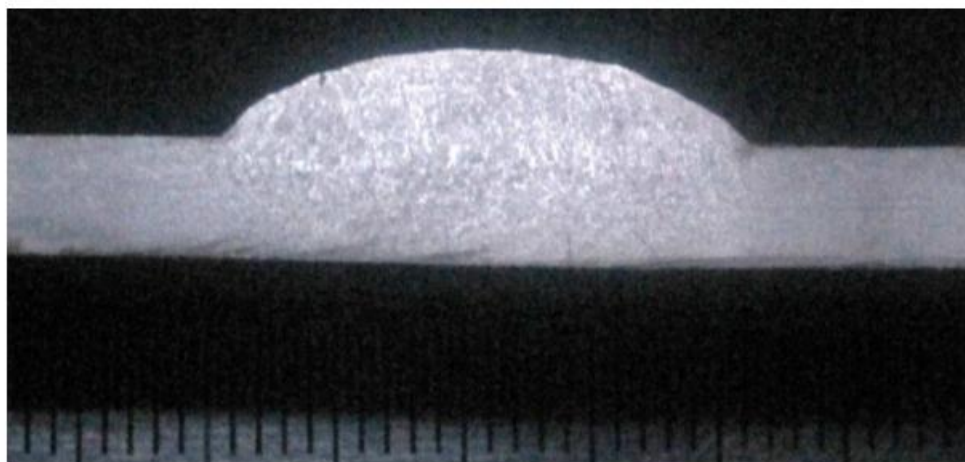


Рисунок 3.6 - Поперечное сечение наплавленного валика.

Чтобы понизить проплавления основного металла, мы понизили ток в фазах. $I_{эл} = 72$ А ; $U_d = 27-32$ В. $U_{xx} = 80$ В. За время горения -73 с. было

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

наплавлено 41,5 г. электродного металла. Масса брызг – 1,9 г. Полученный образец показан на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7. - Внешний вид валика.

При осмотре протравленного поперечного сечения валика (рисунок 3.8) обнаружили, что получить меньшее проплавление основного металла в данном эксперименте удалось. Доля участия основного металла в наплавленном составила 10-13 %.

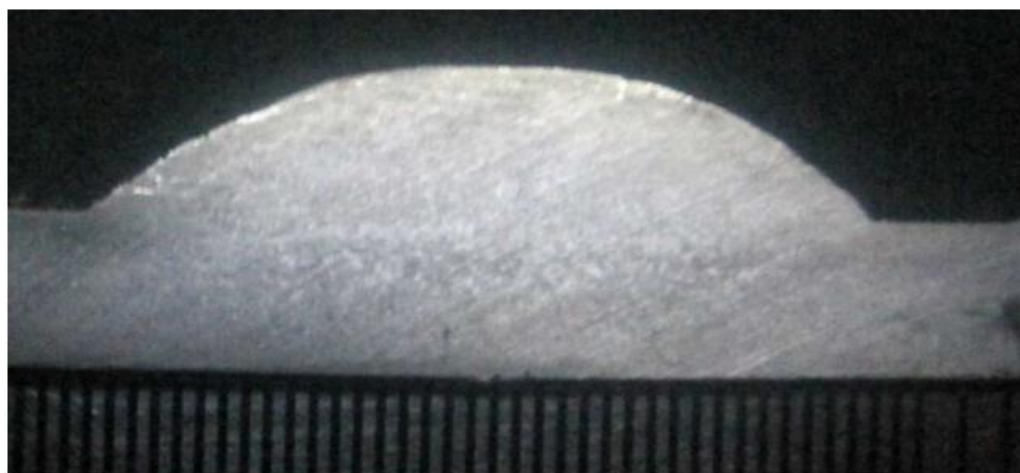


Рисунок 3.8 - Поперечное сечение наплавленного валика.

Для определения минимального силы тока который возможен при наплавке независимой трехфазной дугой диаметром 3 мм, мы понижали токи с прогрессией 5 А минимальный режим был выявлен на токе 60 А, так как были обнаружены несплавления. $I_{эл} = 60 \text{ А}$; $U_d = 27-30 \text{ В}$. $U_{xx} = 85 \text{ В}$. За

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

время горения -60 с. было наплавлено 26 г. электродного металла. Масса брызг – 1,7 г. Полученный образец показан на рисунке 3.9

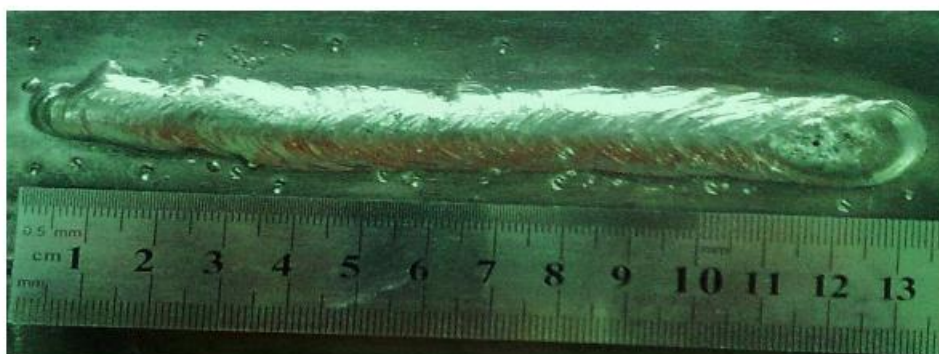


Рисунок 3.9 - Внешний вид валика.

При дальнейшем снижении режима возникает риск затухания трехфазной дуги с образованием общей капли на торцах трех электродов и переходу в режим короткого замыкания.

По результатам проведенного опыта видно, что способ трехфазной наплавки независимой дугой позволяет решить проблему проплавления основного металла. Появляется возможность получения чистого наплавленного металла без примесей основного уже в первом слое, что невозможно при использовании обычных однодуговых способах наплавки.

Основной проблемой при горении независимой трехфазной дуги на таких низких режимах являлось неравномерное плавление электродов. Но после внедрение метода переключения фаз это дефект устранился.

По окончанию экспериментов для электродов диаметром 3мм все результаты отобразили на графике показанном .на рисунке 3.10.

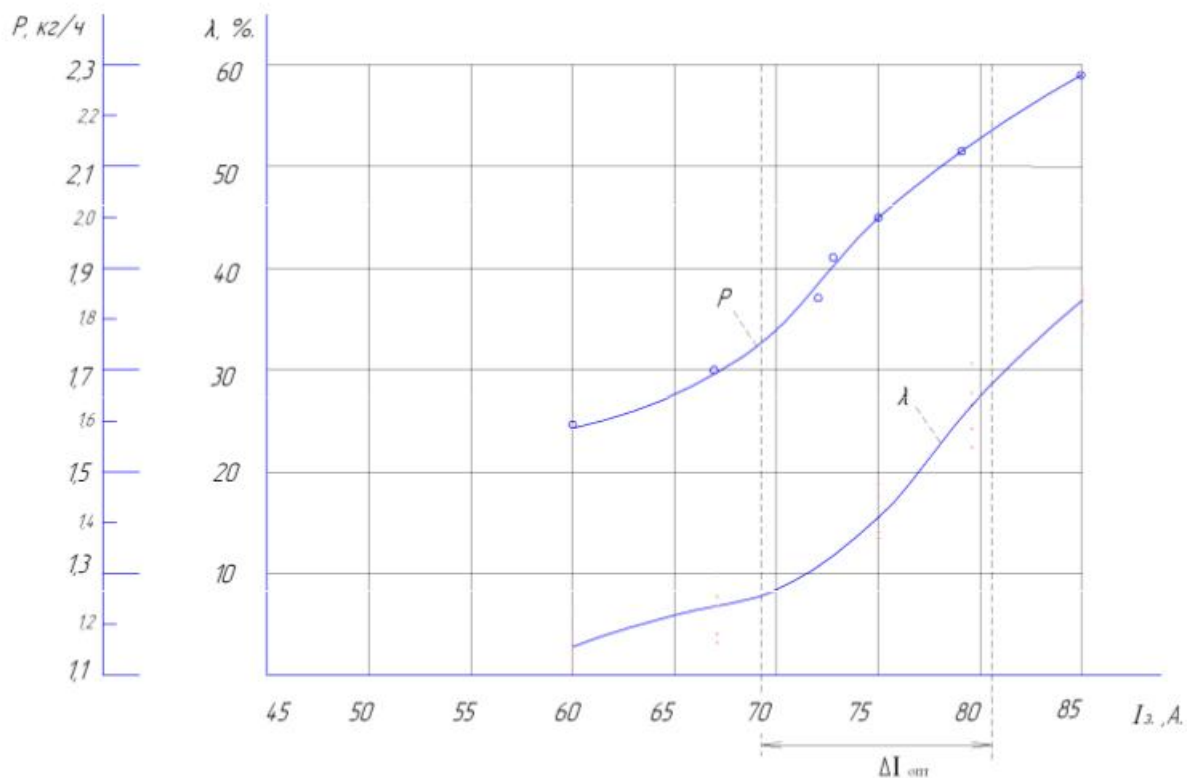


Рисунок 3.10 – График зависимости доли участия основного металла в наплавленном и производительности от силы тока (где P -производительность, кг/ч. λ - проплавление, %. $I_{э}$ сила тока.)

3.5 Особенности проплавления основного металла после старта процесса горения независимой трехфазной дуги.

При наплавке образцов способом независимой дуги были обнаружены особенности технологии, которые могут привести к дефектам таким как несплавление и неудовлетворительная форма валиков. В связи с косвенным воздействием трехфазной дуги на поверхность изделия, зачастую, в начале процесса могут образовываться дефекты - несплавления. В первый момент времени после зажигания независимой дуги происходит интенсивное расплавление электродов. При этом, косвенная дуга не успевает подогреть поверхность металла до необходимой температуры. В результате не образуется надежного сцепления между основным и наплавляемым

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

металлом. Дефекты, образующиеся при старте процесса схематически показаны на рисунке 3.11

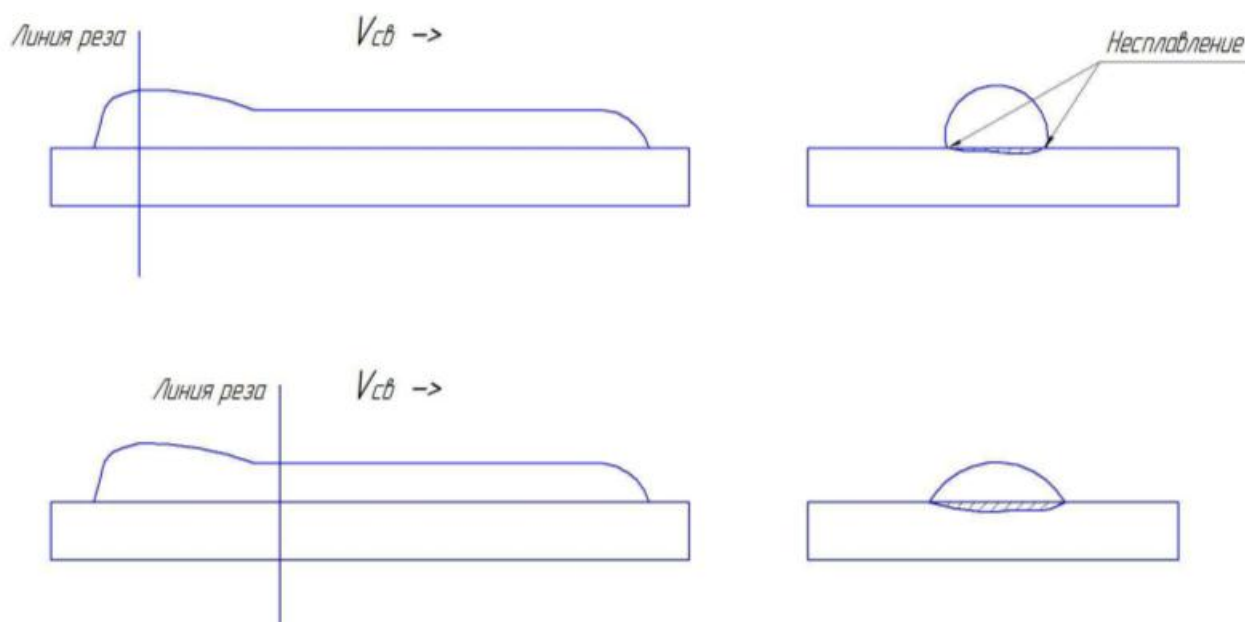


Рисунок 3.11 – Дефекты соединения при старте процесса.

3.6 Применение наплавки расщепленной дугой для старта процесса наплавки независимой дугой.

Для решения проблемы образования дефектов на старте процесса принято решение использовать расщепленную дугу для старта процесса наплавки независимой трехфазной дугой. Для решения задачи была собрана установка с дополнительным источником питания, которая позволяет зажечь расщепленную дугу, произвести первичный этап наплавки с обеспечением надежного соединения, после чего, осуществить переключение на независимую трехфазную дугу. В результате такого способа, сразу после старта процесса происходит надежное сцепление основного и наплавленного

металла, после чего имеется возможность перейти на независимую дугу с целью уменьшения проплавления.

Схема установки с дополнительным источником питания показана на рисунке 3.12. После касания тремя электродами детали зажигается дуга постоянного тока от дополнительного источника без плавления электродов и детали. После ионизации дугового промежутка цепь питания расщепленной дуги отключается с помощью переключателя S и включается цепь питания независимой трехфазной дуги. В результате независимая дуга зажигается без каких либо касаний.

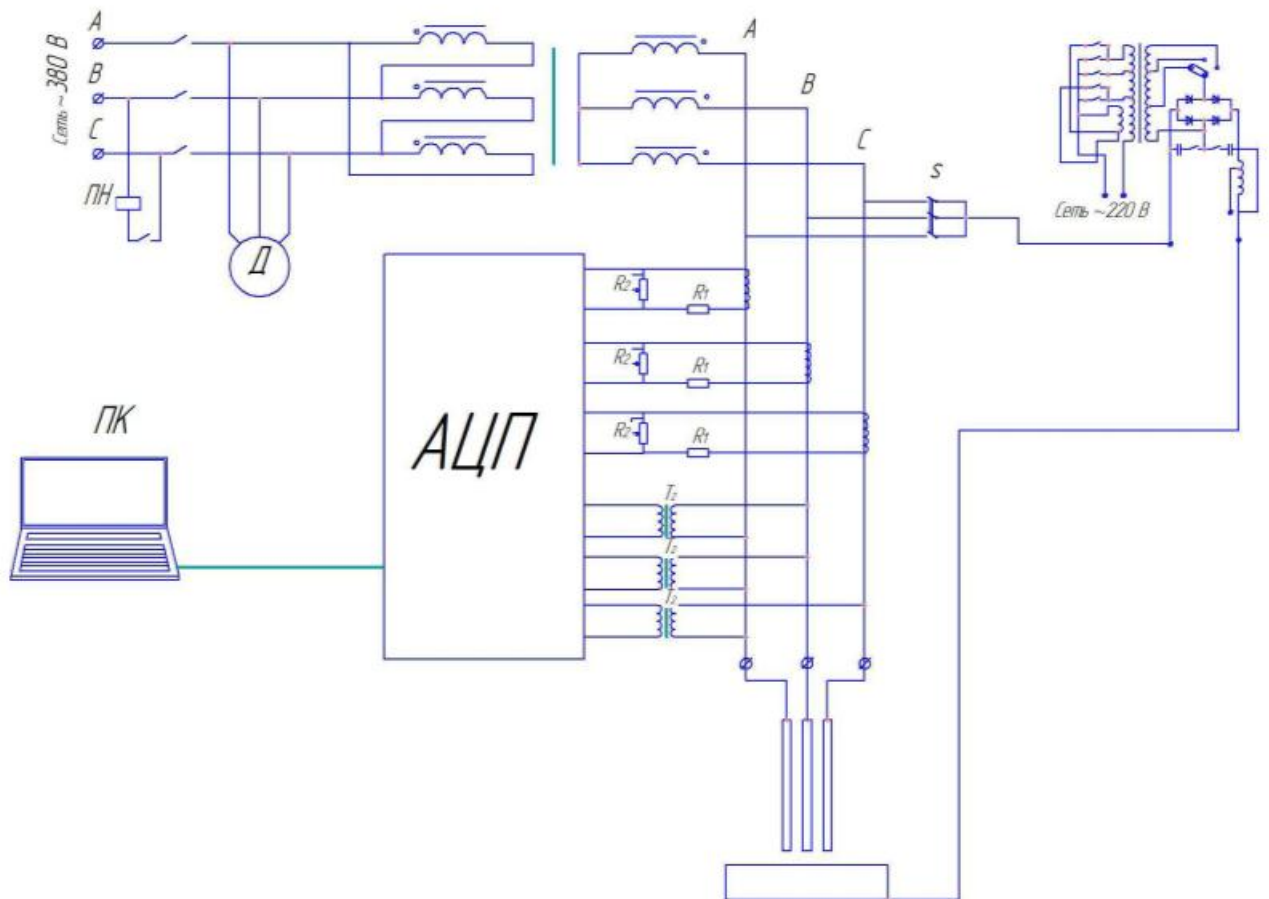


Рисунок 3.12 – Схема установки с дополнительным источником питания.

3.7 Исследование процесса ручной дуговой наплавки расщепленным электродом тремя стержнями.

Схема протекания процесса во времени представлена на рисунке 3.13.

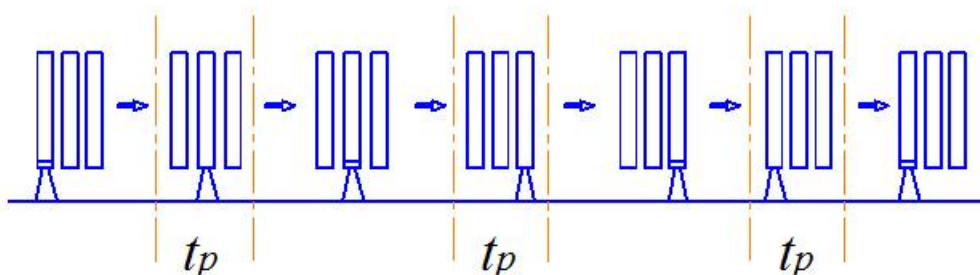


Рисунок 3.13 – Процесс наплавки расщепленным электродом тремя стержнями.

Производительность процесса наплавки тремя электродами снижается по причине увеличения времени, затрачиваемого на разогрев электродов. К тому же, в случае если принять что дуга сначала горит на одном электроде, затем на другом, третий электрод остывает значительно.

Выяснено, что на малых режимах по току при использовании диаметра электродов 3 мм часто образуется общая капля на торцах стержней. Такой процесс уже нельзя назвать наплавкой расщепленным электродом, так как по сути, мы имеем одну дугу, горящую между большим диаметром электрода и изделием (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 – Образование общей капли на торцах электродов.

Устойчивый процесс, при котором, дуга стабильно переходит с одного электрода на другой, начинается с увеличения тока до 100 А. На рисунке 3.15 показан кинокадр горения расщепленной дуги на режимах: $I_d = 110$ А.; $U_d=25-28$ В.



Рисунок 3.15 – Горение расщепленной дуги на режимах: $I_d = 110$ А.; $U_d=25-30$ В.

Дальнейшее повышение плотности тока улучшает качество процесса наплавки. Как и в случае наплавки двумя электродами, уменьшается расстояние между торцами электродов, дуга чаще переходит с одного

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

электрода на другой. Это вызывает меньшее остывание стержней и увеличение производительности.

На режиме: $I_d = 110 \text{ А.}; U_d=25-28 \text{ В.}$ был получен образец, представленный на рисунке 3.16. Доля участия основного металла в наплавленном составила 18 % (рисунок 37). Но получить хорошую форму валика на низком режиме по току оказалось затруднительным.



Рисунок 3.16 – Внешний вид валика, выполненного на режимах: $I_d= 100 \text{ А.}; U_d=25-28 \text{ В.}$

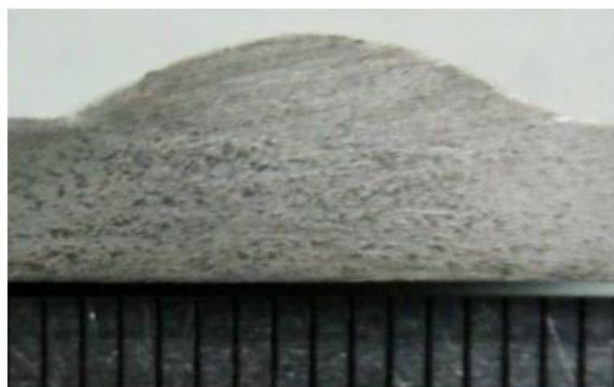


Рисунок 3.17 – Поперечное сечение валика, наплавленного на следующих режимах: $I_d = 100 \text{ А.}; U_d=25-28 \text{ В.}$

При повышенных значениях тока внешняя форма валиков улучшается и процесс нанесения слоя наплавленного металла не вызывает затруднений. Данные по наплавке расщепленным электродом тремя стержнями представлены в виде графика зависимости доли участия основного металла в наплавленном и производительности от силы тока (рисунок 3.18).

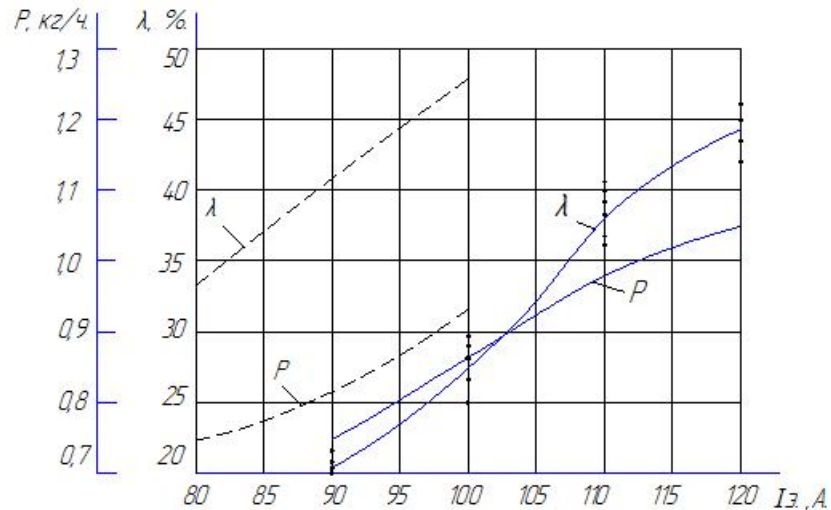


Рисунок 3.18 – График зависимости при наплавке расщепленной дугой тремя электродами диаметром 3 мм.

График показывает, что при использовании трех электродов диаметром 3 мм возможно повышение производительности процесса при одновременном уменьшении доли участия основного металла в наплавленном. На низких режимах наплавки возможно получение проплавления менее 25 %, что невозможно получить обычным способом наплавки одним электродом. На режиме по току свыше 110 А производительность процесса превышает 1 кг/ч при величине доли участия не более 45 %. Сравнивая эти показатели с показателями эффективности при наплавке одним электродом можно видеть, что способ позволяет значительно повысить производительность процесса и снизить проплавление основного металла.

При наплавке тремя электродами были обнаружены некоторые особенности прохождения процесса. Самой главной является образование общей капли на торцах электродов. Получить отдельное образование капли на каждом из торцов электродов возможно только при увеличении тока наплавки свыше 110 А. Увеличение тока свыше 150 А является нецелесообразным. При этом значительно увеличивается проплавление

основного металла. В результате пришли к выводу, что увеличение тока свыше 150 А возможно только при наплавке металла на изделии больших размеров и толщины. В этом случае будет обеспечен хороший теплоотвод и проплавление снизится, а производительность может быть увеличена до 1,7 кг/ч. Получение такого значения производительности возможно только при наплавке независимой трехфазной дугой, однако этому способу требуется специальное оборудование, а также существует множество затруднений при наплавке.

Получение значения производительности свыше 1,4 кг/ч при наплавке одним электродом, по результатам экспериментов невозможно.

Перенос электродного металла при наплавке тремя стержнями диаметром 3 мм показан в виде кинограмм на рисунке 3.19.

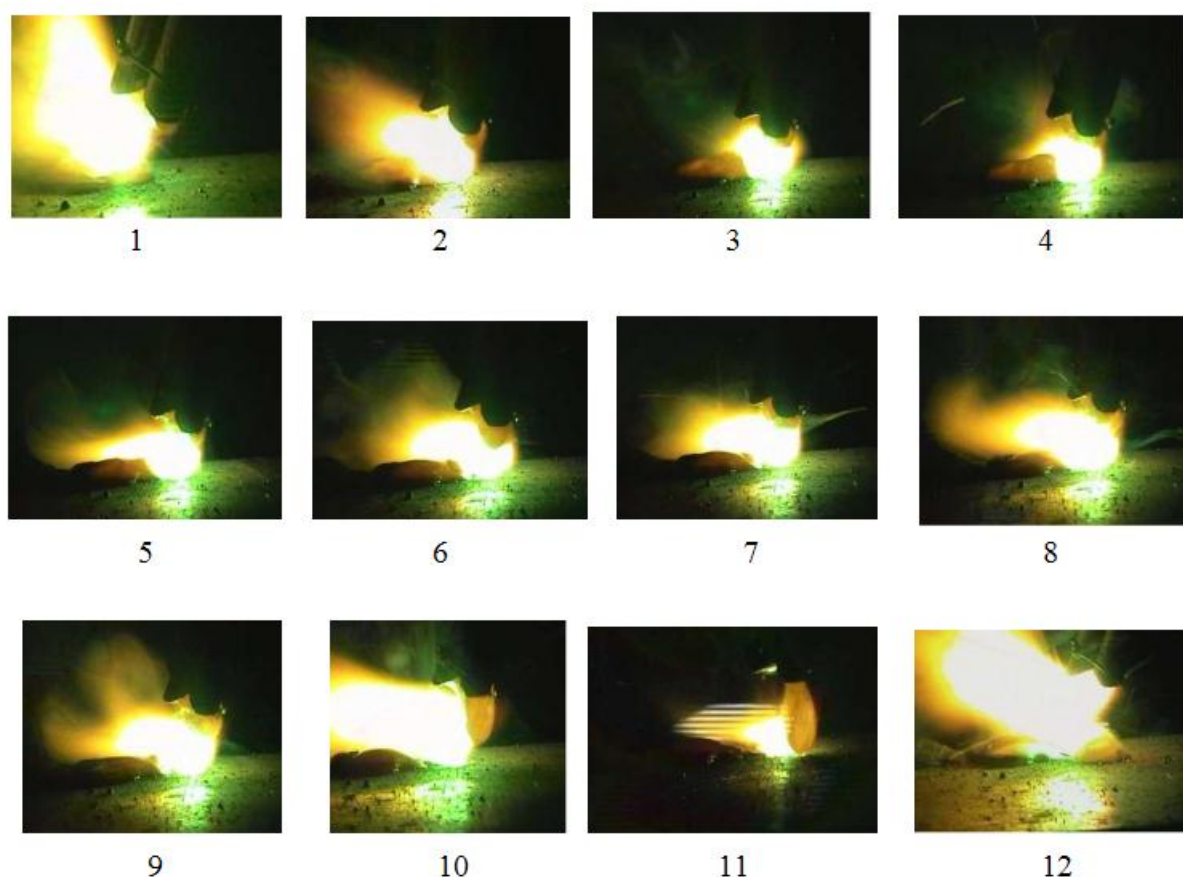


Рисунок 3.19 – Кинокадры горения расщепленной дуги на режиме: $I_d = 100 \text{ А.};$
 $U_d = 25-28 \text{ В.}$

Раскадровка показывает, что изначально дуга горит между различными стержнями электродов, затем, расплавленный металл с одного электрода соединяется с металлом поступающим с других электродов, что вызывает образование одной большой капли расплавленного металла. После сброса капли на изделие процесс переноса повторяется.

3.8 Определение способа переноса электродного металла при наплавке расщепленной дугой.

В результате экспериментов было выяснено, что в зависимости от значения тока наплавки перенос металла может осуществляться по разному. При низких режимах по току на концах электродов образуется общая капля жидкого металла (рисунок 3.20), что приводит к короткому замыканию и остановке процесса при переходе на способ наплавки независимой трехфазной дугой (рисунок 3.21).

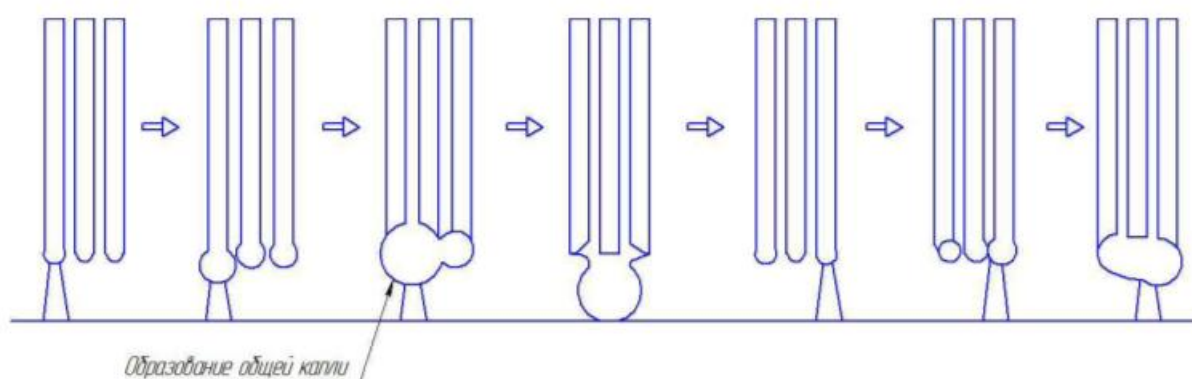


Рисунок 3.20 – Образование общей капли на торцах электродов.



Рисунок 3.21 – Короткое замыкание при включении трехфазной дуги.

При увеличении режима по току процесс переноса электродного металла происходит отдельными каплями с каждого электрода, при таком способе переноса переход на горение независимой трехфазной дуги не вызывает затруднений (рисунок 3.22).

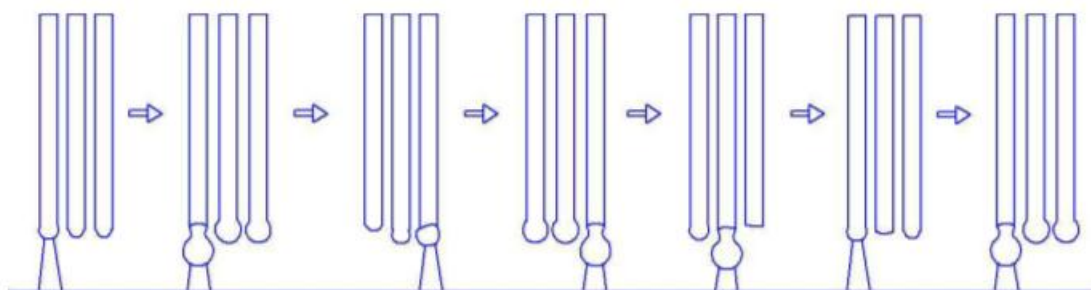


Рисунок 3.22 – Перенос металла с каждого электрода отдельно.

Для определения способа переноса электродного металла были сняты осциллограммы тока в каждом электроде отдельно. На рисунке 3.23 показана осциллограмма токов в электродах при образовании общей капли между электродами. В результате экспериментов выяснено, что такой способ переноса происходит при силе тока менее 110 А.

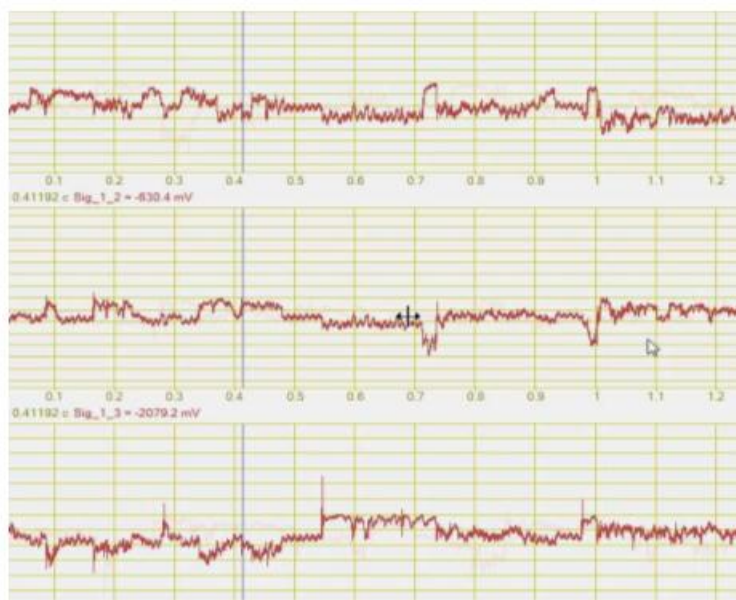


Рисунок 3.23 – Осциллограмма токов в электродах.

Таким образом было выяснено, что процесс надежного зажигания независимой трехфазной дуги осуществляется при силе тока более 110 А.

Осциллограмма токов в электродах, представленная на рисунке 3.24 показывает что процесс горения электродов на токе 120 А происходит без образования общей капли между стержнями.

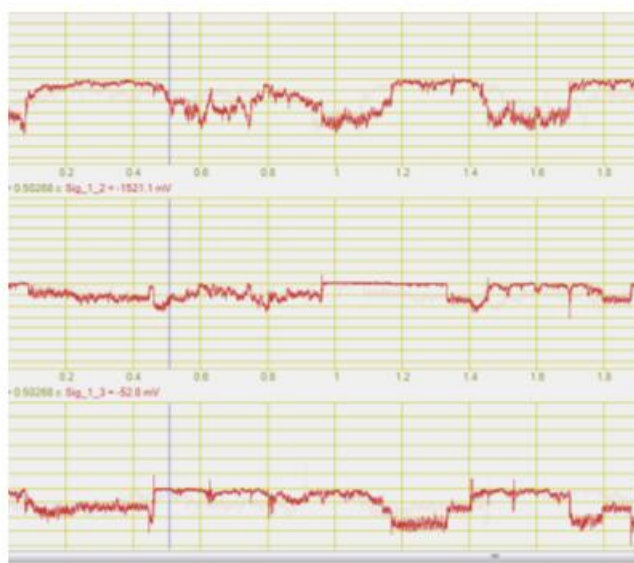


Рисунок 3.24 Осциллограмма токов в электродах.

Учитывая что в экспериментах использовались электроды диаметром 3 мм можно определить необходимую плотность тока для обеспечения процесса наплавки расщепленным электродом с переходом капли с каждого электрода отдельно. Плотность тока в электродах должна быть не менее 16 A/mm^2 .

3.9 Определение особенностей переноса электродного металла при наплавке косвенной трехфазной дугой.

Для определения особенностей переноса электродного металла в процессе наплавки косвенной трехфазной дугой пользовались методикой осциллографирования. При коротких замыканиях между электродами, вызванных касанием капель друг друга напряжение соответствующей дуги снижается почти до нуля и приобретает синусоидальную форму.

Процесс горения косвенной трехфазной дуги с периодическими короткими замыканиями показан на осциллограмме, представленной на рисунке 3.24.

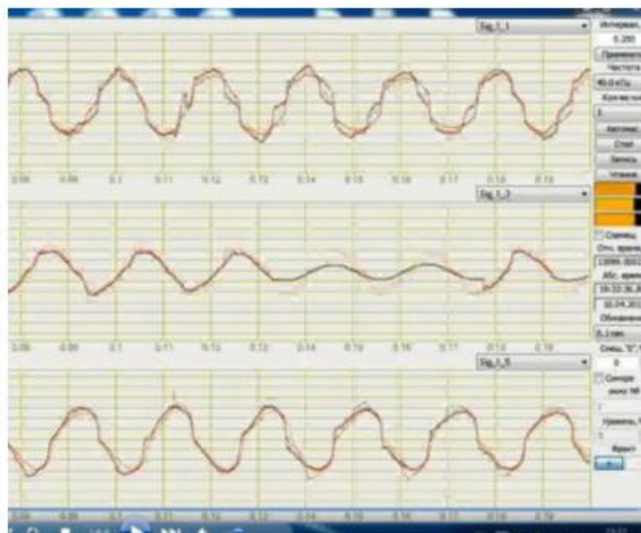


Рисунок 3.24- Процесс горения косвенной трехфазной дуги с периодическими короткими замыканиями.

На рисунке 3.25 показан процесс горения косвенной трехфазной дуги с периодическими короткими замыканиями между каплями.

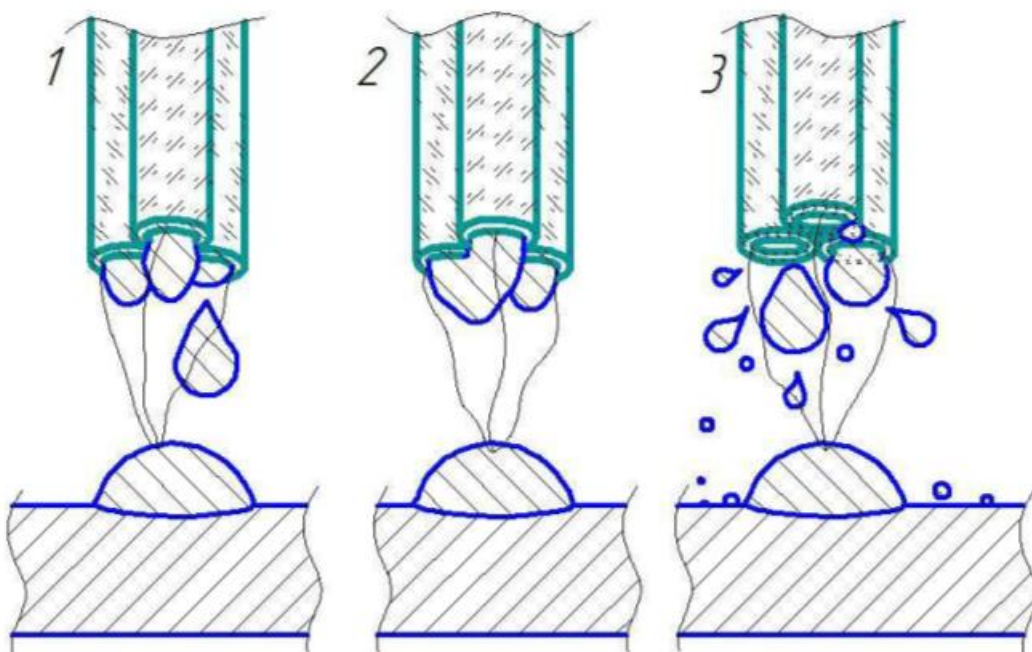


Рисунок 3.25 - Перенос электродного металла с короткими замыканиями при горении косвенной трехфазной дуги.

В результате проведенных экспериментов установлено, что обеспечить перенос металла без коротких замыканий между каплями возможно только при плотности тока в электродах свыше 12 А/м^2 .

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Введение

В настоящее время многоэлектродная наплавка привлекает все больше молодых ученых. Выясняются новые области рационального применения этого высокопроизводительного и экономичного технологического процесса, возможности которого непрерывно расширяются благодаря совершенствованию оборудования и технологических приемов.

В научно-исследовательской работе очень важно выявить и проанализировать опасности и вредности разрабатываемых конструкций и технологий. В задачи исследователя входит не только улучшение качества процессов, или повышение их производительности, но и уменьшение уровня вредных факторов, оказывающих влияние на персонал, который будет работать с этими процессами. К тому же существуют ситуации, когда опасность является скрытой и о ее существовании знает только сам исследователь. Поэтому выявлять опасности и вредности необходимо на стадии разработки процесса, а не перед внедрением его на производство, когда из-за чрезмерной опасности и вредности, возможно, придется возвращаться назад и изменять технологию.

4.1 Идентификация опасных и вредных факторов при экспериментальных работах

При анализе проведенных работ было выявлено что наибольшую опасность представляет поражение электрическим током.

При электросварке и наплавке трехфазным током процесс ведется тремя электродами, изолированными друг от друга, а металл плавится под действием дуги между каждым из электродов. В данном случае повышается

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

возможность поражения электрическим током, по этой причине при его применении повышенные требования предъявляются к изоляции электрододержателя, и особенно к изоляции электродов друг от друга.

При отводе электрода от свариваемого изделия дуга между электродами продолжает гореть, по этой причине при сварке трехфазным током сварочный аппарат оснащен автоматическим выключателем, обеспечивающим отключение дуги между двумя электродами при случайных разрывах дуг между электродами и изделием.

Во избежание поражения током снятие крышек с клеммников подающего механизма, открывание пульта управления, дверок аппаратного ящика и трансформатора и тому подобные действия, связанные с возможным касанием к токоведущим частям, должны производиться только после того, как рубильник выведен из пинцетов и установка, следовательно, полностью отключена от электрической сети. Надо также помнить, что при касании металлических частей крышки, дверец и так далее к изолированным токоведущим частям может быть повреждена их изоляция, и если они не обесточены это может привести к неожиданному образованию электрической дуги и расплавлению мест контакта. Поэтому выполнение указанных мер безопасности является обязательным.

Что касается внутренней среды помещения, то есть микроклимата, в соответствии с требованиями СанПин 2.2.4.548-96 работы по ручной дуговой наплавке относятся к средней тяжести, категория II-б.

Помещения характеризуются избыточным количеством тепла, паров, аэрозолей. ГОСТом 12.1.005-88, а так же санитарными нормами проектирования промышленных предприятий установлено предельно допустимое содержание вредных веществ и состояние воздуха в рабочей зоне.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74

Таблица 4.1 - Требования к параметрам микроклимата

Сезон года	Категория работ	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость воздуха	
		В рабочей зоне		В помещении вне рабочих мест	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
		Оптимальная	Допустимая					
Холодный	П-6 201- 250 ккал/ч	17÷19	15÷21	13÷24	40÷60	75	0,3	0,4
Тёплый	П-6 201- 250 ккал/ч	20÷22	18÷24	13÷24	40÷60	75	0,4	0,4

Таблица 4.2 - Требования к параметрам содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Выделяющиеся вещества	ПДК воздуха, мг/м ³
Оксид марганца	0,3
Оксид никеля	0,5
Оксид углерода	20
Оксид хрома	1

Нормализация воздуха в рабочей зоне достигается с помощью вентиляции и отсоса загрязнённого воздуха от установки для наплавки.

4.2 Вредные и опасные факторы воздействия на работающего

Определяющим фактором воздействия на человека является сила тока, протекающего через организм. Она зависит от сопротивления тела человека и напряжения, под которым оказался человек. Сопротивление тела складывается из сопротивления кожи и внутренних тканей. Поэтому при обеспечении электробезопасности выбирают или разрабатывают такие меры защиты, чтобы в случае попадания человека под напряжение ток, проходящий через его тело, не превышал значений 10-15 мА - для переменного и 50-70 мА для постоянного.

Вероятность поражения человека электрическим током зависит от условий, в которых применяют электроустановки и средств защиты, рекомендуемых для различных условий. По степени опасности поражения током выделяют три класса помещений.

Наплавочные работы производятся на участке наплавки. Данный участок относится к третьему классу помещений - особоопасные. Напряжение питающей сети составляет 380 Вольт, поэтому необходимо наличие надежной изоляции всех проводов, связанных с питанием источника тока и сварочной дуги, а так же защитное отключение электроустановок. В местах возможного поражения электрическим током приведены соответствующие таблицы и надписи.

В качестве мер защиты используется метод защитного заземления, заключающийся в преднамеренном электрическом соединении частей оборудования, не находящихся под напряжением в нормальных условиях работы, с заземляющим устройством, в том случае если эти части могут оказаться под напряжением в аварийных ситуациях.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

4.2.1 Расчёт местной вытяжной вентиляции

Устройство местной вытяжной вентиляции делают в виде укрытий или местных отсосов количество воздуха, который необходимо удалить от укрытий и отсосов определяют по формуле:

$$L=3600 F_0 V_{\text{воз}}, \quad (4.1)$$

где F_0 – площадь открытых проёмов, через которые засасывается воздух;

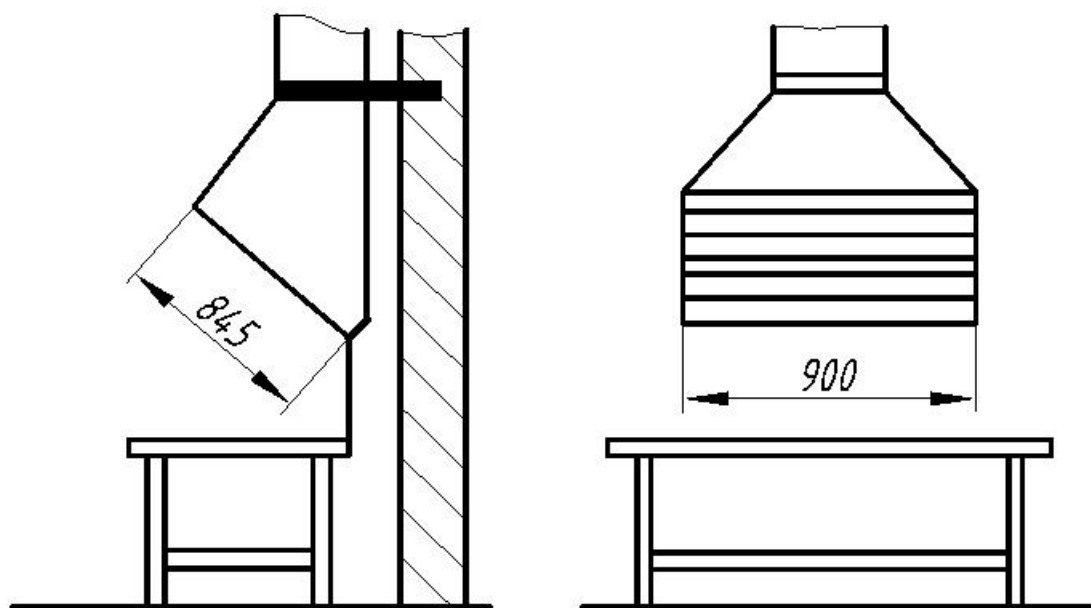


Рисунок 4.1- Местная вентиляция.

$$F_0 = 0,9 \cdot 0,845 = 0,7605 \text{ м}^2$$

где: $V_{\text{воз}}$ -скорость воздуха в этих проёмах;

$$V_{\text{воз}} = (2,0 \div 2,5) V_{\text{внт}}$$

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

$V_{\text{внт}}$ – скорость витания частиц.

$$V_{\text{внт}} = 4,65 \sqrt{dr \frac{\rho_r - \rho_v}{\rho_v}}, \quad (4.2)$$

где dr - диаметр частиц твёрдой фазы; $dr=0,008\text{мм}$;

ρ_r - плотность частиц, $\rho_r=4,5 \times 10^{-3}\text{кг}\backslash\text{м}^3$;

ρ_v - плотность воздуха, $\rho_v=1,3 \text{ кг}\backslash\text{м}^3$.

$$V_{\text{внт}} = 4,65 \sqrt{8 \times 10^{-6} \frac{4,5 \times 10^{-3} - 1,3}{1,3}} = 0,77 \text{ м}\backslash\text{с} ,$$

$$V_{\text{воз}} = 2,25 \cdot 0,77 = 1,73 \text{ м}\backslash\text{с}., \quad (4.3)$$

$$L = 3600 \cdot 0,7605 \cdot 1,73 = 4736,4 \text{ м}^3\backslash\text{ч}. \quad (4.4)$$

Мощность двигателя необходимая для создания рассчитанного расхода воздуха:

$$N_{\text{дв}} = \frac{LH}{3600 \times 10^2 \times \tau_{\text{вент}} \times \tau_n}, \quad (4.5)$$

где L - количество забираемого воздуха;

H - сопротивление воздуховодов, $H= 1\text{кПа}$;

$\tau_{\text{вент}}$ - коэффициент полезного действия вентилятора, $\tau_{\text{вент}} = 0,7$;

τ_n - коэффициент полезного действия передачи принимаемый при размещении вентилятора на одном валу с двигателем, $\tau_n = 1$.

$$N_{\text{дв}} = \frac{4736,4 \times 100}{3600 \times 10^2 \times 0,7 \times 1} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя необходимого для отсоса воздуха в данном случае равна 1,9кВт. Выбираем двигатель 90L4\1425, номинальная мощность которого равна 2,2кВт.

4.3 Обеспечение пожарной безопасности

В данном случае помещение относится к классу П-Па – пространство в помещении, в котором находятся твердые горючие вещества и материалы. Необходимо иметь как минимум два порошковых огнетушителей вместимостью 5 литров.

Основные причины пожара являются: замыкание токоподводящих элементов; разбрызгивание расплавленного металла. Для обеспечения пожарной безопасности электрические цепи рассчитывают в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребления», которые предусматривают выбор необходимого сечения проводов и изоляции, защиту предохранительными устройствами в зависимости от нагрузки в сети и категории помещения, в котором находится электроустановка. По НПБ 105-95 категория производства Г, огнестойкость сооружения 1. Наплавочные участки предусматриваются сооружать из негорючих материалов, брызги расплавленного металла вызывают пожар. В месте производства наплавочных работ недопустимо скопление ветоши и воспламеняющихся смазывающих материалов. Для быстрой ликвидации пожара предусматривается бочка с водой и ведро, ящик с песком, лопата, два ручных огнетушителя. Пожарные краны, рукава, стволы, огнетушители и другие средства пожаротушения необходимо содержать в исправности и хранить в определенных местах по согласованию с органами пожарного надзора.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

4.4 Требования пожарной безопасности к электроустановкам по ПУЭ-2007

4.4.1 После окончания всех работ все электроустановки и электроприборы должны быть обесточены (за исключением аварийного и дежурного освещения, автоматических установок пожаротушения, пожарной и охранной сигнализации, а также установок, работающих круглосуточно по требованию технологии).

4.4.2 Не допускается прокладывание воздушных линий электропередач и наружных электропроводок над горючими материалами.

4.4.3 На каждом источнике электроэнергии (розетке) нанесена маркировка напряжения (220 В, 380 В).

4.4.4 При эксплуатации электроустановок запрещается:

использовать электроаппаратуру и приборы в условиях, не соответствующих рекомендациям (инструкциям) предприятий-изготовителей, или имеющие неисправности, могущие привести к пожару, а также эксплуатировать провода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;

пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, пакетниками, реле;

обертывать электролампы и светильники бумагой, тканью, эксплуатировать их со снятыми рассеивателями;

пользоваться электронагревательными приборами без подставок из негорючих материалов;

оставлять без присмотра включенные в сеть электронагревательные приборы, телевизоры, радиоприемники и т.п.;

применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы, использовать некалиброванные плавкие вставки.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		80

4.4.5 В одной трубе, металлорукаве, пучке, замкнутом канале двух и более электрокабелей не допускается.

4.5.1 Средства индивидуальной защиты

1. Защитные очки или маски
2. местная вытяжная вентиляция
3. диэлектрические перчатки и коврики.

4.5.2. Запретительные меры

Во время проведения экспериментальных работ запрещается:

1. Включать электрооборудование в электросеть мокрыми или влажными руками.
- 2 Прикасаться к незащищенным элементам устройств находящимся под напряжением.
- 3 Оставлять включенное электрооборудование без присмотра.
- 4 Передавать в эксплуатацию электрооборудование лицам, не имеющим право работать с ним.
- 5 Ударять по электрооборудованию.
- 6 Снимать средства защиты.
- 7 Дергать за подводящий провод для отключения.
- 8 Натягивать, перекручивать и перегибать подводящий кабель.
- 9 Допускать касание кабеля (шнура) с горячими или теплыми предметами.
- 10 Производить разборку или ремонт электрооборудования.
- 11 При обнаружении неисправности электрооборудования, работа должна быть немедленно остановлена.

4.5.3 Безопасность по окончании проведения работ

- 1 Отключить оборудование от источника питания ,выключить вытяжную вентиляцию при необходимости обесточить помещение.
- 2 Привести в порядок рабочее место, убрать оборудование и приборы на хранение в отведенное для этого место.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		81

3. Снять спецодежду и тщательно вымыть руки.

4.5 Заключение

1. С целью предотвращения поражения электрическим током источник питания предусматривается заземлять.

2. Токоподводы должны быть окрашены в красный цвет и маркироваться по подводимому напряжению.

3. Для защиты лица и тела от ожогов и ранений сварщики должны надевать брезентовый костюм и такие же рукавицы, а также защитные очки с синими или дымчатыми стеклами, что предохранит глаза от ослепительного света дуги и ванны.

4. Для предотвращения разбрызгивания жидкого металла и от попадания на незащищенный участок тела предусмотрено применение специальной одежды в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.003-86. (2000).

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82

5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

5.1 Разработка сетевого графика для исследовательской работы

При создании сложной новой техники возникает необходимость в улучшении планово – организационных работ, что возможно только на основе математизации и автоматизации плановых расчетов и их анализа. Решения, принимаемые по вопросам планирования, организации и контроля производственной деятельности, должны получить строгую научную основу в условиях экономико – математического моделирования планово– производственных задач.

Одним из методов анализа и контроля является метод, основанный на построении сетевых моделей. Этот метод, по сравнению с другими, позволяет:

- а) наглядно увидеть взаимосвязи между выполняемыми работами;
- б) установить перечень и непрерывную последовательность работ;
- в) изменить продолжительность отдельных работ без изменения директивных сроков разработки и внедрения в целом;
- г) перераспределить ресурсы в целях оптимизации плана, т. е. обеспечить наиболее благоприятные условия его выполнения.

Модель всего процесса создания объекта изображена в виде ориентированного графика (рисунок 5.1).

На графике показаны работы и события. Работой является тот или иной процесс, а событием – момент завершения работы. На рисунке 5.1 событие обозначено кружком, а работа – стрелкой. Для удобства расчета кружки сетевого графика разбивают на четыре сектора: 1) ранний срок свершения события; 2) поздний срок свершения события; 3) резерв времени; 4) номер события.

Важнейшими параметрами сетевой модели являются ранние и поздние сроки наступления событий, резервы времени событий и работ,

продолжительность критического пути. Эти параметры являются исходными для получения ряда дополнительных характеристик, а также анализа сети.

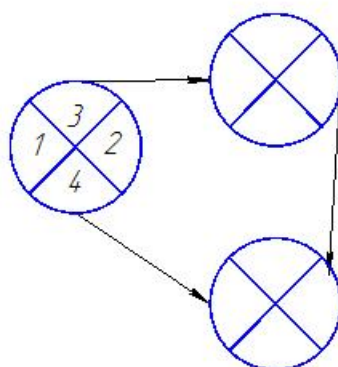


Рисунок 5.1 - Элемент сетевого графика

Путем сетевого графика называется любая упорядоченная последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием непосредственно следующей за ней работы.

По своей структуре пути сетевого графика делятся на следующие виды.

Полный путь, т. е. путь, начало которого совпадает с исходным, а конец – с завершающим событием сетевого графика.

Критический путь, т. е. полный путь, имеющий максимальную продолжительность. Продолжительность критического пути определяет общую продолжительность выполнения всей разработки. Изменение продолжительности любой работы, лежащей на критическом пути, меняет срок наступления завершающего события, т. е. дату достижения конечной цели разработки. Поэтому возможность выделить критический путь сосредоточить внимание, силы средства первую очередь на выполнении работ этого пути имеет чрезвычайно большое значение в системах СПУ и является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокую эффективность этих систем.

Перенапряженные пути – это полные пути сетевого графика, которые по продолжительности меньше критического. В сетевой модели работы всех путей выполняются параллельно с работами критического пути. Перенапряженные пути обладают важным свойством – участки, не совпадающие с критической последовательностью работ имеют резервы времени. Это означает, что задержка в свершении событий, лежащих на некритическом пути, до определенного момента не влияет на сроки завершения разработки в целом.

Критический путь резервами не располагает. Таким образом, если даже удастся соблюдать установленные сроки наступления завершающего события при задержке выполнения какой – либо из работ критического пути, то это достигается за счет переоценки сроков выполнения других работ. Поэтому напряженные пути могут рассматриваться как источник перераспределения ресурсов. Перераспределение ресурсов с передачей их на работы критического пути приводит к сокращению продолжительности последнего и таким образом приближает срок наступления завершающего события.

Ранний срок \dot{O}_j^p наступления события j – это минимально необходимое время для выполнения всех работ, предшествовавших данному событию:

$$\dot{O}_j^p = \max(\dot{O}_i^p + t_{ij}) \quad (5.1)$$

где \dot{O}_i^p - ранний срок предыдущего события;

t_{ij} - продолжительность работы, связывающей предшествующее событие i с последующим событием j .

Поздний срок \dot{O}_i^z наступления события i – это максимальный из допустимых моментов наступления данного события i , превышение которого

на некоторую величину вызовет аналогичную задержку наступления завершающего события:

$$\dot{O}_i^i = \min(\dot{O}_j^i + t_{ij}) \quad (5.2)$$

где \dot{O}_j^i - поздний срок предыдущего события j за рассматриваемым событием i ;

Резерв времени R_i события i – это промежуток времени, на который может быть отсрочено наступление этого события без нарушения сроков завершения всей разработки в целом.

$$R_i = T_i^i - T_i^p \quad (5.3)$$

Резервами времени располагают не только события, но и пути и работы, лежащие на некритическом пути.

Разница между длиной критического пути $t(L_{\text{сб}})$ и длиной любого пути $t(L_i)$ называется полным резервом времени пути.

$$R(L_i) = t(L_{\text{сб}}) - t(L_i) \quad (5.4)$$

Полный резерв времени пути $R(L_i)$ показывает, насколько могут быть увеличены продолжительности всех работ, лежащих на данном пути в сумме.

Полный резерв времени работы R_{nij} - это максимальное количество времени, на которое можно увеличивать продолжительность данной работы, не изменяя при этом продолжительность критического пути:

$$R_{nij} = T_j^n + T_i^p - t_{ij} \quad (5.5)$$

Полный резерв времени работы обладает важным свойством, который следует учитывать: полное или частичное его использование данной работы уменьшает на такую же величину полные резервы всех остальных работ полных путей, которым принадлежит эта работа.

У отдельных работ помимо полного резерва времени имеется свободный резерв времени R_{cij} , который равен разности между ранними сроками наступления начального i и конечного j события и продолжительности работы t_{ij} .

$$R_{cij} = T_j^p + T_i^p - t_{ij} \quad (5.6)$$

Свободный резерв времени – т. е. максимальное количество времени, на которое можно увеличить продолжительность работы или отсрочить ее начало, не изменяя при этом ранних сроков начала последующих работ, при условии, что начальное событие этой работы наступило в свой ранний срок.

Он является независимым резервом, так как принадлежит только данной работе и его использование не меняет величины свободных резервов

Коэффициент напряженности работы – это отношение продолжительности отрезка наибольшего из некритических путей, проходящих через данную работу, к продолжительности несовпадающего отрезка критического пути, проходящего через эту работу:

$$K_{ij} = \frac{t(L_{\max}) - t'(L_{\delta\delta})}{t(L_{\delta\delta}) - t'(L_{\delta\delta})} \quad (5.7)$$

Где $t(L_{\max})$ - протяженность максимального пути, проходящего через данную работу; $t'(L_{\delta\delta})$ - отрезок пути, совпадающий с критическим путем; $t(L_{\delta\delta})$ - длина критического пути.

Таблица 5.1 – Продолжительность работ

работы	Наименование	Продолжительность, дн.
0	Получение задания	-
1	Поиск литературных источников	16
2	Сборка установки для ручной дуговой наплавки	19
3	Изготовление трехфазного держателя	3
4	Изготовление специальных электродов	11
5	Подключение измерительной аппаратуры	7
6	Проведение экспериментов	5
7	Резка образцов	1
8	Шлифование образцов	5
9	Травление образцов	2
10	Анализ полученных результатов	5

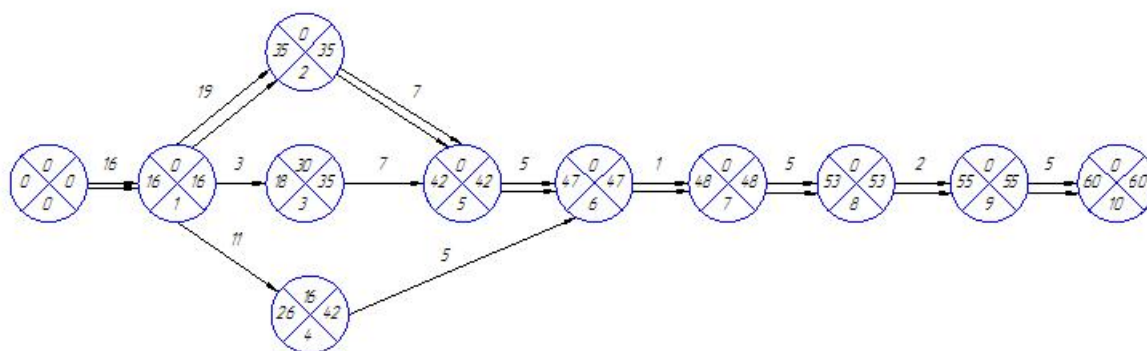


Рисунок 5.2 - Сетевой график проведения экспериментов

Таблица 5.2- Коэффициенты напряженности некритических путей

Обозначение пути	Последовательность событий пути	Коэффициент напряженности
L_1	0,1,4,5,6,7,8,9,10	0,55
L_2	0,1,3,5,6,7,8,9,10	0,39

5.2 Определение сметной стоимости научно-исследовательской работы

Общую сумму затрат на выполнение конкретной темы или разработки называют сметкой стоимостью НИОКР; ее рассчитывают по следующим калькуляционным статьям расходов:

5.2.1 Затраты на материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.

На эту статью относится стоимость всех основных материалов, покупных комплектующих изделий и полуфабрикатов (в том числе на изготовление макетов и опытных образцов), включая расходы на их приобретение, транспортировку и доставку на склады организации.

Стоимость вспомогательных материалов относится на эту статью только в том случае, если их расход связан с выполнением данной темы; во всех других случаях она относится на статью «Накладные расходы». Материалы оцениваются по действующим оптовым ценам с обязательным включением всех транспортно-заготовительных расходов, которые в НИИ и КБ составляют от 5 до 10% стоимости материалов и комплектующих изделий. Стоимость материалов уменьшается на стоимость реализуемых отходов.

Таблица 5.3- Стоимость используемых материалов

Наименование	количество, ед. измерения	Сумма затрат, руб
Электроды сварочные покрытые ОК-46	1 шт.; пачка (5,3 кг);	550
Металл листовой Ст 3	30 кг	780
Итого		1330

5.2.2 Специальное оборудование для научных и экспериментальных работ.

Таблица 5.4 - Перечень оборудования, приборов, аппаратуры, используемых в процессе выполнения НИР

Наименование	количество, ед. измерения	Стоимость, руб
Сварочный выпрямитель ВД-306	1 шт.	30000
Аналогово-цифровой преобразователь ZET 210	1 шт.	21000
Реостат балластный РБ 302	3 шт.	15000
Тиристор Т161-160-6	18 шт	13500
Вольтметр Э365 15В	3 шт.	3000
Амперметр Э47	3 шт.	1500
Итого		84000

5.2.3 Основная заработная плата исполнителей НИОКР.

Расчет стоимости одного норма часа 893

Производим расчет по формуле:

$$З = О * 1,6 + Н. \quad (5.8)$$

где О- оклад,

О=9625,

Н- надбавки к заработной плате за совмещение профессий, за стаж, за научную степень сотрудника и др.

Н=7200,

$$З = 9625 * 1,6 + 7200 = 22600$$

По действующему законодательству ставка подоходного налога для граждан составляет 13%.

$$З = 22600 - 13\% = 19662.$$

Расчет стоимости одного норма- часа 893,73 руб.

Согласно перечню исследовательских работ время выполнения составляет 60 дней.

$$893,73 \cdot 60 = 53623 \text{руб.}$$

5.2.4 Дополнительная заработная плата исполнителей НИОКР.

$$L_{д} = L_{ос.} \cdot k_{д.з.}; \quad (5.9)$$

где $k_{д.з.}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (0,14-0,15).

$$L_{д} = 53623 \cdot 0,15 = 8043,57 \text{руб.}$$

5.2.5 Отчисления на социальные нужды.

$$L_{с.н.} = (L_{ос.} + L_{д}) \cdot k_{с.}; \quad (5.10)$$

где $k_{с.}$ = 31,2%.

$$L_{с.н.} = (53623 + 8043,57) \cdot 0,312 = 19239 \text{руб.}$$

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

5.2.6 Накладные расходы.

К данной статье относятся расходы на производство, управление и хозяйственное обслуживание, которые в равной степени касаются всех разработок, проводимых в организации (например, расходы на энергию, топливо, амортизационные отчисления от стоимости основных фондов, стоимость вспомогательных материалов, заработная плата аппарата управления, канцелярские расходы и пр.).

Величина накладных расходов определяется как :

$$S_k = L_{oc} \cdot k_k ; \quad (5.11)$$

где $k_k = 0,9$.

$$S_k = 8049 \cdot 0,9 = 7244,1 \text{ руб.}$$

5.2.7 Полученные результаты затрат внесем в таблицу.

Таблица 5.5 - Смета затрат на проведение НИР

Наименование	Сумма, руб.
1. Затраты на материалы, в том числе:	
- сварочные	550
-основные	780
2. Затраты на оборудование	84000
3. Затраты на оплату труда научно технического персонала, в том числе:	
-основную	53623
-дополнительную	8043,57
-отчисления на социальные нужды	19239
4. Накладные расходы	48261
Итого	213880,87

Вывод:

В ходе выполнения дипломного проекта были произведены экономические расчеты затрат на проведение научных исследований. Сумма расходов на проведение исследований составила 213880,87 руб. Определены основные этапы работы и время на их выполнение, в результате, построен сетевой график.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		94

Заключение.

Цели и задачи, поставленные в период выполнения дипломного проекта были успешно выполнены. Определены особенности горения косвенной трехфазной дуги на различных режимах. Построен график зависимости доли участия основного в наплавленном и производительности от силы сварочного тока. Разработан способ, обеспечивающий надежное сплавление основного и наплавленного металла после старта процесса за счет применения расщепленной дуги. Определены особенности горения расщепленной дуги, рассмотрены варианты переноса электродного металла при наплавке этим способом. Выяснено, что при использовании электродов диаметром 3 мм благоприятный перенос металла происходит на токах свыше 110 А. На основании этого установлено, что для успешного перехода с расщепленной дуги на независимую трехфазную необходимо обеспечить плотность тока в электродах не менее 16 А/мм^2 . В результате проведенных экспериментов установлено, что обеспечить перенос металла без коротких замыканий между каплями при горении косвенной трехфазной дуги возможно только при плотности тока в электродах свыше 12 А/мм^2 . Полученные результаты подтверждены фотографиями и осциллограммами процессов.

Также решены вопросы по обеспечению безопасности и экологичности проекта. Приведены затраты на проведение НИР.

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		95

Список литературы.

1. Г. П. Михайлов. Сварка трехфазной дугой. М., Машгиз, 1956.
2. И. Я. Рабинович. Оборудование для дуговой электрической сварки. М., Машгиз, 1958.
3. Смирнов В. В. Оборудование для дуговой сварки: справочное пособие/ В. В. Смирнов. Л.: Энергоатомиздат. Ленинград. отд-ние, 1986, 565 с
4. Н. Ф. Грохольский. Восстановление деталей машин наплавкой. М., Машгиз, 1966 г.
5. Мейстер Р.А. Об устойчивости горения трехфазной дуги при наплавке тонкой проволокой / Р.А. Мейстер // Сварочное производство. – 1985. - №6. – с. 35.
6. Мейстер Р.А. Нестандартные источники питания для сварки. Учеб. пособие /Р.А. Мейстер Красноярск: ИПЦ КГТУ 2004,96с.
7. Милютин В.С. Коротков В.А. Источники питания для сварки: Учебное пособие. – Челябинск: Металлургия Урала, 1999. – 368с.
8. Арлаускис В. Ю. Исследование технологического процесса сварки на переменном токе промышленной частоты от источника с индуктивностью и емкостью в сварочной цепи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Ленинград, 1975, 20с
9. В.Г. Жуковский, В.П. Фещенко. Исследования сварочного источника питания с последовательно включенными конденсаторами во вторичной цепи трансформатора. Новые сварочные источники питания: Сб. науч. тр./АН Украины. Ин-т электросварки им. Е.О. Патона, Киев, 1992, 144 с.
10. Наркявичус В.Ю. Арлаускас. Исследование влияния конструкции дросселя на эластичность малоамперной дуги переменного тока промышленной частоты. Тезисы докладов межотраслевой республиканской научно-технической конференции. 2 часть 1977 г.
11. ГОСТ 25616–83. Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств.
12. Мейстер Р.А. Наплавка независимой трехфазной дугой/Р.А. Мейстер// Достижение ученых в развитии машиностроительного комплекса Красноярского края: Материалы научно-практической

					<i>ДП – 150202.65 – 071016753 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		96

конференции/ Под. ред. А.М. Токмина, В.Ф. Терентьева. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001, 72с.

13. Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги: Учебник для вузов / О.Н. Браткова. -М.: Высш. шк., 1982. -183 с.

14. Кондрасенко В.Я. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие / В.Я. Кондрасенко, А.И. Жуков; КГТУ. -Красноярск, 1998. 245 с.

15. Безопасность и экологичность проекта: Методические указания по преддипломной практике и дипломному проектированию для студентов МТФ / Сост. А.И. Жуков, В.Я. Кондрасенко, В.В. Колот; КрПИ. Красноярск, 1992. -37 с.

16. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ СВ. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. СВ. Белова. 3-е изд., испр. и доп.— М.: Высш. шк., 2001.— 485 с: ил:

17. Оптимизация сетевых графиков во времени. Методические указания по лабораторной работе для студентов специальностей 23.01 – «Радиотехника», 23.03 – «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» / Сост. А.Т.Замлелая; КрПИ,- Красноярск, 1990.- 23с.

18. Оборудование и технология сварочного производства: Метод, указания по преддипломной практике и итоговой государственной аттестации студентов направлений подготовки дипломированных специалистов 651400 - «Машиностроительные технологии и оборудование» (спец. 120500) и 030000 - «Педагогические специальности» (спец. 030500.08) / Сост. Ю. Г. Уткин, А. И. Мельников, А. И. Демченко, П. Н. Космодемьянский. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. 52 с.

19. Стандарт организации. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. СТО 4.2–07–2014