

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Технология сборки и сварки прицепного устройства
сеялки»

Студент

А.В.Гончаренко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн.наук, доцент, Г.М. Короткова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

В настоящее время, благодаря действующим мерам государственной поддержки, сельское хозяйство активно развивается. На основании этого продукция сельскохозяйственного машиностроения востребована.

Технология сборки и сварки узла прицепного устройства сеялки должна быть создана с учётом современных конструкционных решений, которые дают возможность существенно снизить себестоимость производимой сельскохозяйственной продукции на рынке.

Базовый вариант работ, который выполняется механизированной сваркой плавящимся электродом в среде углекислого газа, имеет недостаток, которым является высокий коэффициент разбрызгивания и чрезмерно высокий коэффициент налипания на изделие расплавленного металла.

Поставленная цель – повышение качества и производительности изготовления удлинителя дышла прицепного устройства для сельскохозяйственной техники за счет использования механизированной сварки в среде защитных газов.

В ходе подготовки исполнительной части были выполнены следующие работы: изучены особенности сварки плавящимся электродом в защитной среде газов; выбраны и доработаны приспособления для сварки узла прицепного устройства; обоснован выбор сварочного и сборочного оборудования; проведен расчет экономической эффективности предложенного технологического процесса.

Выполнен анализ проектной технологии сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитан годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений и составляет 51 359,4 рублей.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство узла прицепного устройства сеялки.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ конструкции сеялки с прицепным устройством	6
1.1 Описание конструкции прицепного устройства.....	6
1.2 Базовая технология сборки и сварки прицепного устройства	8
1.3 Анализ способов сборки и сварки удлинителя дышла прицепного устройства.....	13
1.4 Способы управления процессом сварки плавящимся электродом.....	21
2 Выбор и доработка приспособления для сварки узла прицепного устройства	
2.1 Описание конструкции приспособления.....	35
2.2 Доработка конструкции приспособления.....	37
3 Разработка технологии сборки и сварки прицепного устройства	41
3.1 Выбор параметров режима сварки с минимальным разбрызгиванием.....	41
3.2 Выбор сварочного оборудования для сварки узла прицепного устройства.....	47
3.3 Технологический процесс сборки и сварки	51
4 Безопасность и экологичность предлагаемых решений	56
5 Экономическая эффективность технологического процесса	65
Заключение	84
Список используемой литературы и используемых источников	85

Введение

Современное будущее сварочного производства раскрывается в появлении новых конструкций, узлов и автоматизации процессов сварки. В решении задач автоматизации необходим комплексный подход к проблеме. Это подразумевает, что полный процесс сварочного производства возможен только при единой системе действий заготовительных, производственных, сварочных, покрасочных, транспортных цехов.

При введении на сварочном участке автоматического и механизированного оборудования, комфортного для рабочих на производстве, можно увеличить скорость изготовления деталей, улучшить качество сварочных швов, уменьшить численность рабочего персонала, достичь безопасных условий для рабочих.

Если на производстве достигнуты все необходимые экономические, технические и организационные условия, для более эффективного развития сварочного производства необходимо ускорить внедрение автоматизированного процесса сварки, с применением роботизированных сварочных машин и конвейерных линий.

В современном машиностроении, особенно в сварочном производстве, большое внимание уделяется технологиям процессов сварки, а также используемым материалам и сплавам. С каждым годом на предприятиях требования к качеству сварных соединений и деталей становятся все строже. На этапе сборки и сварки должны сохраняться изначальные формы и размеры детали, заданные в документации. Не допускается изменения внутренних характеристик и основных свойств металла после завершения сварочного процесса.

Среди конструкционных металлов немаловажное значение имеет низколегированная сталь. Данная сталь обладает высокой механической прочностью, легко поддается прокату, позволяет использовать более тонкие элементы по сравнению с использованием сталей прочих видов, имеет

существенное свойство сопротивления коррозии. Высокая температурная устойчивость позволяет использовать сталь в температурном диапазоне от -70 до +450 °С. Так как данная сталь является низкоуглеродистой, поэтому она легко сваривается всеми доступными способами – ручной дуговой сваркой, механизированной, сваркой неплавящимся электродом, сваркой под флюсом и газовой защитой.

Металлы, состоящие из низколегированной стали, широко применяются практически во всех сферах машиностроения и производства разнообразных деталей сельскохозяйственных машин и оборудования.

Объектом разработки является технология изготовления конструкций и узлов машин сельскохозяйственного назначения.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки прицепного устройства сеялки.

Целью дипломного проекта является повышение качества и производительности изготовления удлинителя дышла прицепного устройства для сельскохозяйственной техники за счет использования механизированной сварки в среде защитных газов.

1 Анализ конструкции сеялки с прицепным устройством

1.1 Описание конструкции прицепного устройства

Конструкция сеялки служит для посева зерновых культур, приводится в действие с помощью трактора, состоит из основного комплекса машины, шасси и прицепного устройства (рисунок 1).

Производится конструкция на АО «Евротехника». АО «Евротехника» — ведущее российское сельскохозяйственное машиностроительное предприятие с немецкими инвестициями по производству технологических комплексов машин для возделывания зерновых и масличных культур по современным ресурсосберегающим технологиям.



Рисунок 1 - Сеялка с прицепным устройством

Изделие сеялки с прицепным устройством производится из стали марки 09Г2С. Данный вид стали относится к конструкционной, низколегированной, обладает хорошей свариваемостью [5]. Применяется для

изготовления элементов и деталей сварных конструкций, широко используется в машиностроении, в том числе для производства элементов сельскохозяйственной техники. Данный вид стали имеет широкий температурный диапазон -70 до $+425$ °С, что позволяет применять материал там, где происходят сильные деформации за длительный эксплуатационный срок. Рассмотрим характеристики металла, которые приведены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 - Химический состав в % материала 09Г2С [1]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
до 0,12	0,5 - 0,8	1,3 - 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08	~96- 97

Таблица 2 - Температура критических точек материала 09Г2С

$A_{c1} = 725$	$A_{c3}(A_{cm}) = 860$	$A_{r3}(A_{rcm}) = 780$	$A_{r1} = 625$
----------------	------------------------	-------------------------	----------------

Таблица 3 - Технологические свойства материала 09Г2С [1]

Свариваемость:	Без ограничений
Способы сварки:	РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС, МП
Склонность к отпускной хрупкости:	не склонна

Прицепное устройство состоит из рамы и удлинителя дышла. Для изготовления данных узлов на производство поступают готовые для сварки детали и комплектующие. Далее детали помещаются в специально собранный стапель, и с помощью механизированной сварки в среде защитных газов собираются в цельную конструкцию. При сварке данных узлов используется тавровое соединение Т1 (таблица 4).

Таблица 4 - Обозначение сварных швов [6]

ГОСТ	Способ сварки	Шов							
		Тип соединения	Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения		Условное обозначение		
Тавровое	Без скоса кромок				Односторонний	Подготовленных кромок		Выполненного шва	
ГОСТ 14771-76	МП								Т1

Таким образом, рассмотрены типы сварных швов, используемых при сварке данного изделия, и их обозначения.

1.2 Базовая технология сборки и сварки прицепного устройства

Базовая технология изготовления удлинителя дышла прицепного устройства включает в себя последовательность следующих операций [1].

Заготовка деталей начинается с доставки на заготовительный участок листового металла марки 09Г2С с размерами 6000x1500x8 мм. С помощью плазменной резки осуществляется раскрой и резка металла по ранее запрограммированным параметрам и размерам (рисунок 2).



Рисунок 2-Аппарат с числовым программным управлением плазменной резки
На следующем этапе детали поставляются на дробеструйную

обработку металла, где происходит удаление ржавчины и окалины (рисунок 3).



Рисунок 3 - Дробеструйная обработка металла

Далее заготовки доставляют к станку для гидравлического сгибания по шаблонам, удерживая нужный угол загиба (рисунок 4).



Рисунок 4 - Листогибочный пресс

После чего заготовки комплектуются и отправляются на сварочный участок.

На данном этапе детали закладываются в стапель в соответствии с чертежом, фиксируются струбцинами (прижимами). Проверяются размеры, после чего детали прихватываются и свариваются рабочими, имеющими сертификат качества НАКС. При этом используется сварочная проволока ESAB OK AristoRod 12.50 с диаметром проволоки 1,2мм. Химический и механические свойства представлены в таблице 5 и таблице 6 соответственно.

Таблица 5 - Химический состав ESAB OK AristoRod 12.50

C	Mn	Si	P	S	Cu
0.06-0.14	1.40-1.60	0.80-1.00	max 0.025	max 0.025	max 0.15

Таблица 6 – Механические свойства ESAB OK AristoRod 12.50

Защитный газ – CO ₂						
Предел текучести Н/мм ²	σ _T	Предел прочности Н/мм ²	σ _B	Относительное удлинение δ, %	Ударная вязкость KCV, Дж/см ²	Ударная вязкость KCU, Дж/см ²
440		540		25	138 при +20 °С 123 при -30 °С	≥34 при -60 °С

В качестве защитного газа применяется CO₂, который является важной составной частью сварочных защитных газовых смесей.

К особенностям сварки с применением газа CO₂ относятся:

- интенсивное плавление на низких токах;
- подходит для сварки в любой пространственной позиции;
- подходит для сварки материала любой толщины;
- нельзя настроить дугу для обеспечения струйного переноса материала электрода;
- не подходит для импульсной сварки, так как сопровождается высоким брызгообразованием.

Для сварки прицепного устройства используется сварочный режим, который приведен в таблице 7.

Таблица 7 - Базовый режим при сварке CO₂ [20]

Зона шва	Пространственное положение	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Количество проходов	Величина сварочного тока, А	Величина напряжения дуги, В	Вылет электрода
Однопроходный шов	Нижнее	8,0	1,2-1,6	1	140—300	24-28	2—20

Сварочные работы выполняются на аппарате Cloos GLC 451-C, внешний вид которого приведен на рисунке 5, а его технические характеристики представлены в таблице 8.



Рисунок 5 - Сварочный полуавтомат Cloos GLC 451-C

Таблица 8 – Технические характеристики аппарата Cloos GLC 451-C

Типы сварки	Механизированная (MIG/MAG)
Напряжение питающей сети	<u>380 В</u>
Частота тока в сети	50/60 Гц
Размер LxVxH Привод подачи проволоки 1	610x380x355mm
Максимальный ток	450 А
Напряжение холостого хода	80 В
Диапазон регулирования тока	<u>5-450 А</u>
Длительность включения 60% (10 мин)	<u>450А/36,5V</u>
Дополнительная информация	жидкостное охлаждение горелки
Габаритные размеры	1085x450x1003 мм
Сварочное напряжение	17-38 В
Потребляемая мощность	14.3 кВт

После окончания сварочного процесса производят зачистку детали от брызг металла, и вызывают сотрудников отдела контроля качества, « которые проводят визуально-измерительный контроль:

- размеров детали и качества сварных швов;
- наличие припуска на механообработку – по разметке;
- отсутствие видимых повреждений и деформаций на обработанных поверхностях,
- клеймение сварных швов» [4].

При этом обязательным условием для сотрудников отдела контроля качества является - наличие квалификационного удостоверения у сварщика установленного образца. Наличие сертификата на сварочные материалы - обязательное условие при контроле качества.

После согласования с сотрудниками отдела контроля качества деталь отправляется в покрасочный цех (рисунок 6).

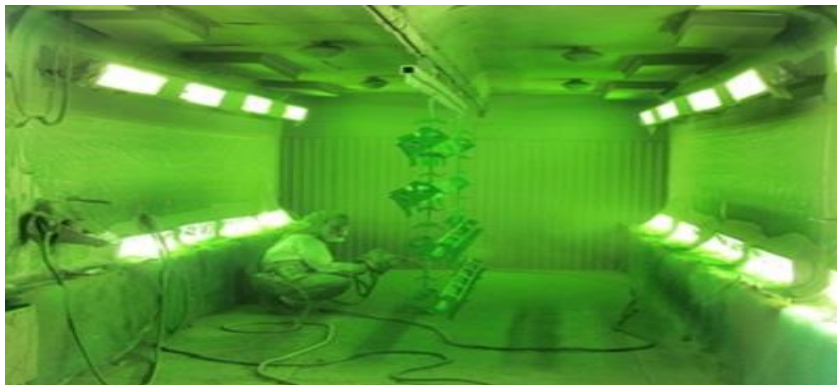


Рисунок 6 - Покрасочный участок

Производится окрашивание порошковой краской, после чего деталь попадает на участок сборки, где происходит монтаж с основным узлом сеялки.

Таким образом, изучив технологический процесс сборки и механизированной сварки плавящимся электродом удлинителя дышла, проведем анализ способов, позволяющих повысить качество и

производительность сварки.

1.3 Анализ способов сборки и сварки удлинителя дышла прицепного устройства

Удлинитель дышла — это тяговое устройство, прочная связь между тягачом и его тяговым грузом. Тяги обычно используются с железнодорожным транспортом, автомобильными прицепами, как крупными, так и мелкими, промышленными, а также с сельскохозяйственной техникой.

Удлинитель дышла состоит из петли дышла, пластины, боковины, фланца (черт. 21 БР СОМДиРП 67.61. Сб).

Для анализа сборки и сварки удлинителя дышла прицепного устройства рассмотрим технологический процесс.

«Технологический процесс — часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относят заготовки» [1]. В нашем случае это часть прицепного устройства - удлинитель дышла.

На начальном этапе проверяется наличие сертификата на основной металл 09Г2С. Визуально осматривается деталь на наличие вмятин, задигов, царапин, заусенцев. Наличие трещин неприемлемо.

Проверяется ширина, длина, и толщина, предоставленных заготовок согласно черт. 21 БР СОМДиРП 67.61 Сб.

Перед сварочными работами кромки заготовок, их торцевые поверхности, прилегающие к ним участки, необходимо тщательно очистить, площадь очистки должна составлять не менее 23 - 25 мм. Эту область аккуратно и тщательно освобождается от грязи, краски, любых жирных, масляных пятен. Также поверхность необходимо очистить от влаги и ржавчины. Они могут оказать негативное влияние на сварочные работы.

Далее детали помещаются в специальный стапель, фиксируются с помощью прижимов, струбцин. Сборка деталей проводится с помощью

прихваток. Длина прихваток напрямую зависит от толщины свариваемого металла. В нашем случае длина должна достигать 25- 35 мм, а расстояние между ними не превышать 50 мм.

Все сварочные материалы должны иметь сертификат качества со знаком соответствия европейскому стандарту (EN) [8]. К сварке установленного образца механизированной сваркой в смеси газов сварочной проволокой ESAB OK AristoRod 12.50 диаметром 1,2 мм, соблюдая катет шва, указанный в технологической документации, допускаются сварщики не ниже 5 уровня (разряда), имеющего удостоверение.

После сварки зачищается сварной шов от шлака и брызг наплавленного металла, околошовная зона термического влияния (не менее 5 мм) от брызг. Сварка и зачистка предъявляются технологическому контролю.

В технологическом процессе сварки участвуют несколько подразделений предприятия АО «Евротехника» (таблице 9).

Таблица 9 – Подразделения АО «ЕВРОТЕХНИКА», задействованные в технологическом процессе сварки и их функции

Наименование подразделения	Функция
Склад материалов	Выдача материалов, приспособлений и инструмента по заявкам из цеха
Сварочный участок	Осуществление сварочных работ
Покрасочный участок	Осуществление покрасочных работ
Склад готовой продукции	Принятие готовых изделий на хранение

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение качества и производительности операций изготовления удлинителя дышла прицепного устройства для сельскохозяйственной техники с использованием механизированной сварки в среде защитных газов.

Для осуществления поставленной цели изучим два режима, которые можно применить при сварке нашего удлинителя дышла прицепного устройства.

В базовом варианте используется механизированная сварка в среде углекислого газа (рисунок 7).

«При сварке плавящимся электродом в качестве источника энергии, обеспечивающего плавление электродного и основного металлов, используется электрическая дуга. Дуга в отличие от других видов разрядов в газах, характеризуется низким катодным падением потенциала, а следовательно, низким общим напряжением дуги и высокой плотностью тока» [20, с. 13-14].



Рисунок7-Околошовная зона с брызгами при механизированной сварке в CO_2

«К преимуществам данного вида сварки относятся следующее: экономия металла на 20-25%, экономия трудоемкости изготовления изделия и рабочей силы, возможность производить сварку в любом пространственном положении, обеспечивая глубокий провар» [20].

«К одному из главных недостатков при сварке плавящимся электродом в среде углекислого газа относится высокий коэффициент разбрызгивания и чрезмерно высокий коэффициент налипания на изделие расплавленного металла» [20].

«Известно, что трудоемкость сварки изделия сравнима с трудоемкостью удаления налипших капель металла — это действительно большие цифры. В связи с этим, выбираем способ сварки, который позволит повысить производительность труда при сварке плавящимся электродом в среде защитного газа, уменьшить трудозатраты, необходимые для удаления

налипших брызг, а также другие дополнительные положительные эффекты, например, улучшение условий труда сварщиков» [20].

В работе предлагается усовершенствовать данный вид сварки, путём внедрения новейшего оборудования, и использования новых режимов сварки с применением газозащитных сварочных смесей. Благодаря этому можно добиться следующих результатов:

- улучшения качества сварного шва;
- уменьшения разбрызгивания металла;
- модернизацию процесса;
- экономию дорогой сварочной проволоки;
- увеличение допустимого диапазона регулировок.

Проанализируем способы механизированной сварки плавящимся электродом, которые можно использовать для изготовления нашей конструкции.

Процесс сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (рисунок 8) заключается в том, что в пространство между электродом и соплом подается защитный газ, исключая тем самым попадание в зону сварки активных атмосферных газов, уменьшая процент возникновения дефектов в сварочном шве. Защитный газ влияет на стабильность горения дуги, форму сварного шва, глубину проплавления и прочностные характеристики металла шва.

«Сварочная дуга расплавляет кромки детали, а электродная проволока стабильно подается, формируя сварочную ванну, остывая, кристаллизуется и образует сварочный шов» [1].

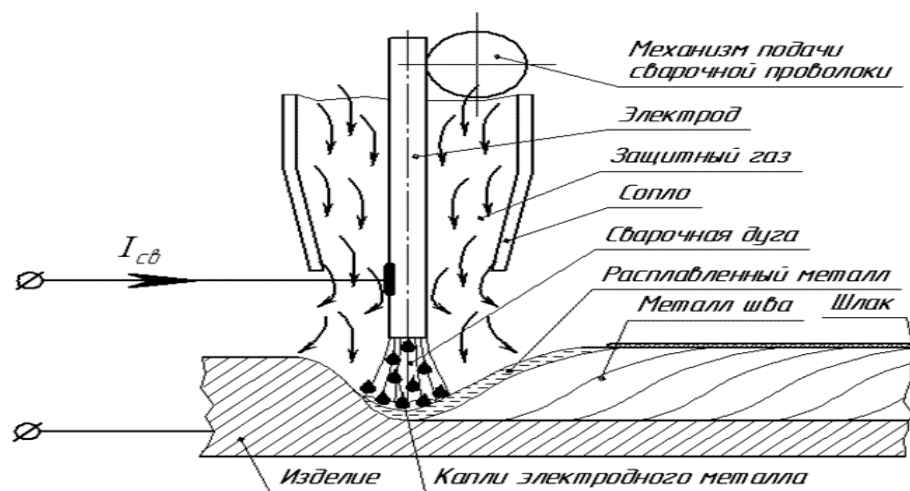


Рисунок 8 - Схема сварки плавящимся электродом в среде защитных газов

«Дуговая сварка в защитных газах занимает ведущее место при производстве сварных конструкций, поэтому многие исследователи работают в этой области над повышением качества сварных соединений, уделяя особое внимание вопросам управления процессом сварки. Накопленный большой опыт в решении этих вопросов привел к необходимости систематизации данных. В данной работе приведен краткий обзор способов управления процессом дуговой сварки в защитных газах за последние десять лет» [10].

Сварка в среде инертного газа (MIG) и сварка в среде активным газом (MAG) - это процессы газовой дуговой сварки (GMAW), в которых используется тепло, создаваемое электрической дугой постоянного тока между плавящимся металлическим электродом и заготовкой, которые плавятся вместе, чтобы создать сварочную ванну, которая плавится, чтобы сформировать соединение.

Сварка MIG и MAG известна как газовая дуговая сварка (GMAW).

MIG или MAG похож на MMA в том, что тепло для сварки создается за счет образования дуги между плавящимся металлическим электродом и заготовкой; электрод плавится, образуя сварной валик. Основное отличие состоит в том, что металлический электрод представляет собой проволоку небольшого диаметра, пропускаемую через контактный наконечник от катушки подачи проволоки, а защитный газ подается через сварочную

горелку. Поскольку проволока подается непрерывно, ручной процесс иногда называют полуавтоматической сваркой. В сварке MIG и MAG используются газовые баллоны для подачи защитного газа и совместимые присадочные материалы. Например, для сварки алюминия следует использовать алюминиевую проволоку, тогда как для сварки стали методом MIG потребуется подходящая стальная присадочная проволока.

В чем разница между MIG и MAG.

Сварка MIG (металл в инертном газе) - это процесс сварки, при котором между плавящимся проволочным электродом и заготовкой образуется электрическая дуга. В этом процессе в качестве защитного газа используются инертные газы или газовые смеси. Аргон и гелий обычно используются для сварки MIG цветных металлов, таких как алюминий.

Сварка MAG (Metal Active Gas) - это процесс дуговой сварки, при котором между плавящимся проволочным электродом и соединяемым материалом создается электрическая дуга. При сварке MAG используются активные защитные газы, в первую очередь для сварки сталей. Эти защитные газы представляют собой смеси двуокиси углерода, аргона и кислорода.

Примеры этих активных газов включают CO_2 , $\text{Ar} + \text{от } 2 \text{ до } 5\% \text{ O}_2$, $\text{Ar} + \text{от } 5 \text{ до } 25\% \text{ CO}_2$ и $\text{Ar} + 10\% \text{ CO}_2 + 5\% \text{ O}_2$.

Единственная разница между MIG и MAG - это тип используемого защитного газа.

Состав защитного газа важен, поскольку он оказывает значительное влияние на стабильность дуги, перенос металла и степень разбрызгивания. Защитный газ также влияет на поведение сварочной ванны, особенно на проплавление и механические свойства сварного соединения.

Способ или режим, в котором металл переходит от присадочной проволоки в сварочную ванну, в значительной степени определяет рабочие характеристики процесса. Существует три основных режима переноса металла:

- короткое замыкание (перенос погружением);

- перенос распылением;
- импульсная передача.

Короткое замыкание и импульсный перенос металла используются для работы с низким током, в то время как перенос распылением используется только при высоких сварочных токах. При коротком замыкании или переносе «погружением» расплавленный металл, образующийся на кончике проволоки, переносится путем погружения проволоки в сварочную ванну. Это достигается установкой низкого напряжения. Чтобы минимизировать разбрызгивание, необходимо соблюдать осторожность при настройке напряжения и индуктивности в зависимости от скорости подачи проволоки. Индуктивность используется для управления скачком тока, возникающим при погружении проволоки в сварочную ванну.

Для переноса распылением необходимо гораздо более высокое напряжение, чтобы проволока не соприкасалась, то есть не замыкалась, со сварочной ванной. Расплавленный металл на кончике проволоки переходит в сварочную ванну в виде брызг мелких капель (меньше диаметра проволоки). Однако существует минимальный уровень тока или порог, ниже которого капли не будут принудительно выбрасываться через дугу. Если попытаться использовать метод открытой дуги, при токе намного ниже порогового уровня, то слабые силы дуги будут недостаточными для предотвращения образования больших капель на кончике проволоки. Эти капли беспорядочно перемещаются по дуге под действием нормальной силы тяжести. Импульсный режим был разработан как средство стабилизации открытой дуги при низких уровнях тока, то есть ниже порогового уровня, во избежание короткого замыкания и разбрызгивания.

Обычная сварка MIG и MAG выполняется с использованием источника постоянного напряжения, который обеспечивает стабильную дугу с саморегулированием. Для импульсной сварки используется источник постоянного напряжения или постоянного тока с обратной связью по напряжению.

Сварка MIG позволяет быстро производить сварные швы высокого качества, а из-за отсутствия флюса нет шансов, что шлак попадет в металл шва. Защитный газ защищает дугу, что означает небольшую потерю легирующих элементов и незначительное разбрызгивание сварочного шва. Сварку MIG можно выполнять несколькими способами, включая полуавтоматический и полностью автоматический, и это универсальный процесс, который можно использовать для соединения различных металлов и сплавов.

Недостатки сварки MIG заключаются в том, что ее нельзя выполнять в вертикальном или верхнем положении из-за высокой температуры и текучести сварочной ванны. Кроме того, оборудование, используемое сварщиком MIG, может быть сложным.

Поскольку зона сварки защищена защитным газом, сварка MAG не вызывает окисления. Это быстрый процесс сварки, что означает меньшее тепловое воздействие на окружающий материал. Сварку MAG можно выполнять во всех положениях, что делает ее одним из наиболее широко используемых сварочных процессов.

К недостаткам можно отнести наличие опыта, необходимого для правильного выполнения этого процесса. Сварку MAG нельзя проводить на открытом воздухе, так как сварочный газ необходимо защищать от ветра, а всю ржавчину необходимо удалить с детали до начала сварки. Дуговая сварка порошковой проволокой больше подходит для наружных работ или подводных сварочных швов, которые также можно лучше выполнять с помощью дуговой сварки металлическим электродом в защитных оболочках или дуговой сварки вольфрамовым электродом. Как и во всех электродуговых процессах, необходимо использовать надлежащие PPI и, в частности, средства защиты глаз.

«Известно, что управляющее воздействие обусловлено перераспределением комплекса сил, действующих на каплю электродного металла при дуговой сварке, и в зависимости от его приложения можно

выделить следующие способы управления:

- наложение внешнего магнитного поля;
- программирование скорости подачи электрода;
- импульсная подача газа(ов);
- импульсное изменение тока» [20].

Более подробно представлены работы исследователей, занимающихся вышеперечисленными способами управления процессом дуговой сварки в среде защитного газа.

1.4 Способы управления процессом сварки плавящимся электродом

1.4.1 Управление процессом дуговой сварки наложением внешнего магнитного поля

За прошедшие годы было проведено множество исследований в области сварки разнородных материалов, и было получено много интересных результатов в отношении проблем, возникающих при сварке разнородных материалов. Поскольку разнородная сварка находит свое применение в ядерной, нефтехимической, электронной и некоторых других областях промышленности, в этом разделе учитываются работы предшественников в этой области.

Абдул Вахаб, Х. Худер и др. [26] исследовали влияние параметра процесса сварки на сварное соединение разнородных металлов с помощью точечной сварки MIG. В этом исследовании основным материалом, выбранным для сварки, являются аустенитная нержавеющая сталь типа AISI 316L и углеродистая сталь. В качестве присадочного металла для сварки этого разнородного металла используется присадочный металл E80S-G, а в качестве защитного газа используется CO₂. Эксперимент проводился с учетом подачи проволоки, времени подачи и сварочного тока в качестве входных параметров. Влияние этих параметров на диаметр пятна и силу

сдвига было предсказано в ходе эксперимента. Из результатов они пришли к выводу, что размер точечной сварки и сила сдвига увеличиваются с увеличением сварочного тока, тогда как сила сдвига уменьшается с увеличением времени сварки. Также они обнаружили, что увеличение сварочного тока и времени сварки также приведет к увеличению диаметра зоны сварного шва и уменьшению силы сдвига.

Амит Кумар и др. [27] провели работу по оптимизации параметров сварки MIG с использованием искусственной нейронной сети (ИНС) и генетического алгоритма (ГА). В этой исследовательской работе они создают математическую модель, используя метод ИНС для прогнозирования влияния сварочных параметров, таких как сварочное напряжение, скорость сварки и сварочный ток, на предельное растягивающее напряжение во время сварки разнородных материалов, таких как нержавеющая сталь марки 304 и 316. Аргон. Газ был взят в качестве защитного газа, и эксперимент был проведен на полном факториале. Генетический алгоритм (GA), используемый для оптимизации значения выходного параметра. На основании анализа сделан вывод, что максимальный предел прочности на разрыв достигается при сварочном токе 110 А,

Скорость передвижения 43,362 см/мин. Также они показали, что искусственная нейронная сеть (ИНС) успешно интегрировалась в качестве другой регрессионной модели.

AjitHooda et al. [27] разработали модель поверхности отклика для прогнозирования прочности на разрыв при дуговой сварке металлическим электродом в инертном газе соединения из среднеуглеродистой стали AISI 1040. В этом исследовании сварочное напряжение, ток, скорость подачи проволоки и расход газа рассматриваются как входные параметры. Эксперимент был спроектирован с помощью гранецентрированной композитной конструкционной матрицы.

На основании эксперимента сделан вывод, что оптимальные значения параметров процесса, таких как сварочное напряжение 22,5 В, скорость

подачи проволоки 2,4 м/мин и скорость потока газа 12 л/мин для максимального предела текучести как в поперечном направлении, так и в поперечном направлении). и продольный остаются такими же, но значение тока составляет 190 А и 210 А соответственно.

Баласубраманиян В. и др. в работе [25] изучили высокопрочные соединения из алюминиевых сплавов, полученные дуговой сваркой металлическим электродом в газе и дуговой сваркой вольфрамовым электродом в среде постоянного и импульсного тока. В качестве защитного газа используется чистый аргон. Сварные соединения, выполненные импульсной газовой дугой, обеспечивали высокие показатели прочности и высокую эффективность соединения по сравнению с другими сварными соединениями. Благодаря этому из мелких зерен основной металл и области зоны термического влияния имеют более высокие значения твердости, чем металл шва. Сварные соединения импульсной газовой вольфрамовой дугой получали высокие значения прочности, а сварные швы металлической дугой непрерывным током обеспечивали низкие значения твердости. Очень мелкое зерно в области сварки было получено дуговой сваркой металлическим электродом с пульсирующим током.

CN Patel et al. [28] оценили параметры: сварочный ток, диаметр проволоки и скорость подачи проволоки для исследования их влияния на твердость сварного шва при сварке MIG и TIG методом Тагучиса и реляционным анализом Грея (GRA). На основании исследования был сделан вывод, что сварочный ток является наиболее важным параметром для сварки MIG и TIG. С помощью метода оптимизации GRA была найдена оптимальная комбинация параметров: сварочный ток 100 ампер; диаметр проволоки 1...2 мм и скорость подачи проволоки 3 м/мин для сварки MIG. Ghazvinloo HR et al. [6] проанализировали усталостную долговечность, ударопрочность, ударопрочность и проплавление валика роботом MIG-сваркой AA6061 под влиянием скорости сварки, напряжения и тока. Пластины с V-образной канавкой толщиной 2,35 мм и 10 мм сваривали с

использованием присадочного материала ER5356 диаметром 1 мм. Параметры сварки, скорость сварки, напряжение и сила тока варьировались во время процесса. Повышенное напряжение и ток уменьшили усталостную долговечность, но скорость сварки увеличила усталостную долговечность. Уменьшение скорости сварки и повышенное текущее напряжение улучшили энергию удара. На проплавление валика в основном влияет и зависит от сварочного тока.

Лакшминараянан А.К. и соавт. исследовали механические свойства соединений из алюминиевого сплава АА6061, сваренных дуговой сваркой металлическим газом (газовая дуговая сварка вольфрамом и сварка трением с перемешиванием). Конфигурация с одним V-образным соединением. Защитный газ из чистого аргона и присадочная проволока АА4043 использовались для дуговой сварки металла и газовой вольфрамовой дуговой сварки. Для сварки трением с перемешиванием использовался неплавящийся инструмент из высокоуглеродистой стали. Алмазный компаунд использовался для окончательной полировки. Соединения, полученные сваркой трением с перемешиванием, имеют более высокие значения прочности, чем GMAW и GTAW. Значение прочности на 34% выше, чем у GMAW, и на 15% выше, чем у GTAW. Основной металл и зона термического влияния имеют более высокие значения твердости, чем металл сварного шва. FSW дает высокое значение твердости, а GMAW дает низкое значение твердости. Равноосные, равномерно распределенные мелкие зерна улучшили свойства высокого растяжения в области сварного шва для стыков СТС.

«MP Lightfoot et al. [29] использовали ИНС для разработки модели для изучения факторов процесса FCAW, влияющих на деформацию стальных листов D и DN толщиной 6-8 мм. Был проведен анализ чувствительности, который выявил ряд очевидных ключевых факторов, влияющих на искажение. Было доказано, что содержание углерода играет ключевую роль в деформации, возникающей в процессе сварки. Они обнаружили, что увеличение содержания углерода способствует уменьшению деформации

тонких пластин, вызванной сваркой. Кроме того, они определили ряд факторов, связанных с деформацией, таких как содержание углерода, соотношение YS/TS и прокатка. Был сделан вывод, что этими факторами можно управлять, чтобы уменьшить искажения в пластинах толщиной 6...8 мм» [29].

Моника К. и др. [30] проанализировали механические свойства разнородных сварных швов MIG под воздействием тепловложения. Сварочный ток, напряжение и скорость проволоки определяют подвод тепла. В качестве основного материала использовались IS 2062, IS 45 C8, IS 103Cr1. В качестве присадочной проволоки использовали низкоуглеродистую сталь с медным покрытием диаметром 1,2 мм. Оба соединения (IS 2062 и IS 45 C8) и (IS 2062 и IS 103 Cr1) увеличивали предел прочности при растяжении при увеличении подвода тепла, а также увеличивали значение твердости при уменьшении под действием тепла. М. Aghakhani et al. выполнены работы по оптимизации параметров процесса газовой дуговой сварки металла для повышения качества и производительности сварного шва. В этой исследовательской работе для повышения качества и производительности сварки они рассматривали разбавление сварного шва как выходной параметр и влияние входного параметра: скорость подачи проволоки (W), сварочное напряжение (V), расстояние между соплом и пластиной (N), скорость сварки (S) и расход газа (G). В качестве основного материала для экспериментов используется стальная пластина ST-37, а в качестве защитного газа используется смесь 80% аргона и 20% CO₂.

Эксперимент был разработан ортогональной антенной L25 Тагучи и анализ проводился методом ANOVA, также была разработана математическая модель разбавления сварного шва. На основании результатов эксперимента они обнаружили, что скорость подачи проволоки имеет наиболее значительное влияние на разбавление сварного шва, в то время как скорость потока газа не влияет на разбавление сварного шва.

Окуйуси Н. et al. в [31] была разработана модель с использованием

ИНС для анализа и моделирования корреляции между параметрами сварки трением с перемешиванием (FSW) алюминиевых пластин и механическими свойствами сварного соединения.

«Параметры процесса состоят из скорости сварки и скорости вращения инструмента в зависимости от выходных механических свойств сварного соединения, а именно: прочности на разрыв, предела текучести, удлинения, твердости WZ и твердости HAZ. Была достигнута хорошая производительность модели ИНС, и модель может использоваться для расчета механических свойств сварных пластин в зависимости от параметров процесса. Кроме того, было обнаружено, что корреляция между измеренными и прогнозируемыми значениями прочности на растяжение, твердости ЗТВ и твердости металла шва была лучше, чем корреляция между относительным удлинением и пределом текучести» [31].

Паван Кумар и др. исследовали использование методологии расчета параметров Тагучиса для параметрического исследования газовой дуговой сварки разнородных материалов. В этой исследовательской работе они рассматривали AISI 304 и низкоуглеродистую сталь в качестве основного материала и CO₂ в качестве защитного газа. Параметры, рассматриваемые для эксперимента, включали сварочный ток, сварочное напряжение и расход газа в качестве входных параметров, а также предел прочности и твердость (PM, WZ и HAZ) в качестве выходных параметров. Эксперимент был разработан с использованием ортогональной матрицы L9, а анализ проводился с помощью отношения сигнал и шум (S/N) и дисперсионного анализа. В ходе анализа они обнаружили, что оптимальным значением параметра прочности на разрыв является сварочное напряжение 25 В, сварочный ток 100 А и расход газа 25 CFH, а сварочный ток является наиболее важным параметром прочности на разрыв, и на него влияет 52,45%. Также они пришли к выводу, что метод Тагучи - очень хороший подход для повышения твердости.

Прадип Д. Чаудхари и др. исследовали влияние параметров процесса

сварки газовой дуговой сваркой (GMAW) на предел прочности на разрыв образца стального материала SS 3Cr12. В этой исследовательской работе сварочное напряжение, скорость подачи проволоки, сварочная начинка и расход газа рассматривались как входные параметры для накачивания. Эксперимент был разработан с использованием центральной композитной матрицы дизайна, а анализ был проведен с использованием программного обеспечения Minitab. В результате анализа они обнаружили, что предел прочности на растяжение возрастал с увеличением скорости сварки и расхода газа, тогда как увеличивался с уменьшением скорости подачи проволоки и сварочного напряжения.

Раджумар Духан и др. разработали модель поверхности отклика для прогнозирования прочности на разрыв при дуговой сварке металлическим электродом в инертном газе соединения из высокоуглеродистой стали AISI 50110 (EN 31). В этом исследовании сварочное напряжение и ток рассматриваются как входные параметры. Анализ проводился методом дисперсионного анализа, и была разработана математическая модель для прогнозирования влияния параметров сварки. Проведенный анализ показал, что сварочное напряжение является наиболее важным параметром прочности сварного шва согласно EN 31.

Шейх Ирфан и др. провели экспериментальное исследование влияния параметра процесса сварки MIG на уменьшение глубины проплавления свариваемости гальванизированной стали. В этой исследовательской работе в качестве параметров сварки выбраны сварочный ток, напряжение дуги, скорость сварки. Смесь 78% аргона, 20% углекислого газа и 2% кислорода считается защитным газом. В ходе эксперимента они обнаружили, что глубина проплавления увеличивается с увеличением скорости движения при постоянном напряжении и токе дуги. Sterjovski Z. et al. [16] применили модели ИНС для прогнозирования механических свойств сталей в различных областях применения, а именно: ударная вязкость закаленной и отпущенной стали для сосудов высокого давления, подвергшихся многократным циклам

термообработки после сварки, твердость смоделированной зоны термического влияния в стали трубопроводов и фитингов внахлест после сварки в процессе эксплуатации, а также пластичность и жаропрочность различных микролегированных сталей в диапазоне температур для правки клетей или слябов в процессе непрерывной разливки. Было обнаружено, что три модели ИНС успешно предсказывают механические свойства.

Суреш Кумар Л. и соавт. обсуждали механические свойства аустенитной нержавеющей стали 304 при испытаниях на проницаемость красителя, сваренных TIG и MIG. В этом исследовании сварка TIG дала меньшее значение твердости, чем сварка MIG. Сварные швы TIG из нержавеющей стали выдерживают высокие нагрузки и обеспечивают более высокий предел прочности, чем сварка MIG. На микроструктуре присутствовали аустенитические зерна, и никаких заметных признаков по результатам испытаний на проникновение красителя не наблюдалось.

«На основании экспериментальных исследований в работе проведена оценка эффективности управления процессами формирования и кристаллизации швов с помощью внешних электромагнитных воздействий, основанных на применении импульсных магнитных полей. Определены параметры импульсных электромагнитных воздействий для управления процессом переноса электродного металла и оптимальные градиенты и амплитуды индукции для эффективного управления процессом переноса электродного металла» [21]

Авторами работы [21] установлено, что применение ЭМВ на основе аксиальных импульсных магнитных полей позволяет увеличить частоту переноса капель и соответственно уменьшить их размеры.

«При этом эффективность данных ЭМВ повышается с увеличением частоты импульсов управляющих магнитных полей (УМП). В результате существует возможность снижения потерь металла электродной проволоки на разбрызгивание» [23].

«Авторами использована высокоскоростная кинокамера для получения

зависимости между режимами переноса металла и различными магнитными полями. Изучены различные режимы переноса металла в условиях различных магнитных полей и сварочных параметров. Эксперимент показал четкость изображения переноса капли и влияние продольного магнитного поля на перенос металла и форму капель» [23].

В работе [24] с помощью высокоскоростной камеры изучали условия действия на каплю силы в зависимости от параметров режима сварки, а также механизм ускорения переноса металла.

«Выявлено, что электромагнитное поле оказывает наиболее важное влияние на процесс переноса электродного металла, так как тип переноса металла меняется с крупнокапельного на струйный» [24].

Таким образом, исследования в области управления процессом дуговой сварки наложением внешнего магнитного поля достигли определенных результатов, которые изложены в данном подразделе.

1.4.2 Управление процессом дуговой сварки программированием скорости подачи электрода

В работе [25] проведен сравнительный анализ движения капли электродного металла при сварке с импульсной подачей проволоки и при непрерывной подаче, но с импульсным управлением сварочной дуги.

«Установлено, что при импульсном управлении сварочным током и непрерывной подаче электродной проволоки перемещение капли электродного металла имеет циклический характер» [25].

В работе [13] определены общие и частные задачи, возникающие при дуговой механизированной сварке. Выявлены преимущества процесса с управляемой импульсной подачей электродной проволоки, обеспечивающего повышение качества и электропроводящих свойств сварного шва.

«Авторами работы рассмотрена возможность регулирования процесса дуговой механизированной сварки в защитном газе с короткими замыканиями дугового промежутка по временным характеристикам процесса

переноса электродного металла» [13].

«В качестве сигнала состояния дугового процесса выбрана скажность напряжения сварки, и по этому параметру предложено регулировать сварочный процесс в оптимальной области» [12].

В работе [18] проанализированы технические и технологические характеристики процессов дуговой сварки и наплавки, полученные с применением регулируемых импульсных механизмов подачи электродной проволоки. «Показано, что применение таких механизмов позволяет существенно улучшить формирование металла шва и его структуру, снизить потери электродного металла на угар и разбрызгивание, расширить зону оптимальных режимов» [18].

В работе [15] установлено, что «импульсная подача электродной проволоки при сварке сталей в среде углекислого газа точками нахлесточных соединений на вертикали оказывает существенное влияние на стабилизацию процесса, формирование сварного соединения, его повторяемость, существенно улучшая эти характеристики процесса при оптимально выбранных параметрах импульсной подачи» [15].

Авторы работы [16] считают, что «импульсная подача электродной проволоки, обеспечивающая управляемый перенос электродного металла, существенно влияет на энергетические характеристики сварочного процесса, значительно снижая затраты электроэнергии (в 1,3-1,8 раза) в широком диапазоне изменения параметров сварочной цепи и импульсов подачи электродной проволоки» [16].

В работе [16] рассмотрены преимущества систем с управляемой импульсной подачей электродной проволоки.

«Преимущества систем заключаются в следующем.

1. В быстрой адаптации их технических и технологических возможностей к изменяющимся задачам сварочного производства.

2. В высокой надежности и способности воспроизводить импульсы с параметрами, которые при использовании источников питания различных

типов и характеристик одновременно бы удовлетворяли двум основным критериям: получению качественного сварного соединения с минимальными потерями электродного металла и снижению энергетических затрат» [16]

В работе [10] показано, что при сварке с импульсной подачей электродной проволоки происходит снижение тепловложения и образование более благоприятной структуры металла шва и ОШЗ, что способствует повышению механических характеристик.

1.4.3 Управление процессом дуговой сварки за счет импульсной подачи газа(ов)

Авторами работы [17] создана новая технология дуговой сварки в защитных газах на основе применения пульсаций газовых потоков и пульсаций потенциалов ионизации, когда впервые в сварочной технологии использованы отдельно положительные свойства гелия и аргона.

«Это скорость частиц в плазме дуги, длина их пробега, степень ионизации, действие и влияние ионизаторов. Эти параметры определяют тепловую мощность дуги и давление газов. Гелий, обладая высокой текучестью, проникает в стыковое соединение между кромками и обеспечивает защиту и подогрев обратной стороны шва. По сравнению с традиционной технологией дуговой сварки в защитных газах без пульсаций новая технология более эффективна для получения бездефектных швов. Новая технология реализуется без существенных затрат на предприятиях машиностроения и особенно на предприятиях, применяющих дуговую сварку в защитных газах» [17].

В работе [24] показано, что применение при дуговой сварке в защитных газах попеременной импульсной подачи разнородных газов (гелия и аргона) позволило создать принципиально новый технологический процесс, сочетающий достоинство аргонодуговой (АДС) и гелиеводуговой (ГДС) сварки.

«Благодаря пульсирующему изменению давления в столбе дуги,

вызванному различием плотности и потенциалов ионизации аргона и гелия, возникает эффект периодического ударного воздействия на сварочную ванну, обеспечивающий получение металла сварного шва с мелкозернистой структурой, высокой пластичностью и прочностью металла» [24].

В работе [11] исследованы пространственная устойчивость и проплавливающая способность малоамперной дуги переменного тока прямоугольной формы при сварке тонколистового алюминия.

«Питание дуги осуществляется от инверторного источника, обеспечивающего прямоугольную форму выходного напряжения и возможность изменения амплитуды и длительности импульсов тока прямой и обратной полярности. Установлено, что для улучшения формы провара (уменьшения ширины швов) сварку необходимо выполнять при минимально возможных значениях амплитуды и длительности импульсов тока обратной полярности исходя из обеспечения необходимости качества катодной очистки свариваемой поверхности и стабильных повторных возбуждений дуги. Однако аналогичных работ для сталей не обнаружено» [11].

В работе [22] рассмотрены особенности адаптивных импульсных процессов сварки в различных пространственных положениях применительно к сварочно-монтажным работам при сооружении магистральных трубопроводов. Показаны их преимущества по сравнению с традиционными способами дуговой сварки и обоснованы перспективы их применения.

В работе [19] предложен вариант автоматизации процесса ИДСПЭ путем стабилизации средних значений сварочного тока и напряжения на дуге, а также применение системы автоматической стабилизации средних значений напряжения на дуге при наплавке швов из углеродистых сталей, что уменьшает количество коротких замыканий во время действия линейных возмущений. Это позволяет улучшить внешний вид швов и снизить разбрызгивание.

1.4.4 Управление процессом дуговой сварки за счет импульсного изменения тока

Авторами работы [7] исследована реакция дуги на возмущения, характерные для импульсных процессов сварки.

«Авторы работы на основании проведенных исследований определили свойства электрической дуги при сварке, протекающей с короткими замыканиями дугового промежутка и свойства дуги при импульсной сварке плавящимся электродом» [7]

В работах [7] и [31] представлена система исследования и синхронного обнаружения воздействия параметров сварки на качество сварки и капельный перенос для получения и анализа электрического сигнала и мгновенного одновременного изображения переноса капель.

«Система основана на разработанном программном переключаемом инверторе. Результаты показывают, что мгновенные формы волны и статистические данные электрического сигнала способствуют получению полной оценки качества сварки и оптимизированных высокоскоростных изображений процесса переноса капли» [17].

В работе [14] представлены современные импульсные источники питания с синергетическим управлением процессом ИДСПЭ.

«Процессы ИДСПЭ которые позволяют расширить диапазоны толщин свариваемых металлов в сторону меньших их значений. При этом оптимизация режимов сварки, обеспечивающих стабилизацию равномерного формирования корня шва, приводит к повышению качества соединений тонколистовых алюминиевых сплавов. Однако, аналогичных работ для сталей не обнаружено» [14]

В работе [26] при определении действующего значения импульсного тока выявлено следующее.

«Использование среднеквадратичного значения импульсного тока дуги в качестве действующего значения не всегда является корректным; при работе на участке ВАХ дуги с постоянным напряжением дуги действующим

является среднее значение импульсов тока; при широком диапазоне изменения тока дуги с перемещением рабочей точки по разным участкам ВАХ для технологических целей целесообразно ориентироваться на тепловую мощность или энергию за период следования импульсов тока» [26]

«Таким образом, представленный обзор работ российских и зарубежных исследователей показывает, что для повышения эффективности процесса дуговой сварки в защитных газах разрабатываются различные способы управления за счет наложения внешнего магнитного поля, программирования скорости подачи электрода, импульсной подачи газа(ов), импульсного изменения тока» [26].

Наибольшее воздействие на процесс сварки плавящимся электродом в защитной среде газа оказывает введение импульсного режима сварки плавящимся электродом, т.е. управляемый сброс жидкой капли в сварное соединение. Кроме повышения качества сварки решается вопрос уменьшения разбрызгивания электродной проволоки [20].

«В настоящее время актуальность эффективного применения импульсного способа сварки плавящимся электродом очевидна, так как данный способ создает наиболее благоприятные условия для активного управления плавлением и переносом электродного металла, тем самым позволяют повысить качество сварки и получить сварной шов с заданными свойствами, снижая разбрызгивание электродного металла» [20].

Таким образом, проведя анализ способов сборки и сварки плавящимся электродом в защитной среде, выбрав импульсный режим, для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать и доработать приспособления для сварки узла прицепного устройства;
- обосновать выбор сварочного и сборочного оборудования;
- разработать технологический процесс сборки и сварки дышла;
- провести экономическое обоснование внедрения импульсного способа сварки плавящимся электродом и нового сварочного оборудования.

2 Выбор и доработка приспособления для сварки узла прицепного устройства

2.1 Описание конструкции приспособления

Приведем описание предлагаемого приспособления для сварки узла прицепного устройства.

«В настоящее время актуальным остается вопрос о повышении производительности труда при уменьшении числа занятых на производстве людей, улучшении качества продукции, обеспечении обновления производства, прежде всего на основе его технического перевооружения и реконструкции, повышении уровня механизации и автоматизации. Для решения требуется широкое применение современного технологического оборудования, механизмов, различных приспособлений, специального инструмента. Эффективность сборочно-сварочных работ зависит от внедрения новых сварочных приспособлений, различных средств механизации и автоматизации» [6].

«Благодаря сборочным стапелям легко решаются самые сложные задачи, связанные с позиционированием и сваркой мелко- и крупногабаритных изделий. По своей сути сборочный стапель – это оснастка для готовящегося к сварке изделия. Благодаря современным технологиям разработка проекта оснастки для любого изделия сегодня занимает лишь несколько часов, что позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на конструирование продукции. Элементы сборочного стапеля используются для выполнения любых операций практически без перенастройки» [6].

«Тщательно продуманная конструкция сварочного стапеля позволяет переместить и снова зафиксировать необходимую деталь за считанные секунды. Ненужные для проведения какой-либо операции элементы сборочного стапеля не требуют для хранения отдельной площади, а ждут своей очереди в предназначенной для этого тележке. После окончания

обработки одного изделия сборочную оснастку не нужно складывать и перемещать в другое место. Современные сборочные стапели демонстрируют высокую эффективность работы и выдерживают любые нагрузки. Благодаря упорядоченной сетке с отверстиями используемые при сварке детали легко позиционируются и закрепляются на сварочном столе при помощи зажимных болтов. При необходимости несколько сборочных стапелей можно соединить друг с другом. За счёт модульной системы оснастки она легко используется для одновременного выполнения сразу нескольких функций, например, загрузки, установки и зажима деталей. В случае необходимости систему можно быстро перенастроить на работу с изделием другого типа» [2].

«В общем случае сборочно-сварочное приспособление состоит из основания (рамы или корпуса), фиксирующих (установочных) элементов, прижимов, поворотных устройств, вспомогательных деталей и устройств» [6].

В нашем случае стапель для удлинителя дышла прицепного устройства (черт.21 БР СОМДиРП 002 01 Сб) состоит из основания – рамы, которая собрана из профильной трубы 50 * 100 мм.

«Рама представляет собой элемент, объединяющий в одну конструкцию все части приспособления, в ней отсутствуют соединения с накладками, есть припуск на окончательную обработку поверхностей и термообработку для снятия внутренних напряжений. Функцию опоры выполняют регулируемые опорные болты» [6].

«Упоры устанавливаются для фиксирования деталей. В качестве упоров, размещаемых по контуру монтируемой детали, используются откидные прижимы, которые крепятся на корпусе с помощью винтов» [6].

«Рычажный прижим — это наиболее распространенный элемент сборочно-сварочной оснастки. Прижимы предназначены для закрепления в фиксированном положении деталей при сборке и прихватке и для удержания узла от смещения в процессе сварки или пайки, а также он оснащен фиксируемым, регулируемым болтом, который служит для регулировки силы

прижима» [6].

«Таким образом, приспособление должно обеспечивать качество сборки, требуемую производительность, невысокую стоимость и малую трудоемкость» [6].

«А если приспособление предназначено для сборки и сварки изделия одновременно, то необходимо наложить ряд дополнительных требований и ограничений на конструкцию приспособления» [1].

«Перечислим эти требования:

- удобство и безопасность;
- применение наиболее простых и надежных фиксаторов, не деформирующих поверхность деталей изделия;
- обеспечение быстрой и надежной установки изделия;
- обеспечение длительной неизменности размеров;
- обеспечение заданной последовательности сборки и наложения швов;
- возможность смены изнашиваемых частей и демонтаж фиксаторов;
- отсутствие острых кромок и углов;
- исключение подгоночных и доделочных работ с изделием после его сборки и сварки в приспособлении» [1].

Таким образом, мы рассмотрели конструкцию приспособления, ее особенности, требования и ограничения, выдвигаемые к конструкции приспособления.

2.2 Доработка конструкции приспособления

Непрерывное совершенствование производства требует прогрессивных изменений приспособлений, снижающих затраты времени на операции сборки.

В исходном варианте стапель для удлинителя дышла прицепного

устройства не оснащались стационарными прижимами, а применялись винтовые струбцины, тем самым увеличивалось время на сборку деталей.

В выпускной работе предлагается внести доработку в стапель определить экономическую эффективность приспособления.

Доработка заключается в оснащении стапеля стационарными прижимами, что позволит повысить скорость и качество сборки детали, улучшить условия труда и сделать процесс сборки более безопасным для рабочего.

Стационарный прижим состоит из рукояти, необходимой для управления зажимом, зажимной штанги, базы для крепления зажима, прижимного болта и системы осей и рычагов для приумножения силы, прикладываемой к рукояти зажима (рисунок 9).



Рисунок 9 - Стационарный прижим

«Для определения эффективности применения приспособления проведем предварительный расчет экономической эффективности. Действительную экономическую эффективность от использования

приспособления установим после его внедрения. Экономия будет тем больше, чем больше программа выпуска изделий, изготавливаемых с помощью этого приспособления» [9].

При предварительной оценке экономической эффективности приспособлений сравниваются затраты времени на сборку удлинителя дышла без приспособления и при его применении.

Применение приспособления считают целесообразным, если $A < B$, где A -стоимость нового приспособления, B -экономия, которая достигается благодаря его использованию.

Экономия от внедрения приспособления определяется по формуле (1)

$$E = B - A \quad (1)$$

$$E = 997920 - 2000 = 995920 \text{ руб.}$$

Стоимость приспособления определяется по формуле (2)

$$A = y + m + n x k , \quad (2)$$

«где y -затраты на проектирование приспособления;

m -стоимость материалов, руб.;

n -трудоемкость изготовления приспособления/ч;

x -коэффициент сложности чертежа приспособления;

k -стоимость одного норма-часа» [9].

$$A = 0 + 500 + 0 = 500 * 4 \text{ стационарных прижима} = 2000 \text{ руб.}$$

Экономия, полученная от применения приспособления, заменяющего ручную работу (т. е. работу без него), определяется по формуле

$$B = u e i n (1 + 0,01 P) - 0,01 A q , \quad (3)$$

где u – стоимость одного н/ч слесаря-сборщика, руб.;

e — экономия времени на одно изделие, достигаемая при применении

приспособления, ч;

i — срок службы приспособления, лет;

n — годовая программа изделий, штук;

P — накладные расходы на зарплату, %;

q — накладные расходы, связанные с содержанием и ремонтом приспособления, %, тогда

$$B = 180 * 0,33 * 10 * 1680(1 + 0,01 * 0) - 0,01 * 2000 * 0 = 997920 \text{руб} .$$

Таким образом, при доработке стапеля стационарными прижимами в количестве 4 шт., расходы на приобретения составят 2000 руб.

А экономия, полученная от применения приспособления в течении 10 лет при изготовлении 7 деталей в день, а в год 1680 штук будет составлять 995 920 рублей.

Это достигается благодаря экономии времени на изготовление детали. Без доработки на изготовление удлинителя дышла уходит 1 час 20 минут, а с применением - 1 час.

Таким образом, за счет применения стационарного прижима и доработки стапеля экономится 20 минут рабочего времени.

3 Разработка технологии сборки и сварки прицепного устройства

3.1 Выбор параметров режима сварки с минимальным разбрызгиванием

Большая часть работ по сварке на производстве осуществляется с применением дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитного газа (механизированная сварка, MIG-MAG сварка). В настоящее время это самый высокопроизводительный вид сварки.

Но качество сварного соединения зависит от правильности настройки параметров режимов – напряжения U_d , тока $I_{св}$, скорости подачи сварочной проволоки $V_{св}$, величины расхода защитного газа Q в горелке, длины вылета электрода $l_э$. Ко всему этому нужно учитывать влияние выбора типа и диаметра сварочной проволоки $D_{ээ}$ и применяемой защитной среды, пространственного положения сварного шва.

При механизированной сварке плавящимся электродом важен правильный выбор защитного газа. Обычно используют газовые смеси с большим содержанием аргона. Преимущества выбора смеси представлены в таблице 9.

Таблица 9- Влияние защитной среды при сварке нелегированных сталей

Влияние защитной среды на технологич. свойства	Виды защитного газа	
	82% Ar+18% CO ₂ (Corgon 18)	100% CO ₂
Ширину и глубину проплавления		
Чешуйчатость поверхности	Мелкочешуйчатый	грубые чешуйки
Шлакообразование	Низкое	Большое
брызгообразование	Низкое	Увеличенное
Порообразование	Низкое	очень низкое

Продолжение таблицы 9

Влияние защитной среды на технологич. свойства	Виды защитного газа	
	82% Ar+18% CO ₂ (Corgon 18)	100% CO ₂
Возможные виды дуги	короткая дуга, длинная дуга, дуга со струйным переносом, импульсная дуга	короткая дуга, длинная дуга

Проведя анализ влияния защитной среды на технологические свойства механизированной сварки плавящимся электродом, производится замена защитного газа (традиционной углекислоты) на аргоновую сварочную смесь Corgon 18. Смесь Corgon 18, содержит в качестве основного газа Ar 82 %, в качестве компонента CO₂ 18 %. Благодаря хорошим свойствам плавления смесь, преимущественно предназначена для сварки толстостенных деталей.

Основные свойства, которые обеспечивает Corgon 18:

- спокойная, стабильная электрическая дуга,
- высокая технологическая надежность,
- хорошо подходит для импульсной сварки,
- интенсивное плавление,
- отличные механические свойства и пластичность сварного соединения,
- отличное формирование структуры шва,
- подходит для сварки в любых пространственных положениях,
- подходит для сварки материала любой толщины.

Выбор параметров режима сварки производится для сварного шва №1 (таблица 10) конструкции удлинителя дышла прицепного устройства, которая приведена на черт. 21 БР СОМДиРП 001 01. Шов №1 – это тавровое соединение Т1 с катетом 3мм [6]. Выбираем параметры режима механизированной сварки для ст. 09Г2С, которые приведены таблице 11.

Таблица 10 - Элементы и формы сварного шва [6]

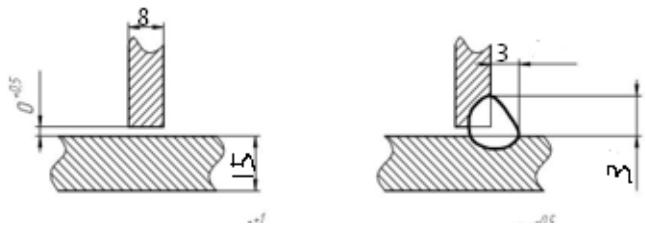

Шов	Форма шва	Образец шва в проектируемом варианте
№ 1 ГОСТ 14771-76 Т1 – Δ3		

Таблица 11 – Параметры режима сварки в защитной среде Corgon 18 [20]

Шов	Количество проходов	Пространственное положение	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электродной проволоки, Dэл (мм)	Величина сварочного тока, А I _{св}	Скорость сварки, V _{св} (м/ч)	Величина напряжения дуги, В U _д	Вылет электрода, Lэл (мм)	Расход защитного газа (л/мин)
№ 1	Однопроходный шов	Нижнее	8,0	1,2	250-270	35-50	27-29	9—12	10-15

При этом используется сварочная проволока ESAB ОК AristoRod 12.50 диаметром 1,2мм. Химический состав и механические свойства проволоки представлены в таблице 12 и таблице 13 соответственно.

Таблица 12 - Химический состав проволоки ESAB OK AristoRod 12.50

C	Mn	Si	P	S	Cu
0.06-0.14	1.40-1.60	0.80-1.00	max 0.025	max 0.025	max 0.15

Таблица 13–Механические свойства проволоки ESAB OK AristoRod 12.50

Защитный газ – Corgon 18				
Предел текучести σ_t , Н/мм ²	Предел прочности σ_b , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость KCV, Дж/см ²	Ударная вязкость KCU, Дж/см ²
470	560	26	163 при +20°C 75 при -40°C	100 при -40°C 50 при -60°C

Установленные параметры на источнике питания для сварки в среде защитных газов определяют не только длину дуги, форму сварочного шва и производительность сварки, они имеют также влияние на отделение капель расплавленного металла от конца электрода.

Известно, что сварка плавящимся электродом сопровождается короткими замыканиями, в результате которых происходит разбрызгивание электродной проволоки. Поэтому для удлинителя дышла выбираем импульсный способ сварки.

Импульсная дуга позволяет осуществлять перенос капель без коротких замыканий и брызг. Процесс сварки импульсной дугой представлен на рисунке 10:

- дуга горит на малом базовом токе, при котором электрод плавится;
- в момент импульса тока увеличивается объем капли на конце электрода, одновременно возрастает сжимающая сила, которая приводит к отрыву капли;
- капля отрывается и без короткого замыкания переносится в сварочную ванну;
- сила тока снижается до базового значения;

- дуга горит до следующего импульса тока на базовом токе, который плавит проволоочный электрод, но не приводит к отрыву капли.

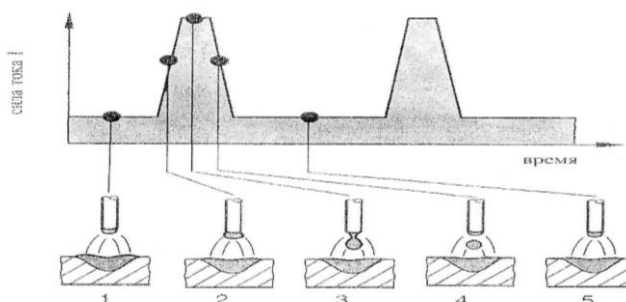


Рисунок 10 - Процесс сварки импульсной дугой плавящимся электродом

Сварочный ток изменяется импульсно и характеризуется следующими параметрами (рисунок 11):

- I_G – базовый ток в А ,
- I_P – ток импульса в А,
- t_P - длительность импульса в с.,
- f – частота импульсов в Гц.

Выбор параметров при сварке импульсной дугой плавящимся электродом $D_0 = 1.2\text{мм}$ определяется следующими условиями.

Базовый ток I_G выбирается минимальной величины, при котором дуга между импульсами не гаснет. Больших значений базового тока избегают, так как может наступить дополнительный перенос капли между импульсами.

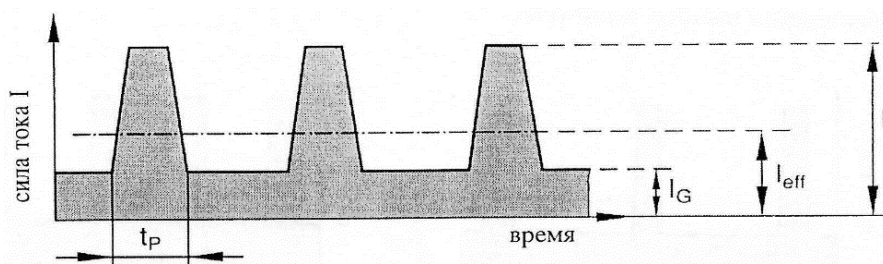


Рисунок 11 - Параметры сварочного тока в импульсном режиме

Ток импульса I_p не должен превышать критическое значение для достижения отрыва капли без короткого замыкания и действовать в течение длительности импульса t_p . Слишком большая величина импульсного тока может привести к разбрызгиванию электродной проволоки из-за большого ускорения расплавленных капель.

Установлено, что с повышением частоты импульсов f возрастает число капель и мощность дуги. При сварке с малой частотой импульсов (20-50 Гц)-велика нагрузка для глаз сварщика из-за "мерцания" дуги.

Применение импульсной дуги плавящимся электродом в среде Corgon 18 выявило следующие преимущества:

- перенос капель без коротких замыканий обеспечивает процесс сварки без разбрызгивания даже при малой эффективной мощности дуги;
- формирование плоского сварочного валика (с малым усилением шва) при малой мощности дуги.

Однако в настоящее время установка оптимальных сварочных параметров осложнена большим числом регулируемых величин; она применяется только с аргоном или газовыми смесями на основе аргона с максимальным содержанием 18% двуокиси углерода. Сегодня импульсные источники питания по сравнению с типовыми установками МАG-сварки имеют высокую стоимость.

Таким образом, для механизированной сварки плавящимся электродом $D_s = 1.2\text{мм}$ таврового соединения из ст.09Г2С выбраны: 1) газовая смесь Corgon 18, которая обеспечит интенсивное плавление, отличные механические свойства и пластичность сварного соединения; 2) сварочная проволока ESAB ОК AristoRod 12.50 диаметром $D_s = 1.2\text{мм}$ сплошного сечения; импульсный способ сварки плавящимся электродом с регулируемыми параметрами импульсов тока: I_G – базовый ток, I_p – ток импульса, t_p – длительность импульса, f – частота импульсов в Гц, который существенно уменьшает разбрызгивание электродной проволоки.

3.2 Выбор сварочного оборудования для сварки узла прицепного устройства

Обосновав выбор способа сварки импульсной дугой плавящимся электродом в защитной смеси газа и рассмотрев основные параметры режима сварки, проводим выбор сварочного оборудования для управления процессом дуговой сварки.

Для повышения эффективности выполнения сварочных работ аппарат Cloos GLC 451-C , который применяется в базовом варианте, заменяется на аппарате EWM Phoenix 451 puls (рисунок 12). Технические характеристики аппарата EWM Phoenix 451 puls представлены в таблице 14.



Рисунок 12 - Сварочный полуавтомат EWM PHOENIX 451PULS

Таблица 14 - Основные характеристики аппарата EWM PHOENIX 451PULS

Тип устройства	Полуавтомат-инвертор
Типы сварки	ручная дуговая сварка (MMA), аргодуговая сварка (TIG), полуавтоматическая сварка (MIG/MAG)
Напряжение питающей сети	380 В
Частота тока в сети	50/60 Гц
Рекомендуемая мощность генератора	20.8 кВт
Максимальный ток	450 А
Напряжение холостого хода	80 В
Диапазон регулирования тока	5-450 А
Класс изоляции	Н
Степень защиты	IP23
Габаритные размеры	1085x450x1003 мм
Дополнительная информация	жидкостное охлаждение горелки; двухтактный и четырехтактный режим, точечная сварка; регулировка динамики сварочной дуги; режим программирования; регулировка времени продувки газом; регулировка времени нарастания и спада тока; регулировка времени задержки газа; возможность подключения пульта дистанционного управления
MIG/MAG СВАРКА	
Сварочное напряжение	14.3-31.5 В
Потребляемая мощность	14.3 кВт

Источники серии EWM Phoenix 451 puls обладают отличными сварочными характеристиками во всем диапазоне регулировок тока и напряжения, что особенно важно при начальном возбуждении дуги или её повторном возбуждении после обрыва. Источники демонстрируют высокую стабильность дуги, как на максимальных, так на малых токах. Диапазон регулирования сварочного тока от 5 до 450А осуществляется инвертором плавно. Механизм подачи проволоки обеспечивает реверс электродной проволоки и плавное регулирование скорости подачи присадочной проволоки. Внешний вид механизма показан на рисунке 13а. На панель управления и регулирования параметрами режима вынесена установка материала проволоки ее диаметр, защитный газ. На основании этих данных задается программа, устанавливается $V_{пр.пр}$, U_d (рисунок 13б).

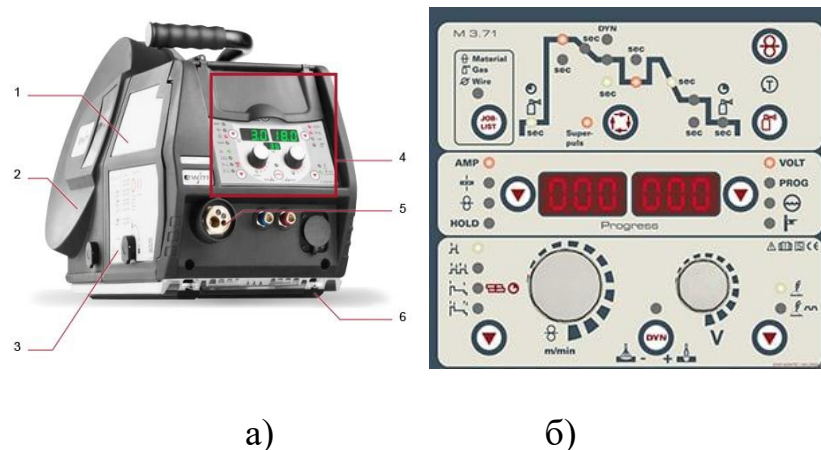


Рисунок 13 - Переносной механизм подачи проволоки MIG/MAG для сварочных аппаратов EWM-rootArc с жидкостным охлаждением

Переносной механизм подачи проволоки MIG/MAG для сварочных аппаратов EWM-rootArc с жидкостным охлаждением состоит из следующих узлов.

1. Внутренняя подсветка обеспечивает лёгкую замену проволоки и простое управление даже при плохом освещении.
2. Пыленепроницаемая крышка катушки проволоки защищает от пыли и грязи. Есть окно обзора для проверки оставшегося количества проволоки на катушке. Катушку менять просто и удобно.
3. Благодаря надёжной системе запирания дверца остаётся закрытой даже в суровых условиях эксплуатации.
5. Центральный разъем и разъем для подачи воды углублены в корпус и имеют пластиковый защитный отбойник.
6. Стабильная напольная непрерывно литая конструкция из алюминия.

Данный механизм позволяет воспроизводить результаты сварки и работать без образования брызг, благодаря импульсной технологии сварки.

Запрограммированные сварочные режимы (рисунок14) сокращают длительность производственных операций и повышают качество, благодаря применению дуги увеличенной мощности, что сокращает производственные расходы до 50%.

MIG / MAG GMAW		manual non synergic		JOB
				188

Massivdraht solid wire		inch mm		JOB					
Wire	Gas	.030	.040	.045	.060				
		0,8	1,0	1,2	1,6				
SG2/3 G3/4 Si1	CO ₂ -100 / C1	1	3	4	5				
	Ar-82/CO ₂ -18 M21	6	8	9	10				
	Ar-90/CO ₂ -10 M20	11	13	14	15				

Fülldraht metal / flux-cored		inch mm		JOB					
Wire	Gas	.030	.040	.045	.060				
		0,8	1,0	1,2	1,6				
Metal	Ar-82/CO ₂ -18 M21	235	237	238	239				
	Ar-82/CO ₂ -18 M21	240	242	243	244				
Rutil / Basic	CO ₂ -100 / C1			260	261				

Zusatz additional		JOB
Fugenkabel gouging		126
Et-hand MMA		128

Рисунок 14 - Таблица запрограммированных сварочных режимов

Для сварки узла прицепа используется режим 9, учитывая толщину металла (8мм и 15мм), используемый защитный газ Corgon 18 и диаметр сварочной проволоки 1,2 мм.

В режиме импульсной сварки MIG/MAG на базовый (рабочий) ток накладываются кратковременные импульсы большого тока, которые ускоряют плавление присадочной проволоки, что позволяет избежать разбрызгивания и наплывов металла. Профессором кафедры СОМДиРП Б.Н.Перевезенцевым высказана гипотеза о том, что это оборудование фирмы EWM (Германия) позволяет создать условия для существования паровой фазы, при которой разбрызгивание электродного металла отсутствует.

Кроме того, в этом режиме достигается более плотная структура сварочного шва. Импульсный режим сварки позволяет удалять до 95% всех примесей и пузырьков газа из сварочной ванны путем воздействия импульсов большого тока, которые встряхивают сварочную ванну, делая ее более однородной. Режим импульсной сварки MIG/MAG обеспечивает контролируемый подвод тепла в сварочный шов, повышая качество сварки. Благодаря этому исключается коробление и перегрев металла, улучшается внешний вид и геометрия сварочного соединения.

Инвертор поддерживает импульсный режим сварки в режиме MIG/MAG, что позволяет сваривать низколегированную сталь с более высоким качеством соединения, по сравнению с классической механизированной сваркой плавящимся электродом. Возможность регулировать параметры импульсов тока дуги, управлять предварительной и

финишной продувкой газа позволяет добиться полного контроля над сварным соединением и получать высокое качество шва.

Таким образом, аппарат EWM PHOENIX 451PULS и EWM-rootArc подходят для сварки практически всех типов металлов и сплавов, обеспечивая хорошую производительность, экономичность, высокое качество сварочного соединения, контролируемое тепловложения и форму шва, обеспечивая минимальное разбрызгивание электродной проволоки.

3.3 Технологический процесс сборки и сварки

Любые сварочные работы – это сложный технологический процесс, который требует специальной подготовки и обработки металла [1].

Все операции производятся специалистами, прошедшими специальное обучение, и имеют высокое качество подготовки для работы с выбранным оборудованием.

Спроектированный технологический процесс сборки и сварки удлинителя дышла прицепного устройства включает следующие операции , которые представлены на черт. 21. БР. СОМДиРП. 67.11.01; черт. 21. БР. СОМДиРП. 67.11.02; черт. 21. БР. СОМДиРП. 67.11.03.

1.Транспортировка листа со склада и входной контроль

Лист 6000x1500 мм толщиной 8 мм транспортируют в зону правки и очистки поверхности, Данный процесс регулируется логистическим отделом предприятия .

Транспортировка проводится кран-балкой с грузоподъемностью до 5 т. (Разрешается использовать вилочный погрузчик).

2. Плазменная резка

Оператор на аппарате ЧПУ плазменной резки (рисунок 15) производит раскрой и резку металла по программе.

Для удлинителя дышла сеялки используется ст. 09Г2С толщиной 8мм и 15мм.

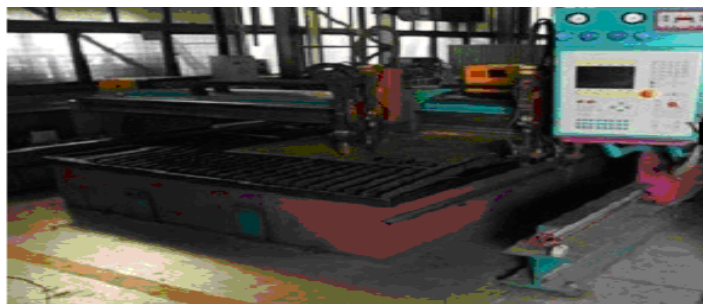


Рисунок 15 – Установка с ЧПУ для плазменной резки

3. Дробеструйная обработка металла

Оператор дробеструйной машины подает дробь сжатый воздух. Дробеструйной обработкой производится очистка металла от окалины, ржавчины и загрязнений (рисунок 16).



Рисунок 16 - Дробеструйная машина проходного типа

4. Гидравлическое сгибание по шаблону

Оператор листогибочного станка, используя листогибочный пресс (рисунок 17а), шаблон, угломер, совершает загиб металла (рисунок 17б) по шаблону.



Рисунок 17– Листогибочный станок с контролером

5. Контроль формы и геометрических размеров детали

Контролер ОТК рулеткой, линейкой, угольником выполняет контроль формы и размеров детали в соответствии с чертежом. Контроль чистоты реза.

6. Сборка узла прицепного устройства

Сборка узла прицепного устройства производится в специальном приспособлении, которое показано на рисунок 18.

Электросварщик 5 разряда закладывает детали в стапель в соответствии с черт. 21 БР СОМДиРП 67.62. Сб и фиксируются прижимами.

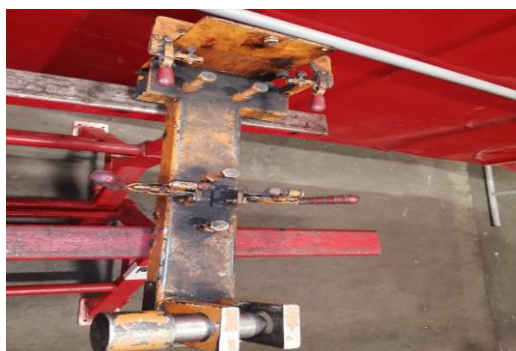


Рисунок 18 - Приспособления для сборки и сварки удлинителя

Электросварщик 5 разряда закладывает детали в стапель (черт. 21 БР СОМДиРП 67.62 Сб) и фиксируют прижимами.

7. Прихватки

Электросварщик 5 разряда, применяя аппарат EWM Phoenix 451 puls, сварочную проволоку ESAB ОК AristoRod 12.50, $D_{э} = 1,2\text{мм}$, защитный газ Corgon 18. Прихватки устанавливаются на режиме: $U_{д} = 26\text{В}$, $I_{св} = 220\text{ А}$, осуществляет прихватки длиной 25 - 35 мм через расстояние между ними менее 50 мм.

8. Сварка деталей

Электросварщик 5 разряда с помощью кран-балки со стапеля переносит деталь на сварочный стол. Аппаратом EWM Phoenix 451 puls, сварочной проволокой ESAB ОК AristoRod 12.50 с $D_{э} = 1,2\text{мм}$, в защитном газе Corgon 18 производится сварка узла на режиме $U_{д}=27\text{В}$, $I_{св} = 250\text{ А}$. На рисунке 19 показан сваренный удлинитель.



Рисунок 19 – Внешний вид удлинителя прицепного устройства

9. Нанесение клейма

Электросварщик 5 разряда, используя молоток, пассатижи, клеймо сварщика наносит на готовую деталь в соответствии с ГОСТ 25726-83 свой табельный номер.

10. Зачистка узла

Слесарь зубилом, молотком, щеткой по металлу производит очистку от брызг.

11. Визуально-измерительный контроль

Проводя данный осмотр, контролер ОТК использует измерительные приборы (рулетка, линейка, лупа, угломер, универсальный шаблон измерения катета сварочных швов). Совершается контроль:

- размеров детали и качества сварных швов;
- наличие припуска на механообработку – по разметке;
- отсутствие видимых повреждений и деформаций на обработанных поверхностях
- наличие квалификационного удостоверения у сварщика установленного образца, клеймение сварных швов, наличие сертификата на сварочные материалы.

12. Покрасочный цех

Оператор покрасочной установки выполняя данную работу применяет кран-балку, тележку на колесах для перемещения продукции, покрасочную камеру, камеру с термической обработкой. При этом деталь вывешивается на траверсы, обезжиривается, отправляется в покрасочную камеру, где она

грунтуется. Наносится окрашивание порошковой краской, после чего отправляется в термообработку для запекания порошкового покрытия.

13. Склад готовой продукции

Сотрудником логистического отдела готовое изделие транспортируется вилочным погрузчиком на склад и принимается на хранение.

Таким образом, для сварки удлинителя дышла прицепного устройства спроектирован технологический процесс сборки и сварки импульсной дугой плавящимся электродом в газовой смеси Corgon 18 на постоянном токе современным аппаратом EWM Phoenix 451 puls с механизмом подачи присадочной проволоки EWM-rootArc.

Доработан стапель стационарными прижимами.

Выбрано современное сварочное оборудование фирмы EWM (источник питания и механизм подачи присадочной проволоки).

Выбран диаметр электродной проволоки D_3 и ее марка стали. Подобран состав газовой смеси.

Определены параметры режима сварки импульсной дугой I_G – базовый ток в А, I_P – ток импульса в А, t_P - длительность импульса в с., f – частота импульсов в Гц, U_d , $V_{пр.пр.}$, $Q_{газ. смесь}$.

Технологический процесс обеспечивает сварку удлинителя дышла сеялки высокого качества без разбрызгивания электродной проволоки.

4 Безопасность и экологичность предлагаемых решений

Технологический процесс, который проходит на производстве не должен быть взрыво- и пожароопасным. На предприятие должна быть обеспечена безопасность как для сотрудников, производящих детали, так и для окружающей среды.

Все эти требования закладываются и реализуются на стадиях организации и проведении технологических процессов. Как только сотрудник устраивается на работу, переводится на новую должность, он обязан пройти инструктаж по безопасности на предприятии (рисунок 20).



Рисунок 20 - Виды инструктажа на предприятии

Изучим опасные и вредные факторы, возникающие на производстве, а также мероприятия по предотвращению производственных рисков. «Оценим безопасность проектной технологии при изготовлении узла прицепного устройства для дальнейшего внедрения внесенных изменений

на предприятие. Для этого необходимо рассмотреть следующие вопросы, которые рассмотрены в таблице 15 и таблице 16 соответственно :

- производственные риски;
- меры предохранения от поражения электрическим током;
- меры предохранения от излучения дуги и ожога;
- меры безопасности при эксплуатации баллонов с защитным газом;
- противопожарные мероприятия при сварочных работах » [3].

Таблица 15 – Профессиональные риски, задействованные в технологическом процессе [3]

Наименование подразделения	Производственные риски	Источник производственного риска	Меры, предотвращения, производственных рисков
Склад материалов	-перемещаемые изделия машинами и механизмами; -острые кромки, заусенцы, шероховатость поверхности металлопроката	Кран-балка до 5 т., вилочный погрузчик, металлопрокат	1.Хранение металлопроката должно производиться в штабелях или на стеллажах. Проходы между штабелями или стеллажами в ряду должны быть не менее 0,8м,авысота не должна превышать1,5 м. 2. Информирование об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала
Заготовительный	- передвигаемые изделия; - повышенная температура поверхностей - повышенный уровень шума на рабочем месте - окалины, ржавчина и загрязнения.	-плазменная резка; -дробеструйная обработка металла; -гидравлическое сгибание по шаблону	1.Рабочий снабжается спецодеждой: костюм хлопчатобумажный с огнезащитной пропиткой, ботинки кожаные, рукавицы брезентовые, куртка и брюки хлопчатобумажная на утепляющей прокладке, перчатки, фартук, защитная сварочная маска.

Продолжение таблицы 15

Наименование подразделения	Производственные риски	Источник производственного риска	Меры, предотвращения, производственных рисков
			2. Информирование об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала
Сварочный участок	Таблица 16	Таблица 16	Таблица 16
Покрасочный участок	-Концентрации вредных химических веществ и соединений, поступающих в воздух рабочей зоны; -уровни ультрафиолетового, инфракрасного и рентгеновского излучения, возникающие при работе сушильного оборудования	Покрасочная камера, камера с термической обработкой	Применение работниками средств защиты органов дыхания, глаз и кожи
Склад готовой продукции	- транспортировка готового изделия машинами.	Вилочный погрузчик, кран-балка	1. На перемещающемся оборудовании устанавливаются конечные выключатели, блокировки; 2. информирующие об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала

Таблица 16 – Производственные риски на сварочном участке и мероприятия, созданные для их предотвращения [3]

Производственные риски при сварке	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов	Мероприятия, созданные для предотвращения производственных рисков
Поражение электрическим током	1. Надежно заземлять корпус источника питания дуги и свариваемое изделие. 2. Не использовать контур заземления в качестве сварочного провода. 3. Хорошо изолировать рукоятку электрододержателя. 4. Не производить ремонта оборудования и аппаратуры (должен выполнять электрик)	Работать в сухой и прочной спецодежде и рукавицах (ботинки не должны иметь в подошве металлических шпилек и гвоздей)	Заземление оборудования, находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.
Ультрафиолетовые и тепловые излучения дуги	1. Ограждение мест работы щитами или ширмами. 2. Проведение предварительных и периодических медицинских осмотров, рабочих	Применение специальной одежды, обуви, очков, щитков шлемов со светофильтрами	Экранирование места сварки щитами
Травмы от взрыва баллонов	1. Все оборудование должно быть пром. произв-ва и проходить периодическую проверку. 2. Перед началом проведения работ, убедитесь в исправности газобаллонного оборудования.	Газовые баллоны удобней всего хранить в специальных шкафах.	Информирующие об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала

Продолжение таблицы 16

Производственные риски при сварке	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов	Мероприятия, созданные для предотвращения производственных рисков
	<p>3. Исключить попадание на газовые баллоны попадание прямых солнечных лучей.</p> <p>4. Не допускать попадание машинного масла на кислородные баллоны.</p> <p>5. Определить место для хранения газосварочного оборудования и недопущения до него посторонних лиц.</p>		
Повреждение глаз при очистке швов и сопла горелки от шлака и брызг металла	При проведении работ по очистке, необходимо защитить свои глаза от возможного попадания в них искр и брызг раскаленного металла.	Для этого следует использовать средства индивидуальной защиты глаз - очки, щитки, маски.	Средства индивидуальной защиты и спецодежда
Поражение органов дыхания вредными и ядовитыми газами	Для удаления токсичных газов и пыли из воздуха рабочей зоны и поддержания микроклимата используется общая механическая приточно-вытяжная вентиляция	Маски-хамелеоны — маски с возможностью подвода отфильтрованного воздуха.	Средства индивидуальной защиты и спецодежда, механическая приточно-вытяжная вентиляция
Ожоги расплавленным металлом, брызгами, шлаком,	При проведении работ по очистке, необходимо защитить руки, тело, ноги от возможного попадания в них	Для защиты рук используют рукавицы. Для защиты тела — огнезащитные куртки, брюки,	Средства индивидуальной защиты и спецодежда

Продолжение таблицы 16

Производственные риски при сварке	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов	Мероприятия, созданные для предотвращения производственных рисков
сваренными или нагретыми перед сваркой деталями	искр и брызг раскалённого металла.	костюмы. Наиболее эффективен – комбинезон. Для ног используют специальные ботинки сварщика.	
Ожоги от воспламенения	1. Не допускается размещение горючих веществ вблизи рабочего места сварщика. 2. Материалы, подверженные сгоранию, должны быть в пределах пяти метров от рабочего места, взрывоопасные, горючие вещества – не ближе, чем десять метров.	Соблюдение противопожарных мероприятий	Инструктаж по противопожарной безопасности

Таким образом, охрана труда всего технологического процесса имеет первоочередное значение в процессе трудовой деятельности рабочих. Знание и неукоснительное соблюдение мер безопасности при выполнении работ, проведение повторных инструктажей по охране труда, вырабатывает положительную трудовую дисциплину и безопасные условия для работы на производстве.

Так же в данном разделе следует уделить внимание обеспечению пожарной безопасности. Здание предприятия, на котором в дальнейшем хотим внедрить проектную технологию отдельно стоящее, одноэтажное с размерами в плане 13.5x7м², 16x10.5м² относится к II степени

огнестойкости сооружений. По взрывопо- жароопасности цех относят к категории Г согласно ППБ 105-03, ГОСТ 12.1.004-96.

Степень огнестойкости здания АО «ЕВРОТЕХНИКА» определяется огнестойкостью его строительных конструкций. СП 2.13130.2009 «Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

Пожар может возникнуть от неисправности оборудования, в результате перегрузки, либо короткого замыкания электрической цепи. Это приведет к задымлению и повышению температуры в цеху, снизится видимость на участке, появится едкий запах токсичных веществ.

Для предотвращения данной ситуации на предприятие предусмотрены средства пожаротушения, размещенные на участке: огнетушители порошковые ОП-4 и углекислотные, ОУ-3, ящики с песком, пожарный шкаф, пожарный щит, огнеупорное полотно, пожарная сигнализация, кнопка оповещения. Ящики с песком имеют вместимость 1 м³ и укомплектованы совковой лопатой. Щит укомплектован лопатами, топорами, баграми. Пожарный шкаф укомплектован совковой и штыковой лопатой, противопожарным полотном, конусным ведром, пожарным ломом, пожарным багром, пожарным гидрантом. Согласно СНиП 2.01.02-85 ширина путей и высота дверей должна быть не менее одного и двух метров, соответственно. Двери на пути эвакуации открываются по направлению выхода из здания.

Кроме этого, каждый работодатель обязан проводить инструктаж по пожарной безопасности. Сроки проведения могут устанавливаться компанией самостоятельно, но не реже чем 1 раз в год. Работников организаций, имеющих пожароопасное производство, инструктируют не реже одного раза в полугодие.

В выпускной работе рассматривается механизированная сварка в среде защитных газов: в базовом варианте с использованием защитного газа CO₂, а в проектном варианте- смесь Corgon 18. Рассмотрим влияние данных защитных газов на окружающую среду и работников предприятия.

«Данный вид сварки является одним из самых производительных, но с позиции экологии вносит загрязнения в окружающую среду. Так как в результате сварочного процесса в воздух выбрасываются различные химические соединения, газы, оксиды металлов» [10]

«Углекислый газ, под воздействием высоких температур разделяется на CO (угарный газ) и $\frac{1}{2}$ O₂ (половина молекулы кислорода). Угарный газ (CO) при этом он выполняет роль защитного газа в зоне сварочной ванны и его избыток постоянно выбрасывается вместе со сварочными дымами в помещение. Половина молекулы кислорода пытается участвовать в качестве оксиданта в процессах стабилизации дуги. Угарный газ (CO) не имеет запаха, токсичен. Значительное снижение концентрации CO возможно при применении аргоно-углекислотных газовых смесей» [3].

«В результате выгорания компонентов основного и присадочного материалов в сварочные дымы выбрасывается 99% частиц размером меньше 1 мкм оксидов железа (FeO). Оксиды железа нетоксичны, но опасны для легких. Экология процесса сможет быть значительно улучшена только при переходе на аргоно-углекислотные смеси» [3].

«Профилактические мероприятия должны предусматривать автоматизацию процессов сварки, сокращение объема сварочных работ в замкнутых пространствах, оборудование рабочих мест местной и общеобменной вентиляцией» [3].

«Также в процессе сварки происходит световое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, исходящие от сварочной дуги. Каждый из этих факторов можно устранить или снизить в результате определенных мероприятий» [3].

«Световое излучение обладает ослепляющим действием, и достаточно легко блокируется тонированным стеклом сварочной маски» [3].

«Ультрафиолетовое и инфракрасное может вызвать ожоги открытых участков тела и представляет опасность для глаз, способно вызвать

катаракту. Профилактические мероприятия должны предусматривать применение средств индивидуальной защиты» [3].

В данной главе были рассмотрены производственные факторы, которые отрицательно влияют на рабочих, в процессе производства изделия, и окружающую среду. Также предложены меры по устранению или уменьшению данных факторов. Выявлено, что использование индивидуальных средств защиты и спецодежды, проведение инструктажа, в установленном порядке, позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности производства в условиях осуществления проектного технологического процесса. К решениям вопросов, связанных с экологией сварочных процессов следует подходить ответственно, и относиться бережно к окружающей среде.

5 Экономическая эффективность технологического процесса

В выпускной квалификационной работе разработана технология сборки и сварки удлинителя дышла прицепного устройства, который изготавливается из стали марки 09Г2С с применением механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитного газа.

По базовому варианту работа выполнялась механизированной сваркой плавящимся электродом в среде углекислого газа, недостатком является высокий коэффициент разбрызгивания и чрезмерно высокий коэффициент налипания на изделие расплавленного металла.

Проектный вариант технологии предполагает применение механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитного газа Corgon 18 импульсной дугой с регулируемыми параметрами частоты импульсов тока и его амплитуды.

Таблица 17 – Исходные данные для оценки экономической эффективности технология сборки и сварки удлинителя дышла прицепного устройства [9]

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
«Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется технологический процесс» [9].	$K_{см}$	-	2	2
«Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций» [9].	R_p	-	IV	V
«Утверждённая часовая тарифная ставка работника» [9].	$C_ч$	руб/час	200	250
«Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы» [9].	$K_{вн}$	-	1,1	1,1

Продолжение таблицы 17

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
«Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [9].	$K_{\text{доп}}$	%	12	12
«Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [9].	$K_{\text{д}}$	-	1,88	1,88
«Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды» [9].	$K_{\text{сн}}$	%	30	30
«Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [9].	$H_{\text{а}}$	%	21,5	21,5
«Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию» [9].	$H_{\text{а-пл.}}$	%	5	5
«Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса» [9].	S	м ²	24	24
Принятое значение цены на «производственные площади для выполнения операций технологического процесса» [9].	$C_{\text{пл}}$	руб/м ²	30000	30000
«Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9].	$C_{\text{эсп}}$	(руб/м ²)/год	2000	2000
«Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы» [9].	$K_{\text{т-з}}$	%	5	5

Продолжение таблицы 17

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
«Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж» [9].	$K_{\text{монт}}$ $K_{\text{дем}}$	%	3	5
«Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9].	$C_{\text{об}}$	руб.	25000 0	700000
«Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь» [9].	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
«Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9].	$M_{\text{уст}}$	кВт	14,3	14,3
«Принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9].	$C_{\text{э-э}}$	руб/ кВт	6,74	6,74
«Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9].	$K_{\text{ПД}}$	-	0,7	0,85
«Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений» [9].	$E_{\text{н}}$	-	0,33	0,33
«Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов» [9].	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
«Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов» [9].	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15

Расчет фонда времени работы на оборудование ведем согласно формулам, описанным в источнике [9]

«Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы» [9]:

$$F_{\text{н}} = D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} (\square \square D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot K_{\text{см}}, \quad (4)$$

«где $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

$D_{\text{р}}$ – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{\text{п}}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{\text{п}}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{\text{см}}$ – количество рабочих смен» [9].

После подстановки в формулу (4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_{\text{н}} = (247 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 3938 \text{ ч.}$$

«Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы» [9]:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (5)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_{\text{э}} = 3938 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 3662 \text{ ч.}$$

Расчет штучного времени [9]

Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{\text{ШТ}} = t_{\text{ОСН}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П}} - \text{З}, \quad (6)$$

«где $t_{\text{ШТ}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам; $t_{\text{ОСН}}$ – основное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9].

Оно определяется по формуле (7):

$$t_{\text{ОСН}} = \frac{L_{\text{ШВ}}}{V_{\text{ШВ}}} \quad (7)$$

«где $L_{\text{ШВ}}$ - сумма длин всех швов, м $\sum L_{\text{ШВ}} = 2,63$ м;

$V_{\text{СВ}}$ - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч, $V_{\text{СВ}} = 2,63$ м/ч;

$V_{\text{СВ}}$ - скорость сварки (базовый вариант), м/ч, $V_{\text{СВ}} = 2,1$ м/ч» [9].

Определяем основное время по формуле (7) для обоих вариантов:

$$t_{\text{ОСН}} (\text{базовый}) = \frac{2,63}{2,1} = 1,25 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{ОСН}} (\text{проектный}) = \frac{2,63}{2,63} = 1 \text{ ч}$$

« $t_{\text{ВСП}}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ВСП}} = 10\%$ от $t_{\text{ОСН}}$ » [9].

« $t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{ОСН}}$ » [9].

« $t_{\text{отл}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{отл}} = 5\%$ от $t_{\text{очн}}$ » [9].

« $t_{\text{п-з}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени

$$t_{\text{п-з}} = 1\% \text{ от } t_{\text{очн}} \text{» [9].}$$

После подстановки в формулу (6) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{шт. баз}} = 1,25 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,51 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт. проектн.}} = 1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,21 \text{ ч.}$$

«Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемому технологическому процессу по базовому и проектному вариантам выполним по формуле» [9]:

$$P_{\text{г}} = \frac{F_{\text{э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (8)$$

«где $F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам; $t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [9].

После подстановки в формулу (8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$P_{\text{г. баз}} = 3662 / 1,51 = 2425 \text{ изделий за год;}$$

$$P_{\text{г. проект}} = 3662 / 1,21 = 3026 \text{ изделий за год.}$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $Pг = 2000$ изделий за год.

«Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле» [9]:

$$n_{расч} = \frac{t_{шт} \times Pг}{Fэ \times K_{вн}}, \quad (9)$$

«где $Pг$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Fэ$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы» [9].

После подстановки в формулу (9) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{расч. баз} = \frac{1,51 \times 2000}{3662 \times 1,03} = 0,80,$$

$$n_{расч. проект} = \frac{1,21 \times 2000}{3662 \times 1,03} = 0,64,$$

«На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о

необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования» [9].

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$K_z = \frac{n_{расч}}{n_{пр}} \quad (10)$$

«Где $n_{расч}$ – полученное согласно (6.6) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам; $n_{пр}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9].

После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{з.б} = \frac{0,8}{1} = 0,8,$$
$$K_{з.проект} = \frac{0,64}{1} = 0,64.$$

Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки ведем так же согласно [9].

«При сварке изделия применяются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение механизированной сваркой плавящимся электродом в среде углекислого газа. Проектная технология предполагает применение механизированной сварки в защитном газе Corgon 18 с импульсной дугой» [9].

Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле (11):

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{Т-3}, \quad (11)$$

«где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам

предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;
Кт-з – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы» [9].

После подстановки в формулу (11) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_{\text{баз.}} = 197,84 + 286,1 = 483,94 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 98,35 + 142,32 = 240,67 \text{ рублей}$$

«Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ » [9].

«Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \times Cч \times КД, \quad (12)$$

«где $Cч$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$КД$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [9].

После подстановки в формулу (12) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_{\text{баз.}} = 197,84 + 286,1 = 483,94 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 98,35 + 142,32 = 240,67 \text{ рублей}$$

Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы (13):

$$Z_{\text{доп}} = \frac{К_{\text{доп}}}{100} \times Z_{\text{осн}}, \quad (13)$$

где $К_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы.

После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{доп. базов.}} = 567,76 \cdot 12/100 = 68,13,38 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 568,7 \cdot 12/100 = 68,24 \text{ рублей};$$

$$\Phi\text{ЗПбазов.} = 567,76 + 68,13 = 635,89 \text{ рублей};$$

$$\Phi\text{ЗПпроектн.} = 568,7 + 68,24 = 636,94 \text{ рублей}.$$

Объём Осв отчислений на страховые взносы в фонды определим расчётным путём с использованием формулы (14):

$$\text{Осв} = \Phi\text{ЗП} \cdot K_{\text{сн}}/100, \quad (14)$$

«где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды» [9].

После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Осв}_{\text{баз.}} = 635,89 \cdot 30/100 = 190,77 \text{ рублей};$$

$$\text{Осв}_{\text{проектн.}} = 636,94 \cdot 30/100 = 190,08 \text{ рублей}.$$

«Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (15)$$

«где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{\text{э-э}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9].

«Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \times N_{\text{а}} \times t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \times 100}, \quad (16)$$

«где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении

операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

На – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

tМАШ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Fэ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9].

После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{об.баз}} = \frac{250000 \times 21,5 \times 1,51}{3662 \times 100} = 22,16 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{об.проект}} = \frac{700000 \times 21,5 \times 1,21}{3662 \times 100} = 49,73 \text{ рублей}.$$

«Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \times t_{\text{маш}} \times C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}}, \quad (17)$$

«где $M_{\text{уст}}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Цэ-э – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9].

После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-э.баз}} = \frac{14,3 \times 6,74 \times 1,51}{0,7} = 207,91 \text{ рублей};$$

$$P_{\text{э-э.проект}} = \frac{14,3 \times 6,74 \times 1,21}{0,7} = 166,60 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{об.баз.}} = 22,16 + 207,91 = 230,07 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{об.проектн.}} = 49,73 + 166,60 = 216,33 \text{ рублей.}$$

Значение $С_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$С_{\text{ТЕХ}} = М + \Phi ЗП + О_{\text{св}} + ЗОБ \quad (18)$$

После подстановки в формулу (18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$С_{\text{ТЕХ.баз}} = 483,94 + 635,89 + 190,77 + 230,07 = 1540,67 \text{ рублей};$$

$$С_{\text{ТЕХ.проект}} = 240,67 + 636,94 + 190,08 + 216,33 = 1284,02 \text{ рублей.}$$

«Значение $С_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$С_{\text{ЦЕХ}} = С_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{ОСН}} \times К_{\text{ЦЕХ}} \quad (19)$$

«где $К_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9].

После подстановки в формулу (19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз}}=1540,67+230,07 \times 1,5 =1885,78 \text{ рублей};$$

$$C_{\text{ЦЕХпроект}}=1284,02+216,33 \times 1,5 =1608,52 \text{ рублей.}$$

«Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$C_{\text{зав}}=C_{\text{цех}}+Z_{\text{осн}} \times K_{\text{зав}} \quad (20)$$

«где $K_{\text{зав}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9]:

После подстановки в формулу (20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{завБаз}}=1885,78+567,76 \times 1,15=2538,70 \text{ рублей};$$

$$C_{\text{завПроект}}=1608,52+568,7 \times 1,5=2461,57 \text{ рублей.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 18

Таблица 18 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектный
Материалы	М	483,94	240,67
Фонд заработной платы	ФЗП	635,89	636,94
Страховые взносы в фонды	$O_{\text{св}}$	190,77	190,08
Затраты на оборудование	$Z_{\text{об}}$	230,07	216,33
Себестоимость технологич.	$C_{\text{тех}}$	1540,67	1284,02
Себестоимость цеховая	$C_{\text{цех}}$	1885,78	1608,52
Себестоимость заводская	$C_{\text{зав}}$	2538,70	2461,57

«Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам» [9]:

«Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$K_{\text{общ.б}} = n \cdot Ц_{\text{об.б}} \cdot K_3, \quad (21)$$

«где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$Ц_{\text{об.б}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, которая определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам» [9].

«Величину $Ц_{\text{об.б}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$Ц_{\text{об.б}} = Ц_{\text{перв}} - (Ц_{\text{перв}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_A / 100), \quad (22)$$

«где $Ц_{\text{перв}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{сл}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [9].

После подстановки в формулу (21) и (22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз}}=250000-(250000 \cdot 4 \cdot 21,5/100)=35000 \text{ рублей};$$

$$K_{\text{ОБЩ.Б}}=0,8 \cdot 35000 \cdot 0,8=22400 \text{ рублей.}$$

«Величину $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}}=K_{\text{ОБ.ПР}}+K_{\text{ПЛ.ПР}}+K_{\text{СОП.ПР}} \quad (23)$$

«где $K_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [9].

«Объём $K_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$K_{\text{ОБ.Проект}} = Ц_{\text{ОБ.ПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (23)$$

После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБ.Проект}}=0,64 \cdot 700000 \cdot 0,64=286720 \text{ рублей.}$$

«Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$K_{\text{СОП}}=K_{\text{дем}}+K_{\text{монт}}, \quad (24)$$

«где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [9].

«Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$K_{\text{ДЕМ}} = C_{\text{Б}} \times K_{\text{ДЕМ}} \quad (25)$$

«где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [9].

После подстановки в формулу (25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 250000 \cdot 0,05 = 12500 \text{ рублей.}$$

«Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$K_{\text{МОНТ}} = C_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (26)$$

«где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [9]:.

После подстановки в формулы (25) и (26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 700000 \cdot 0,05 = 35000 \text{ рублей;}$$

$$K_{\text{СОП}} = 12500 + 35000 = 47500 \text{ рублей;}$$

$$K_{\text{ОБЩПРОЕКТИ}} = 286720 + 47500 = 334220 \text{ рублей.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}} \quad (27)$$

После подстановки в формулу (27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{доп}}=334220-22400=311820 \text{ рублей.}$$

Размер $K_{\text{уд}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы (28):

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ}}}{P_{\Gamma}}, \quad (28)$$

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

$$K_{\text{удБаз}}=22400/2000=11,2 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн}}=334220/2000=167,11 \text{ руб./ед.}$$

Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений так же определяем по формулам источника [9].

«Снижение t трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штТБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штТБ}}} \cdot 100\% \quad (29)$$

После подстановки в формулу (29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$t_{\text{шт}} = \frac{1,51 - 1,21}{1,51} \times 100\% = 19,9\%$$

«Повышение P_{Γ} производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \times \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (30)$$

После подстановки в формулу (30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$П_{\Gamma} = \frac{100 \times 19,9}{100 - 19,9} = 24,8 \%$$

«Снижение $C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{техБ}} - C_{\text{техПР}}}{C_{\text{техБ}}} \times 100\% \quad (31)$$

После подстановки в формулу (31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{1540,67 - 1284,02}{1540,67} \times 100\% = 16,7\%$$

«Условно-годовую экономию $Пр_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$Пр_{\text{ож}} = Эу - г = (C_{\text{завБ}} - C_{\text{завПР}}) \times П_{\Gamma} \quad (32)$$

После подстановки в формулу (32) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Эу - г = (2538,70 - 2461,57) \times 2000 = 154260 \text{ рублей}$$

«Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{Эу - г} \quad (33)$$

После подстановки в формулу (33) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{\text{ок}} = 311820 / 154260 = 2$$

«Годовой экономический эффект $Э_{\Gamma}$ в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [9]:

$$Э_{\Gamma} = Эу - г - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (34)$$

После подстановки в формулу (34) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Эг}=154260-0,33 \times 311820=51359,4 \text{ рублей [2].}$$

По базовому варианту работы выполнялись механизированной сваркой плавящимися электродами в среде углекислого газа, недостатком которого является трудоемкость сварки изделия, сопоставимая с трудозатратами на удаление прилипших капель металла. На самом деле это большое количество. В связи с этим мы выбрали метод сварки в защитных газах Corgon 18 с использованием импульсной дуги. Этот метод сводит к минимуму разбрызгивание, обеспечивая при этом превосходную производительность, экономическую эффективность, высокое качество сварных соединений, контролируемый подвод тепла и форму шва. электродной проволоки.

Проведенные экономические расчеты подтвердили эффективность предложенного решения. Трудоемкость снизится на 19,9%, производительность труда увеличится на 24,8%, а затраты на технологии снизятся на 16,7%. Внедрение предлагаемого решения в производство позволяет получить полугодовую экономию в размере 154 260 рублей.

Годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 51 359,4 руб. Капитальные вложения, необходимые для приобретения нового технологического оборудования, окупаются в течение двух лет. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что предложенное решение очень эффективно и его следует внедрять в производство.

Заключение

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности изготовления удлинителя дышла прицепного устройства для сельскохозяйственной техники. В работе поставлена цель - повысить качество и производительность операций сборки и сварки удлинителя.

Для достижения поставленной цели проведен анализ способов сварки плавящимся электродом в защитной среде газов, в результате которого выбран способ сварки плавящимся электродом в защитной среде газов в импульсном режиме. Выбранный способ снижает разбрызгивание электродной проволоки и уменьшает затраты на очистку изделия от брызг. В ходе подготовки технологического процесса выбраны сварочный аппарат EWM Phoenix 451 puls с механизмом подачи проволоки EWM-rootArc, проволока ESAB OK AristoRod 12.50 диаметром $D_{э} = 1.2$ мм, защитная среда Corgon 18, которая с импульсной дугой обеспечивает высокую производительность и высокое качество сварного соединения, обеспечивая минимальное разбрызгивание электродной проволоки.

В ходе подготовки технологического процесса доработано приспособление для сборки и сварки узла прицепного устройства.

Выполнен анализ проектной технологии сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 51 359,4 рублей.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что цель выпускной работы достигнута. Все предложенные решения имеют высокую эффективность и должны быть внедрены в производство узла прицепного устройства сеялки.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Акулов, А.И., Бельчук, Г.А., В.П. Демянцевич, В.П. Технология и оборудование сварки плавления. – Москва : Машиностроение, 1972 - 537с; ил
2. Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства - М.: Машиностроение, 1984. - 368с., с ил.
3. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти : ТолПИИ, 2000. – 68 с.
4. ГОСТ Р ИСО 17637-2014. Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением. - Москва : Изд-во Стандартиформ, 2015. – 94с.
5. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. - Москва : Стандартиформ, 2009. – 65с.
6. ГОСТ 14771 – 76*. Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные. Основные типы. Конструктивные элементы и размеры. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 45 с.
7. Дюргеров Н.Г., Сагиров Д.Х. Определение свойств дуги при импульсных процессах сварки // Сварочное производство. – 2004. – № 4. – С. 14-18.
8. ISO 5817-2009 (E) (|EN 25817). Стальные соединения, выполненные дуговой сваркой. – М. : Изд-во стандартов, 2009. – 62с.
9. Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
10. Крюков А.В., Павлов Н.В., Зеленковский А.А. Особенности сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2013. – № 5. – С. 37-39.
11. Лапин И.Е., Косович В.А., Потапов А.Н., Русол О.А. Пространственная устойчивость дуги и формирование шва при сварке

тонколистового алюминия разнополярными импульсами тока прямоугольной формы // Сварочное производство. – 2001. – № 5. – С. 3-6.

12. Лебедев В.А., Кузьмин И.С., Новгородский В.Г. Управление процессом механизированной сварки в углекислом газе с использованием параметров переноса электродного металла // Сварочное производство. – 2002. – № 5. – С. 6-14.

13. Лебедев В.А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2007. – № 11. – С. 26-30.

14. Лобанов Л.М., Лебедев В.А., Максимов С.Ю. Новые возможности механизированной дуговой точечной сварки с применением импульсных воздействий // Автоматическая сварка. – 2012. – № 5. – С. 17-22.

15. Машин В.С., Пашуля М.П., Шонин В.А. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом в аргоне тонколистовых алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. – 2010. – № 5. – С. 49-53.

16. Мозок В.М., Лебедев В.А. Дополнительные особенности технологий дуговой механизированной и автоматической сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2010. – № 2. – С. 34-38.

17. Новиков О.М., Радько Э.П., Иванов Е.Н. Разработка новой технологии дуговой сварки в защитных газах на основе применения пульсации газовых потоков и потенциалов ионизации // Сварщик – профессионал. – 2006. – № 6. – С. 10-13.

18. Патон Б.Е., Лебедев В.А., Пичак В.Г. Анализ технических и технологических возможностей импульсной подачи электродной проволоки в процессах дуговой сварки и наплавки // Сварочное производство. – 2002. – № 2. – С. 24-31.

19. Патон Б.Е., Шейко П.П., Жерносеков А.М. Стабилизация процесса импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом // Автоматическая сварка. – 2003. – № 8. – С. 3-6.

20. Потапьевский, А.Г. «Сварка в защитных газах плавящийся электродом» М., Машиностроение, 1974 - 239с., 84ил.

21. Рыжов Р.Н. Влияние импульсных электромагнитных воздействий на формирование и кристаллизацию швов // Автоматическая сварка. – 2007. – № 2. – С. 56-58.

22. Сараев Ю.Н. Адаптивные импульсно-дуговые методы механизированной сварки при строительстве магистральных трубопроводов // Сварочное производство. – 2002. – № 1. – С. 4-11.

23. Сидоренко П.Ю., Рыжов Р.Н. Использование импульсных электромагнитных воздействий для управления процессом переноса электродного металла при дуговой сварке // Автоматическая сварка. – 2010. – № 6. – С. 52-53.

24. Тазетдинов Р.Г., Новиков О.М., Персидский А.С. Дуговая сварка в защитных газах с попеременной импульсной подачей разнородных газов // Сварочное производство. – 2012. – № 1. – С. 38-42.

25. Федько В.Т., Брунов О.Г., Соколов П.Д. Сварка с импульсной подачей сварочной проволоки как частный случай импульсно-дуговой сварки // Сварочное производство. – 2006. – № 7. – С. 6-8.

26. Чернявский Н.И., Казаков Ю.В., Короткова Г.М. Определение действующего значения импульсного тока при аргонодуговой сварке алюминия неплавящимся электродом // Сварочное производство. – 2012. – № 8. – С. 12-16.

27. Baeva M., Uhrlandt D. Nonequilibrium simulation analysis of the power dissipation and the pressure produced by TIG welding arcs // Welding in the World. – 2019. – №2. – С. 377-387.

28. Chang Yunlong, Che Xiaoping, He Youyou, Ni Guangxu. Influence of longitudinal magnetic field on metal transfer in MIG arc welding // China Weld. – 2008. - Vol. 17, № 2. – P. 27-31.

29. Daehyun B., Hyeong S., Sang-Hu P. Development of an automatic orbital welding system with robust weaving width control and a seam-tracking function

for narrow grooves // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2017. – №93. – C. 767-777.

30. Huang Jiankang, Han Rihong, Shi Yu, Fan Ding, Zhang Yuming // J. Mech. Eng. – 2012. - Vol. 48, № 8. – P. 44-48

31. Yao Ping, Xue Jiayang, Huang Wenchao, Zhang Rui. Analysis of droplet transfer of pulsed MIG welding based on electrical signal and high-speed photography // China Weld. – 2009. - Vol. 18, № 1. – P. 67-72.

