

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 и оборудование для сборки и сварки балки опорной тележки

Студент

А.А. Братанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии сварки балки опорной тележки трактора. При дуговой сварке деталей тележки штучными электродами сварщику приходится контролировать положение электрода относительно стыка, длину дуги. Кроме того, особенность применения штучных электродов заключается в том, что значительная часть присадочного материала в виде огарков подлежит утилизации.

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке балки опорной тракторной тележки.

В исполнительской части выпускной квалификационной работы выполнены следующие задачи: выбран присадочный материал, подобраны режимы сварки; спроектировано сборочное приспособление; разработан технологический процесс механизированной сварки изделия в защитных газах; выполнен анализ предлагаемых технических решений на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала; выполнена экономическая оценка варианта сварки с механизированной подачей присадочной проволоки.

Пояснительная записка содержит 53 стр. машинописного текста, 8 рисунков, 7 таблиц.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при изготовлении сварных конструкций незначительных габаритов.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	7
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	7
1.2 Анализ свойств материала балки.....	9
1.3 Анализ применяемой технологии сварки балки	11
1.4 Анализ недостатков применяемой технологии сварки балки и путей их устранения.....	14
1.5 Задачи работы.....	17
2 Проектный технологический процесс сварки балки	18
2.1 Вспомогательные материалы для выбранного способа сварки	18
2.2 Технология сварки	19
2.3 Оборудование для проектной технологии.....	22
3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта	25
3.1 Характеристика разработанного технического объекта	25
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	26
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	27
3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	28
3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	30
3.6 Заключение по разделу	31
4 Экономическая эффективность бакалаврской работы.....	32
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов	32
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	35
4.3 Капитальные вложения в оборудование.....	37
4.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.	40
4.5 Цеховая себестоимость.....	45

4.6 Заводская себестоимость.....	45
4.7 Определение экономической эффективности.....	46
4.8 Выводы по разделу.....	47
Заключение	49
Список используемых источников.....	50

Введение

Для перемещения тяжелых, негабаритных грузов, а также для перемещения грузов в условиях с плохим состоянием дорожного полотна широко применяют тележки, приводимые в движении тракторами.

Учитывая, что по мере выхода экономики из кризиса грузопоток на дорогах увеличивается, в том числе и на сельскохозяйственных предприятиях, актуальным является запуск в производство такого вида транспорта, как тележки на тракторной тяге. Конструктивно тракторная тележка может быть изготовлена на малых предприятиях, с применением простейшего металлорежущего и сварочного оборудования.

Ответственным узлом тракторной тележки является балка опорная. Она передает нагрузку от кузова и груза, находящегося в кузове, на колесную пару. Балка опорная представляет собой сварной узел. Поскольку выпуск данного узла не отличается большой программой, для соединения деталей балки опорной применяется технологический процесс дуговой сварки штучными электродами.

Однако у данного процесса сварки имеются следующие недостатки: относительно низкая производительность, необходимость частой смены плавящегося электрода поскольку он достаточно быстро расходуется, получение постоянства геометрических размеров шва зависит от личностных качеств исполнителей.

Повышение эффективности общественного производства основано, прежде всего, на ускоренном развитии машиностроения, в котором ведущее место принадлежит отраслям металлообработки и, в частности, сварочному производству. Среди всех способов сварки в промышленности наибольшее распространение получила электрическая дуговая сварка, которая в ближайшем будущем останется основным процессом соединения металлов. Все в больших масштабах в производстве применяется сварка в защитных газах, в том числе, углекислом.

Так, воздействие на свойства сварочной дуги, приводящие к

изменению ее энергетических характеристик, позволяет повысить производительностью и качество соединений. Это позволит более экономно расходовать конструкционные и особенно сварочные материалы.

Таким образом, мы можем определить цель настоящей работы – повышение производительности при сварке балки опорной тракторной тележки.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Балка опорная это пространственная конструкция характеризующаяся сложной формой и различными видами сварных швов. Ее габаритные размеры 2824x285x178 мм, рисунок 1.1, 1.2, 1.3. Основу балки составляет поперечина, к которой приварены пластины боковые и кронштейны. Для изготовления поперечины используют трубу прямоугольную. Кронштейны внутренние и внешние выполнены из листового металла. Усилители также выполнены из листового металла. Для крепления деталей подвески тележки и кузова тележки в опорах и косынка выполнены отверстия, а к трубе приварены шпильки крепежные.

В основном перевозки тракторными тележками реализуются на открытом воздухе. Поэтому диапазон температур эксплуатации может составлять +40...-40°C. Если при перевозке грузов тракторной тележкой имеют место атмосферные осадки, то возможно попадание воды. Нагрузки на балку вибрационные и динамические при движении трактора и загрузке тележки. При стоянке нагрузки статические.

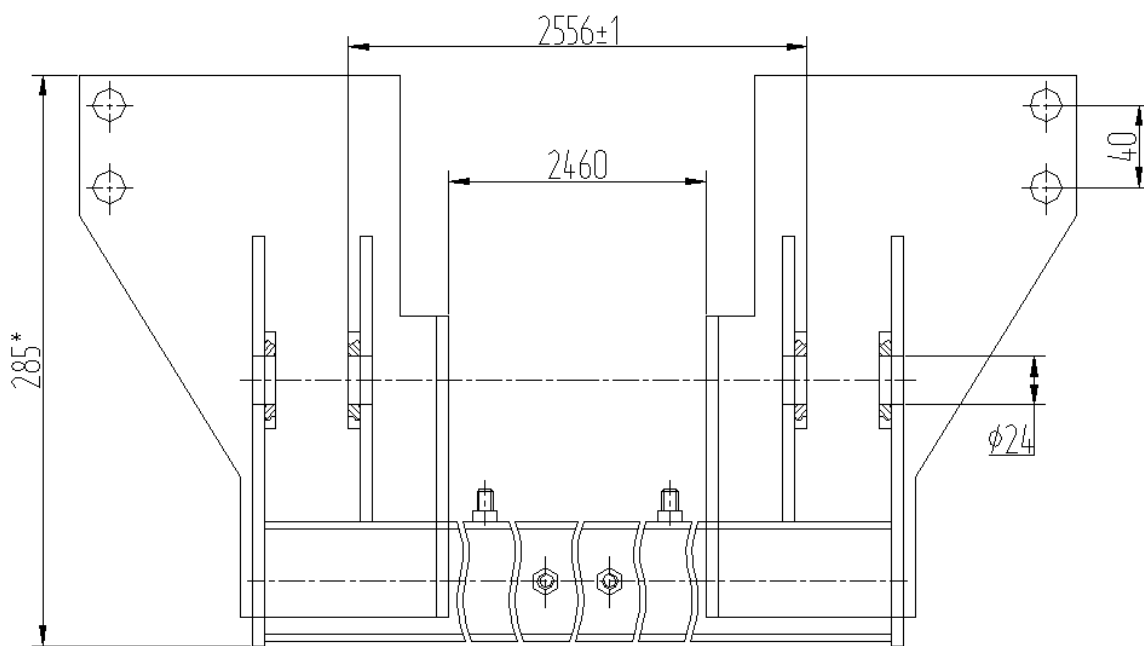


Рисунок 1.1 – Общий вид балки опорной

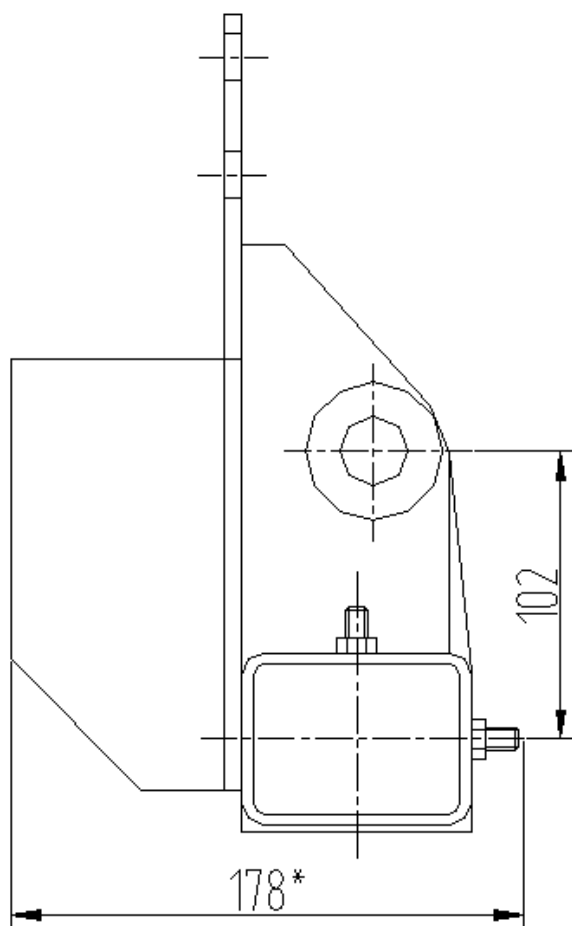
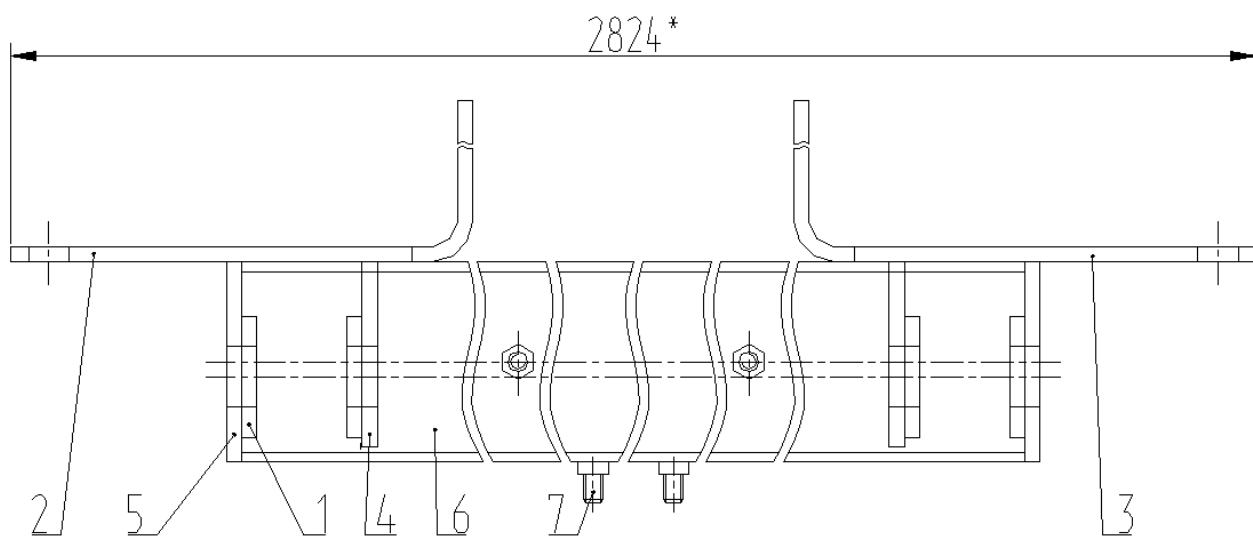


Рисунок 1.2 – Вид балки опорной слева



1 – втулка; 2 – усилитель левый; 3 – усилитель правый; 4 – кронштейн внутренний; 5 – кронштейн внешний; 6 – труба прямоугольная; 7 – шпилька.

Рисунок 1.3 – Вид балки опорной сверху

Общий вес балки опорной составляет 29 килограмм. Точность изготовления должна быть обеспечена в пределах ± 2 мм. Присоединительные размеры для крепления деталей подвески и кузова тракторной тележки должны быть выполнены с точностью ± 1 мм. Ту же степень точности следует обеспечить и у сварного узла.

Рассматриваемая конструкция выполнена из следующих деталей и сварных узлов: 1) Втулка; 2) Усилитель левый; 3) Усилитель правый; 4) Кронштейн внутренний; 5) Кронштейн внешний; 6) Прямоугольная труба; 7) Шпилька крепежная.

Выполнены детали балки из стали 09Г2С.

В трубе выполнены отверстия под шпильки крепежные. Усилители правый, левый, кронштейны внутренний и внешний выполнены из листового металла толщиной 4 мм. Толщина стенок трубы также составляет 4 мм.

Все детали соединены сваркой. В базовой технологии предусмотрена ручная дуговая сварка по ГОСТ 5264-80 штучными электродами МР-3. В конструкции представлен весь спектр соединений – тавровые, угловые, нахлесточные. Вид сварных соединений, подготовка кромок под сварку регламентированы ГОСТ 5264-80. Суммарная длина сварных швов на балке опорной достигает 1140 мм.

1.2 Анализ свойств материала балки

Сталь 09Г2С относится к конструкционным низколегированным сталям. Механические свойства и химический состав стали 09Г2С отражены в таблице 1.1 и 1.2 [5].

Таблица 1.1 - Нормируемый химический состав стали марки 09Г2С в %, ГОСТ 19282-73

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Медь	Никель	Сера	Фосфор
				Не более			
До 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	До 0,3	0,3	0,3	0,04	0,035

Таблица 1.2 – Механические свойства стали марки 09Г2С

Временное сопротивление, σ_B МПа	Предел текучести, σ_T МПа	Относительное удлинение, δ_0 , %
Не менее		
470	325	22

Анализ свариваемости стали марки 09Г2С позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что материал, соединенный одним способом сварки при одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а при других может быть признан не обладающим свариваемостью. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения

обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2},$$

После расчета значений эквивалента углерода выполняется анализ полученных значений. Если эквивалент углерода менее 0,25 сталь относят к категории хорошо сваривающихся. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,25...0,35 то сталь относят к категории удовлетворительно сваривающихся. В некоторых случаях перед сваркой таких сталей необходим предварительный подогрев свариваемых деталей. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,35...0,45 то сталь относят к категории ограниченно сваривающихся. Здесь уже необходимы специальные технологические приемы.

Расчет по формуле (1.1) позволяет утверждать, что данные стали относятся к хорошо свариваемым сталям.

Расчет по формуле (1.1) позволяет утверждать, что данные стали относятся к хорошо свариваемым сталям.

1.3 Анализ применяемой технологии сварки балки

Начальные операции технологического процесса производства балки - заготовительные работы по нарезке из трубы прямоугольной основания балки, втулок шпилек и разделке кромок. Шпильки крепежные и втулки

точить на токарном станке 1К62. Для рубки листового металла на сварочном участке предприятия применяются гидравлические ножницы НГ12Г.01, рисунок 1.4.



Рисунок 1.4 - Гидравлические ножницы НГ12Г.01

Гильотинные ножницы серии нг12г.01 оснащены гидравлическим приводом. С помощью наклонного ножа гильотина НГ12 может производить продольную, поперечную резку заготовок листового металла. Резка металла на НГ12Г осуществляется за один цикл с использованием разметки или бокового, заднего упоров (входят в комплект). Для управления работой ножниц применяется ручной пульт или ножная педаль. Ножницы гильотинные нг 12 могут оснащаться лазерным указателем линий реза, подогревателем масла, устройством цифровой индикации. Функционировать гильотина НГ12Г может в автоматическом или одиночном циклах. Станок не создаёт повышенного шума, надежен, несложный в использовании, обеспечивает высокое качество разрезания листовых металлических деталей.

Параллельно с заготовительными операциями выполняются операции входного контроля, которые включают в себя следующее:

- проверку сопроводительных документов вспомогательные материалы и проверку их качества;
- проверку применяемого оборудования;
- проверку удостоверений и сертификатов у исполнителей.

Подготовленные к сварке детали контролируют визуально-измерительным способом. При этом применяют рулетки, лупы, штангенциркули. Шероховатость поверхности кромок, подготовленных для сварки, должна соответствовать нормам. Все местные уступы и неровности, имеющиеся на кромках препятствующие их соединению устраняют до сборки с помощью абразивного круга или напильника, не допуская острых углов и резких переходов.

Непосредственно перед сборкой подготовленные под сварку кромки и прилегающие к ним участки поверхностей деталей должны быть зачищены. Ширина зачищенных участков, считая от кромки разделки, не менее 20 мм с наружной и не менее 10 мм с внутренней стороны листа.

Затем готовые к сварке детали собирают на универсальном сборочном приспособлении.

Выполняют операцию прихватки. Длина прихваток 10-15 мм. Расстояние между прихватками 150-200 мм. Электроды УОНИ 13/45 диаметром 3 мм. Сила тока 120-150 А, напряжение на дуге 28-30 В. Контролируют размеры.

Затем выполнить сварные швы ручной дуговой сваркой штучными электродами. Электроды применяются УОНИ-13/45 диаметром 4 мм. Сила тока 160-220 А, напряжение на дуге 28-30 В.

По окончании сварки выполняется 100% визуально-измерительный контроль шва. При необходимости возможно применение лупы 4-7-кратного увеличения и переносного источника света.

Геометрические характеристики выполненных сварных швов должны соответствовать ГОСТ 5264-80.

1.4 Анализ недостатков применяемой технологии сварки балки и путей их устранения

Анализ применяемого процесса показывает, что сварка выполняется с присутствием высокой степени ручного труда. Сварщик выполняет манипуляции штучным электродом следующих видов: направляет электрод по стыку, поддерживает требуемую длину дуги. Кроме того, длина присадочного прутка недостаточна, для того, чтобы непрерывно заполнить разделку. Приходится прерываться, брать новый присадочный пруток и зажигать по новой дуге. Таким образом, трудоемкость выполнения сварного шва получается достаточно высокая.

Выявленные недостатки показывают, что технология дуговой сварки деталей балки штучным электродом нуждается в модернизации. Наиболее радикальным вариантом модернизации является замена способа сварки. Промышленное применение нашли множество способов сварки. Однако, в первую очередь, замена должна обеспечивать экономический эффект. Поэтому логично замену способу сварки выполнить в два этапа. На данном этапе производится анализ достоинств и недостатков всех способов, которые возможны для сварки швов балки и обеспечивающих устранение выявленных недостатков. На следующем этапе следует выполнить экономическую оценку замены согласно принятым методикам расчета экономической эффективности.

Применяемые технологии соединения деталей сваркой классифицируются на технологии получения соединения за счет расплавления материала и технологии получения соединения путем давления. Кроме того, технологии сварки классифицируются по виду энергии вводимой в сварное соединение. Это может быть энергия электронного или лазерного луча, энергия электрической дуги, энергия, выделяемая при протекании тока и другие виды энергии. Использовать способы сварки основанные на энергии электронного или лазерного луча рационально при

соединении специальных материалов, при сварке уникальных изделий, применительно к условиям массового производства.

Поэтому оставляем дуговую сварку. Но сварка дугой может выполняться многими способами. Некоторые из них непригодны для данного изделия. Так автоматическая сварка под слоем флюса не может быть применена из-за малого диаметра корпуса. Флюс будет осыпаться.

Далее, с учетом изложенной выше информации, рассмотрим возможные для нашего изделия способы сварки. Недостатки способа ручной дуговой сварки штучными электродами, который может быть применен, также как и в применяемом способе, является ограниченная длина присадки.

Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов.

Один из способов механизированной сварки – сварка в среде защитных или активных газов присадочной проволокой сплошного сечения. Способ позволяет значительно повысить производительность, так как потери времени на остановку процесса сварки, замену присадочного стержня и рестарт отсутствуют.

К достоинствам сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа следует отнести широкий спектр соединяемых материалов. Практически все цветные металлы успешно соединяются данным способом. В некоторых случаях, при сварке титана, например, требуется дополнительная защита инертным газом и зон, подвергшихся нагреву до высоких температур.

Недостатки способа – при сварке активных металлов требуется в качестве защитного применять дорогостоящий аргон. Кроме того, традиционно сварщик одновременно выполняет манипуляции присадочным прутком и сварочной горелкой. Однако в настоящее время известны

различные варианты механизации данного способа. Например, на рисунке 1.5 показана горелка, где дуга горит между свариваемым материалом и вольфрамовым стержнем, а присадка подается в зону сварки автоматически.

у сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом есть ряд достоинств, таких как малое разбрызгивание при сварке, высокая коррозионная стойкость сварного шва. Наплавленный металл характеризуется высокими механическими характеристиками. Кроме того, при сварке практически не происходит выгорание легирующих элементов, они переходят из присадочной проволоки в наплавляемый металл без потерь.

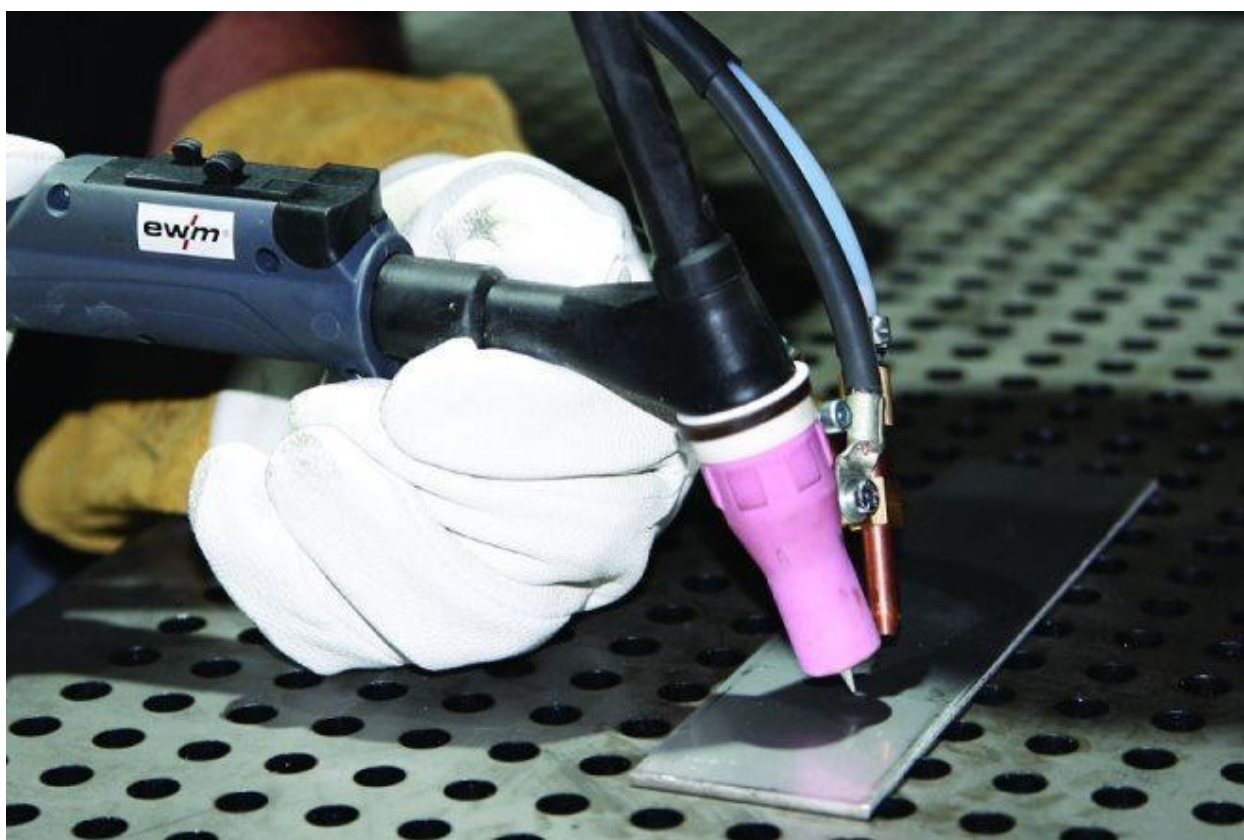


Рисунок 1.5 – Горелка для сварки неплавящимся электродом при механизированной подаче присадки

Однако при сварке неплавящимся электродом его необходимо часто затачивать. Также определенные неудобства доставляется необходимостью

применения осцилляторов для возбуждения дуги. Кроме того, стойкость дорогостоящего вольфрамового электрода обеспечивается при горении дуги в инертных газах. А стоимость таких газов высока.

В целом, можно сделать вывод, что замена базового способа нецелесообразна, но применение механизированной подачи при незначительном усложнении оборудования, позволит увеличить производительность, при сохранении высокого качества сварных соединений.

1.5 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке балки опорной тракторной тележки. Результатом анализа установлено, что наиболее благоприятный вариант – при сохранении способа дуговой сварки обеспечить механизированную подачу присадочной проволоки и вести сварку в среде активного газа. Кроме того, учитывая программу выпуска, которая составляет 500 изделий в год, следует разработать специализированное сборочное приспособление, которое позволит как повысить качество, так и производительность труда.

Учитывая, что материал балки опорной стали 09Г2С нужно будет еще подобрать присадочный материал, режимы и разработать технологический процесс сварки изделия.

Таким образом, сформулируем следующие задачи работы: Выбрать присадочный материал, подобрать режимы сварки; спроектировать сборочное приспособление; разработать технологический процесс механизированной сварки изделия в защитных газах; выполнить анализ предлагаемых технических решений на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала; выполнить экономическую оценку варианта сварки с механизированной подачей присадочной проволоки.

2 Проектный технологический процесс сварки балки

2.1 Вспомогательные материалы для выбранного способа сварки

Для выбранного в разделе 1.4 способа сварки - механизированная сварка плавящейся проволокой в защитных газах – сварочными материалами являются: газ защитный, проволока электродная.

Дуговую сварку в защитных газах можно реализовывать в среде как инертных, так и активных газов, а также в их смесях. При этом применяются следующие газы:

- чистый аргон (Ar) Б и В по ГОСТ 10157;
- технический гелий (He) первого сорта по МРТУ 51-77;
- углекислый газ (CO₂) по ГОСТ 8050;
- кислород (O₂) газообразный технический по ГОСТ 5583.

Для сварки стали могут использоваться следующие виды защитного газа:

- чистый CO₂;
- смесь активных газов (CO₂+O₂);
- смесь инертных газов с активными газами (Ar +O₂ Ar+CO₂; Ar+CO₂+O₂).

Выбираем сварку в чистом углекислом газе, что позволяет получать качественные сварные швы и не использовать несколько различных газов.

Присадочная проволока для стали химического состава, приведенного в таблице 1.1 по данным литературных источников рекомендуется Св-12ГС. Содержание химических элементов в данной проволоке отражено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Содержание химических элементов в проволоке Св-12ГС в %, ГОСТ 2246-70

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Медь	Никель	Сера	Фосфор
				Не должно превышать			
До 0,14	0,56-0,9	0,83-1,1	До 0,3	0,3	0,3	0,04	0,035

2.2 Технология сварки

Влияние на конструкцию балки опорной предложенные технические решения не окажут. Поэтому заготовительные операции базового технологического процесса изменений не получат.

Незначительно изменится операция входного контроля. Контролю подлежат помимо перечисленного ранее углекислый газ в баллонах и проволока сварочная в бухтах. Контроль углекислого газа и сварочной проволоки осуществляется по стандартным процедурам.

Перед использованием сварочной проволоки или защитного газа должны быть проверены:

- а) наличие сертификата (на проволоку), полнота приведенных в нем данных и их соответствие требованиям стандарта, технических условий или паспорта на конкретные сварочные материалы;
- б) наличие на каждом упаковочном месте (пачке, мотке, бухте и пр.) соответствующих этикеток (ярлыков) или бирок с проверкой полноты указанных в них данных;
- в) сохранность упаковок и самих материалов;
- г) для баллонов с газом — наличие документа, регламентированного стандартом на соответствующий газ.

При отсутствии сертификата или неполноте сертификатных сведений сварочный материал данной партии может быть допущен к использованию после проведения испытаний и получения положительных результатов по всем показателям, установленным соответствующим нормативным техническим документом — стандартами (техническими условиями) или паспортом на данный вид материала.

При обнаружении повреждения или порчи упаковки или самих материалов вопрос о возможности использования этих материалов решает руководитель сварочных работ совместно с ОТК (СТК) предприятия (организации).

Каждая часть сварочной проволоки, отделенная от бухты (мотка), должна быть снабжена биркой, на которой указываются марка, номер плавки и диаметр проволоки.

Каждая партия сварочной проволоки перед выдачей на производственный участок должна быть проконтролирована путем осмотра поверхности проволоки в каждой бухте (мотке, катушке). На поверхности проволоки не должно быть окалины, ржавчины, следов смазки, задигов, вмятин и других дефектов и загрязнений.

При необходимости проволоку очищают от ржавчины и грязи пескоструйным аппаратом или травлением в 5%-ном растворе соляной или ингибированной кислоты (3%-ный раствор уротропина в соляной кислоте). Можно очищать проволоку, пропуская ее через специальные механические устройства (в том числе через устройства, заполненные сварочным флюсом, кирпичом, осколками наждачных кругов и войлочными фильтрами). Перед очисткой бухту проволоки рекомендуется отжечь при 150...200 °С в течение 1,5...2 часов. Разрешается также очищать проволоку наждачной шкуркой или другим способом до металлического блеска.

Сварочная проволока должна соответствовать требованиям ТУ, сертификатов качества и обеспечивать:

- а) сварочно-технологические свойства: качественное формирование металла шва при сварке во всех пространственных положениях и направлениях, стабильность горения дуги;
- б) металлургические свойства наплавленного металла: гарантированное содержание основных легирующих элементов; допустимое содержание вредных примесей (S, P и др.) и диффузионного водорода; отсутствие дефектов металлургического характера (поры, горячие трещины и др.);
- в) механические свойства наплавленного металла с гарантированными значениями: временного сопротивления разрыву; предела текучести; относительного удлинения; относительного сужения; ударной вязкости.

Перед использованием газа из каждого баллона следует проверить качество газа, для чего надо наплавить на пластину или трубу валик длиной 100...150 мм и по внешнему виду поверхности наплавки определить ее качество. При обнаружении пор в металле шва газ, находящийся в данном баллоне, бракуют.

Затем в технологическом процессе произошли следующие изменения. Выполняется сварка кронштейнов внутренних и втулок. Сварка выполняется на столе сварщика. Сварщик выполняет сборку втулки и кронштейна, особое внимание при этом следует обратить на соосность отверстий. Проконтролировав соосность отверстий сварщик выполняет кольцевые швы. Сварку кольцевых швов производить на постоянном токе, обратной полярности, рисунок 2.1.

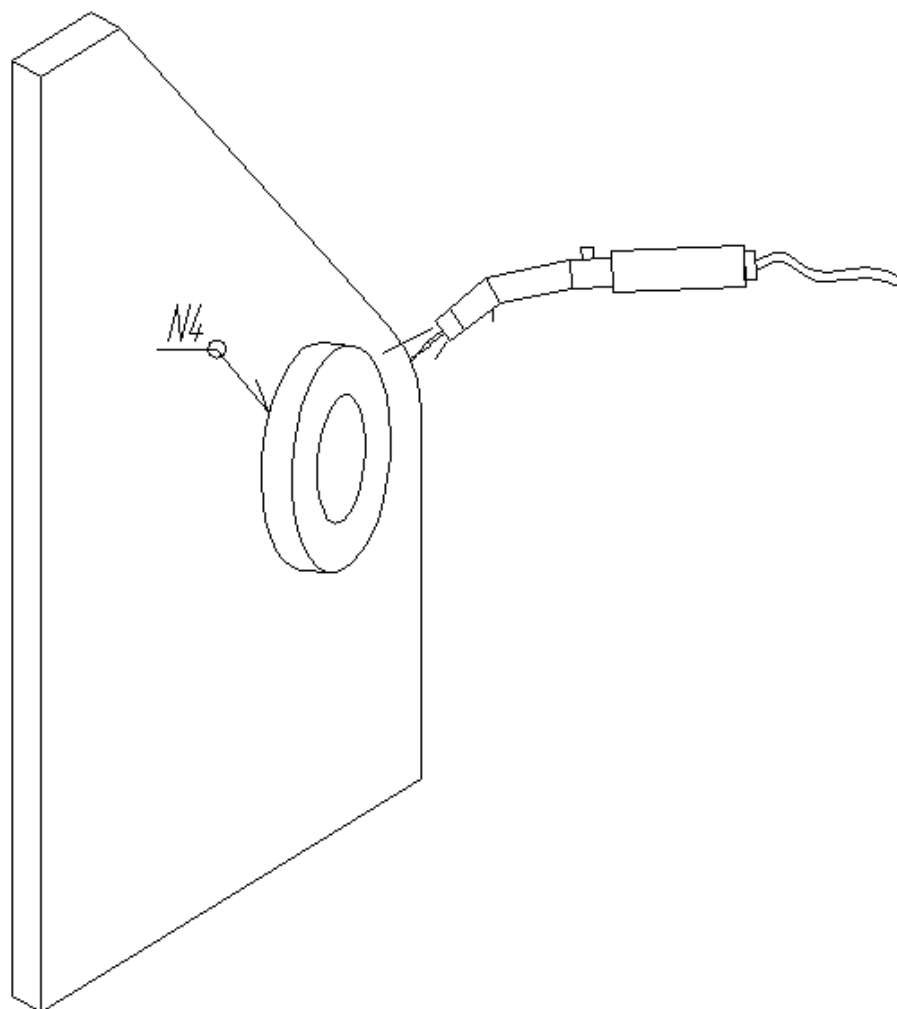


Рисунок 2.1 – Сварка кольцевого шва втулки и кронштейна

Параметры режима сварки согласно таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры режима сварки

Наименование параметра	Обозначение параметра	Величина параметра
Диаметр электродной проволоки	d_{np} , мм	1,2
Вылет электрода	$l_{вэл}$, мм	15...17
Расход углекислого газа	q , л/мин	10...12
Скорость сварки	$V_{св}$, м/ч	29...32
Напряжение на дуге	$U_{д}$, В	27...29
Скорость подачи электродной проволоки	V_{np} , м/ч	244...265
Сила сварочного тока	$I_{св}$, А	240...260

Затем в ложементы специализированной оснастки устанавливают трубу, усилители левый и правый. Перечисленные детали фиксируют винтовыми прижимами. После фиксации выполняется установка в ложементы специализированной оснастки кронштейнов. Их фиксация реализуется поворотными прижимами. После установки в ложементы оснастки всех деталей сварщик выполняет контроль геометрии на соответствие требований чертежа.

После контроля сварщик прихватывает детали, длина прихваток 10-12 мм. Выполняется прихватка шва 1, затем 2, 3, 4. Параметры режима прихватки указаны в таблице 2.1. По окончании прихваток сварщик выполняет сварные швы согласно чертежу. Затем, после охлаждения балки она извлекается из сварочной оснастки и поступает на операцию контроля. Требования к операции контроля не претерпевают изменений по сравнению с контролем изделия сваренного по базовой технологии.

2.3 Оборудование для проектной технологии

Анализ позволяет остановить выбор на полуавтомате Aurora SPEEDWAY 250. Это инверторный полуавтомат. Сварочный ток (MIG/MAG) составляет 40-250 А, что нас устраивает, ПВ – 30%. Вес 23 кг, и катушка для проволоки встроенная, а это значит, что его можно легко

перемещать. Этот полуавтомат обеспечивает сварку в заданной среде, обеспечивает сварку заданным по технологии диаметром сварочной проволоки и с требуемой по технологии силой сварочного тока. Длина шланга данного автомата обеспечит сварку деталей нашего габарита.

В целом полуавтомат выглядит следующим образом, рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 – Полуавтомат сварочный Aurora SPEEDWAY 250

Аппарат сварочный постоянного тока промышленного применения предназначен для полуавтоматической сварки (режим «MIG/MAG») стальных материалов, деталей и агрегатов в качестве источника питания. Аппарат также может применяться для ручной электродуговой сварки (режим «ММА»).

Разработанная схема базирования представлена на рис. 2.3.

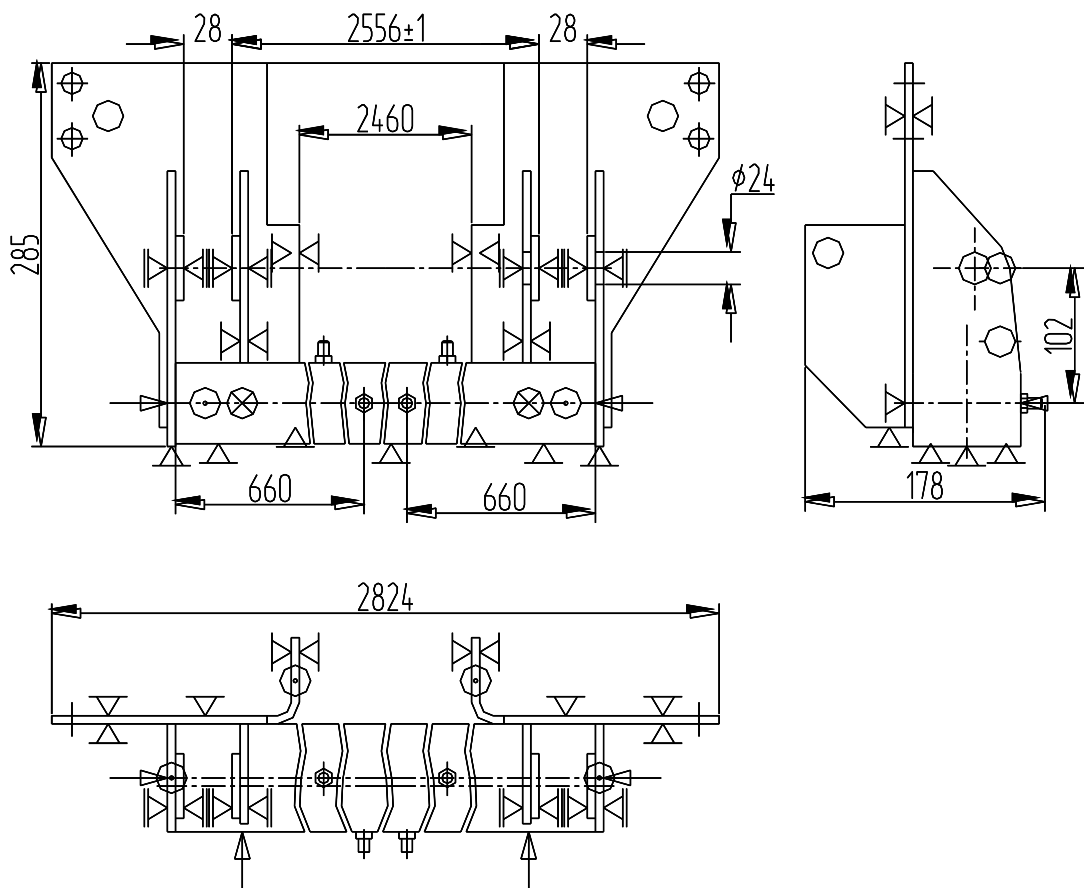


Рисунок 2.3 - Схема базирования

На основании приведенной схемы базирования разработана специализированная сборочная оснастка, чертеж 20.БР.СОМДиРП.023.60.000.

3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта

3.1 Характеристика разработанного технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технология и оборудование для сборки и сварки балки опорной тележки». В процессе выполнения ВКР разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при сборке и сварке балки опорной тележки трактора.

Необходимое для реализации разработанных технических мероприятий оборудование подлежит размещению на производственном участке, рисунок 3.1. Из нового оборудования понадобится сварочный аппарат Aurora SPEEDWAY 250, на схеме обозначен 2.

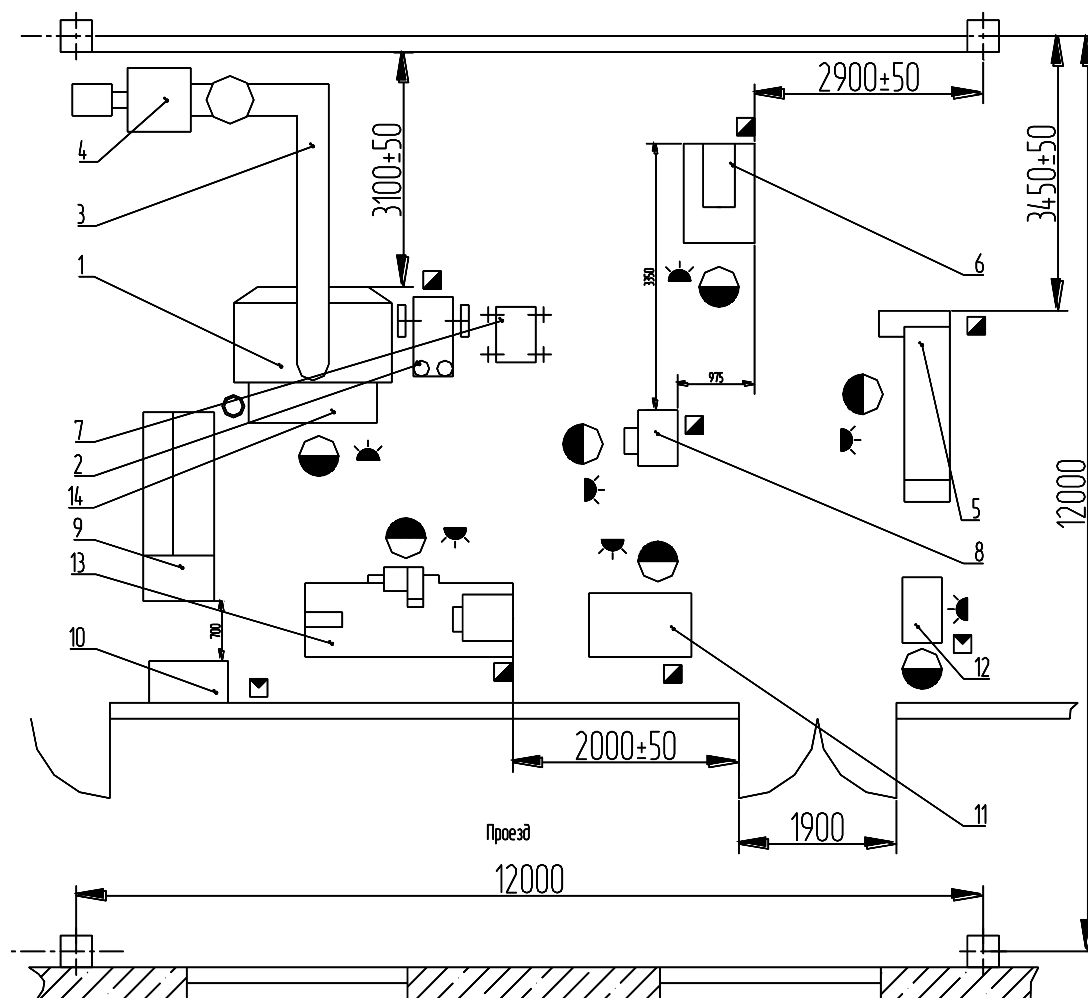


Рисунок 3.1 – Схема планировки производственного участка

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	Сварка балки тележки трактора	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
		Сборка	Слесарь-сборщик,	Приспособление сборочное	
		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Сварочный аппарат, Aurora SPEEDWAY 250.	Проволока присадочная, круг абразивный
		Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при сварке балки тележки трактора технологии предложена к внедрению механизированная сварка. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Заготовки

Сборка	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Приспособление сборочное
Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Сварочный аппарат, Aurora SPEEDWAY 250. присадочная проволока Св-08ГС, газ углекислый, круг абразивный.
Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Сварной узел

3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 4.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 4.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 3.3 – Коллективные и индивидуальные средства защиты от негативных факторов производственного участка.

№ п/п	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Коллективные средства защиты от действия негативных факторов	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	Острые кромки	Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда.
2	Движущиеся детали оборудования и заготовки.	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3	Мелкодисперсные частицы и вредные газы на участке сварки	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная	Устройства, обеспечивающие	Спецодежда

	температура оборудования и воздуха участка	удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	
5	Повышенное напряжение.	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
6	световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 3.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок сварки	Сварочный аппарат, Aurora SPEEDWAY 250..	горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; в) высокая температура окружающей среды; г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические средства

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран на колонне 2-2.	План эвакуации на колонне 2-2	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения на колоннах 1-2 и 2-2.

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка балки опорной тележки	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Сварка	Входной контроль	-	-	-
	Сборка			
	Сварка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении сварочной дуги		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

Таблица 3.8 – Мероприятия по исключению негативного действия на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Монтаж фильтров в систему вентиляции участка для нейтрализации выделяемых при горении сварочной дуги продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса сборки и сварки балки опорной тележки. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сборке и сварке балки. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги.

Для защиты задействованных в операции сборки и сварки стыков трубопровода работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования.

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. Проанализированы источники возможных возгораний и их в пожар.

Для минимизации воздействия выявленных негативных факторов внедряемого технологического процесса предложено использовать стандартные средства обеспечения безопасности и санитарии производства.

4 Экономическая эффективность бакалаврской работы

По базовому варианту технологического процесса сварки балки применяется дуговая сварка штучными электродами. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную сварку.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 4.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки применяемой в настоящее время на предприятии технологии сварки балки и принцип их устранения при использовании механизированной сварки.

Таблица 4.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Сварка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При механизированной сварке полуавтомат подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.
Скорость сварки низкая, так как сила тока при наплавке штучными электродами не может быть большой.	Сила тока при механизированной сварке больше, значит можно увеличить скорость без опасений получить такой дефект, как непровар, следовательно увеличивается и производительность.

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 4.2.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

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
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	95,29	95,29
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Цпл$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	40000	70000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.н} \quad (4.1)$$

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

$t_0 = t_M$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_в$ – 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: $t_в = 10\%$ от t_0 ;

$t_{отл}$ – 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: $t_{отл} = 5\%$ от t_0 ;

$t_{обсл}$ – 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: $t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

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

Машинное время для ручной и полуавтоматической сварки на единицу изделия определим по формуле:

$$t_0 = \frac{60 * M_{\text{напл.мет}} * L_{\text{ш}}}{I_{\text{св.}} * \alpha_{\text{напл}}}, \quad (4.2)$$

где: $M_{\text{напл.мет}}$ – масса наплавленного металла, кг/м;

$L_{\text{ш}}$ – длина швов в изделии, м;

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А;

$\alpha_{\text{напл}}$ – коэффициент наплавки при электродуговой сварке = 9 Г/А*час.

При сварке массу наплавленного металла рассчитывают по формуле, кг/м:

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{н}} \cdot 10^{-3} \quad (4.3)$$

где ρ – плотность наплавленного металла, г/см³ (для нашей стали $\rho = 7,8$ г/см³);

$F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм².

Для однопроходных швов.

$$F_{\text{н}} = (8 \div 12) \cdot d_{\text{эл.}} \quad (4.4)$$

$$F_{\text{нб}} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}^2.$$

$$F_{\text{нпр}} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ мм}^2.$$

$$M_{\text{напл.мет.б}} = 7,8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,156 \text{ кг/м.}$$

$$M_{\text{напл.мет.пр}} = 7,8 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,093 \text{ кг/м}$$

Длину швов примем согласно чертежу на изделие 1140 мм.

Базовый вариант, машинное время:

$$t_{\text{об}} = \frac{60 * 0,156 * 1,14}{120 * 9} = 11,4 \text{ мин.}$$

Проектный вариант

$$t_{\text{пр}} = \frac{60 * 0,093 * 1,14}{250 * 9} = 7,6 \text{ мин.}$$

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{штб}} = 0,57 + 11,4 + 1,14 + 0,57 + 0,912 + 0,114 = 14,36 \text{ мин} = 0,2394 \text{ час}$$

$$t_{\text{штп}} = 0,06 + 7,6 + 0,76 + 0,38 + 0,608 + 0,076 = 9,576 \text{ мин} = 0,1596 \text{ час.}$$

4.3 Капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} \quad (4.5)$$

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

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

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{\text{пр}} = \sum C_{\text{об}} * k_3 \quad (4.6)$$

где $\sum C_{\text{об}}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60} \quad (4.7)$$

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

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

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

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

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле::

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (4.8)$$

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:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) * T_{\text{см}} * S * (1 - k_{\text{р.п}}) \quad (4.9)$$

где: $D_{\text{к}}$ – количество календарных дней в году;

$D_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$D_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

$k_{\text{р.п}}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим

$$\Phi_{\text{эф.}} = (365 - 110 - 14) * 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{500 * 14,36}{1812 * 60} = 0,07 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{500 * 9,57}{1812 * 60} = 0,04 \text{ шт}$$

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.

$$k_{зб} = \frac{0,07}{1} = 0,07$$

$$k_{зпр} = \frac{0,04}{1} = 0,04$$

$$K_{прб} = 15000 * 0,07 = 1050 \text{ руб.}$$

$$K_{прпр} = 42000 * 0,04 = 1680 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (4.10)$$

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

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

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

$$K_{монт} = \sum \Pi_{об} * k_{монт} \quad (4.11)$$

где: $k_{монт}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

Затраты $K_{монт}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{монт} = 42000 * 0,2 = 8400 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{дем}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{дем} = \sum \Pi_{об} * k_{дем} \quad (4.12)$$

где: $k_{дем}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{дем} = 15000 * 0,2 = 3000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{плоч}} = S_{\text{плоч}} * C_{\text{плоч}} * g * k_3 \quad (4.13)$$

где: g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{плоч}} = 3 * 3000 * 3 * 0,12 = 5400 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 1050 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПП}} = 1680 + 8400 + 3000 + 5400 = 18480 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 1050/500 = 2,10 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПП}} = 18480/500 = 36,96 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

При сварке балки используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение штучных электродов. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки проволокой сплошного сечения. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{эл}} \quad (4.15)$$

$$ЗМ_{\text{эл.}} = N_{\text{эл.}} \cdot C_{\text{эл.}} \quad (4.16)$$

где $C_{\text{эл}}$ – цена присадочного материала, штучного электрода, руб/кг;

$N_{\text{эл}}$ норма расхода присадочного материала, кг.

Норма расхода электрода

$$N_{\text{эл}} = Y \cdot L_{\text{ш}} \quad (4.17)$$

где – Y - удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

Lш – длина сварного шва, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (4.18)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;

$M_{\text{напл.мет}}$ – расчетная масса наплавленного металла.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (4.19)$$

где ρ – плотность наплавленного металла, 7,8 г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 10d_{\text{эл}} = 20 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 20 / 1000 = 0,156$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,156 = 0,265$$

$$N_{p_{\text{эл}}} = 0,265 \cdot 1,14 = 0,291 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{\text{ЭЛБ}} = 54 \cdot 0,291 = 15,75 \text{ руб};$$

Для проектного варианта

$$ЗМ_{\text{СВПР}} = 3М_{\text{СВПР}} \quad (4.20)$$

Затраты на порошковую проволоку

$$ЗМ_{\text{СВПР}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot N_{\text{ПР}}; \quad (4.21)$$

где $Ц_{\text{ПР}}$ – цена порошковой проволоки, руб/кг;

$N_{\text{ПР}}$ = норма расхода электродной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки

$$N_{\text{ПР}} = Y \cdot L \quad (4.22)$$

где Y – удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

L – длина сварного шва, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (4.23)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{\text{напл.мет}}$ – расчетная масса наплавленного металла.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (4.24)$$

Где ρ – плотность наплавленного металла, 7,8 г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 10d_{\text{пр}} = 12 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 12 / 1000 = 0,093$$

$$Y = 1,05 \cdot 0,093 = 0,098$$

$$N_{p_{\text{ПР}}} = 0,098 \cdot 1,14 = 0,111 \text{ кг}$$

$$Z_{\text{пр}} = 248 \cdot 0,111 = 27,52 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в проектном варианте

$$Z_{\text{Мпр}} = Z_{\text{пр}} = 27,52 \text{ руб.}$$

Финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} C_{\text{э-э}} \quad (4.29)$$

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

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

КПД – коэффициент полезного действия установки.

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

$$P_{\text{обб}} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 6 \text{ кВт}$$

$$Z_{\text{э-э}}^{\text{б}} = \frac{3,6 \cdot 0,19}{0,7} 2,2 = 3,58 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{обпр}} = 300 \cdot 30 = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

$$Z_{\text{э-э}}^{\text{пр}} = \frac{9 \cdot 0,121}{0,75} 2,2 = 3,19 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (4.30)$$

где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери на амортизацию оборудования, руб.;

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

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

$$A_{\text{об.}} = \frac{C_{\text{об}} * N_{\text{об}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60 * 100} \quad (4.31)$$

где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, руб.;

Наоб – норма амортизации оборудования, %;

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{об}}^{\text{б}} = \frac{15000 \cdot 14,36 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,35 \text{ руб}$$
$$A_{\text{об}}^{\text{пр}} = \frac{42000 \cdot 9,57 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,66 \text{ руб}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{C_{\text{об}} * H_{\text{т.р}} * k_3}{\Phi_{\text{эф}} * 100} \quad (4.32)$$

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

$$P_{\text{тр}}^{\text{б}} = \frac{15000 * 35 * 0,07}{1812 * 100} = 0,20 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тр}}^{\text{пр}} = \frac{42000 * 35 * 0,04}{1812 * 100} = 0,32 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{\text{об}}^{\text{б}} = 0,35 + 0,20 = 0,55 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{об}}^{\text{пр}} = 0,66 + 0,32 = 0,98 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$З_{\text{площ}} = \frac{C_{\text{площ}} * S_{\text{площ}} * H_{\text{площ}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 100 * 60} \quad (4.33)$$

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

$H_{\text{площ}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{площ}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м^2 .

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$З_{\text{площ}}^{\text{б}} = \frac{3000 * 8 * 2 * 14,36}{1812 * 100 * 60} = 0,06 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{пр}}^{\text{пл}} = \frac{3000 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 9,57}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,05 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Фонд заработной платы основных рабочих

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}}. \quad (4.34)$$

Объём основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.35)$$

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

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

$k_{\text{зпл}}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} * k_{\text{вн}} * k_{\text{у}} * k_{\text{пф}} * k_{\text{н}} \quad (4.36)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,239 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 31,17 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пп}} = 0,159 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 14,43 \text{ руб.}$$

Объём $\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (4.37)$$

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{б}} = 31,17 \cdot 10/100 = 3,12 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{\text{доп}}^{\text{ПР}} = 14,43 \cdot 10/100 = 1,44 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{\text{пр}} = 14,43 + 1,44 = 15,87 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{\text{пр}} = 14,43 + 1,44 = 15,87 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{CH}} = \PhiЗП \cdot N_{\text{соц}} / 100 \quad (4.38)$$

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

$$O_{\text{CH}}^{\text{Б}} = 34,29 \cdot 30/100 = 10,28 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{CH}}^{\text{Б}} = 15,87 \cdot 30/100 = 4,76 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Технологическая себестоимость определяется как сумма всех затрат

$$C_{\text{ТЕХ}} = ЗМ + З_{\text{Э-Э}} + З_{\text{об}} + З_{\text{пл}} + \PhiЗП + O_{\text{CH}} \quad (4.39)$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 15,75 + 3,58 + 0,55 + 0,06 + 34,29 + 10,28 = 64,51 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 27,52 + 3,19 + 0,98 + 0,05 + 15,87 + 4,76 = 52,37 \text{ руб.}$$

4.5 Цеховая себестоимость

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + R_{\text{цех}}; \quad (4.40)$$

где $R_{\text{цех}}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$R_{\text{цех}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{цех}} \quad (4.41)$$

где $k_{\text{цех}}$ – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата рабочих, руб.

$$C_{\text{цех}}^{\text{Б}} = 64,51 + 31,17 \cdot 2,5 = 64,51 + 77,92 = 142,43 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цех}}^{\text{ПР}} = 52,37 + 14,43 \cdot 2,5 = 52,37 + 36,07 = 88,44 \text{ руб.}$$

4.6 Заводская себестоимость

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + R_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + k_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.42)$$

где $R_{\text{зав}}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{зав}}$ – коэффициент общезаводских расходов, 1,8

$$C_{ЗАВ}^Б = 142,43 + 31,17 * 1,8 = 142,43 + 56,10 = 198,53 \text{ руб.}$$

$$C_{ЗАВ}^{ПР} = 88,44 + 14,43 * 1,8 = 88,44 + 25,97 = 114,41 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Калькуляция себестоимости сварки

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	15,75	12,23
2	Объем фонда заработной платы	ФЗП	34,29	15,87
3	Отчисления на социальные нужды	Осн	10,28	4,76
4	Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	0,55	0,98
5	Затраты на площади	Зпл	0,06	0,05
	Величина технологической себестоимости	Стех	64,51	52,37
6	Цеховые расходы		77,92	36,07
	Себестоимость цеховая	Сцех	142,43	88,44
7	Заводские расходы		56,10	25,97
	Себестоимость заводская	Сзав	198,53	114,41

4.7 Определение экономической эффективности

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия)

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (198,53 - 114,41) \cdot 500 = 42060 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения более производительного оборудования

$$\mathcal{E}_Г = \left[\left(C_{ЗАВ}^Б + E_H \cdot K_{УД}^Б \right) - \left(C_{ЗАВ}^{ПР} + E_H \cdot K_{УД}^{ПР} \right) \right] \cdot N_{ПР} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_T = [(198,53 + 0,33 \cdot 2,10) - (114,41 + 0,33 \cdot 36,96)] \cdot 500 = 36308,10 \text{ руб.}$$

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

После подстановки в формулу (4.45) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,2394 - 0,1596}{0,2394} \cdot 100\% = 45,6\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.46)$$

После подстановки в формулу (4.46) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 45,6}{100 - 45,6} = 83,8\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}} \quad (4.47)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{18480}{42060} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2. \quad (4.48)$$

4.8 Выводы по разделу

Анализ применяемой технологии сварки выявил основной ее недостаток – применение в качестве присадочного материала штучных

электродов. А это снижает производительность процесса, так как требуется время на замену отработанного электрода и рестарт процесса сварки. Проведенный анализ возможных вариантов сварки позволил рекомендовать механизированную сварку.

Внедрение способа с большей производительностью позволило уменьшить на 46% трудоемкость сварки одного изделия, при увеличении производительности труда на 84%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 18480 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 36308,10 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о необходимости замены существующей технологии сварки на механизированную.

Заключение

В ходе анализа состояния вопроса сварки балки опорной тележки трактора выполнен анализ материала для изготовления изделия; описана базовая технология сборки и сварки балки опорной; сформулированы недостатки базовой технологии; сформулированы задачи, необходимые для достижения цели.

На основании проведённого анализа возможных способов соединения при сварке балки опорной принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе. За счёт замены способа сварки и применения сварочной проволоки сплошного сечения получено снижение трудоемкости сварки на 46 %, повышение производительности на 84 % и повышение качества сварочных швов за счёт отсутствия дефектов.

Разработана схема базирования изделия при сборке под сварку и конструкция сборочного приспособления, разработана технология изготовления приспособления. Кроме того, для внедрения технологического процесса подобрано необходимое сварочное оборудование и скомпоновано на производственном участке.

Проанализированы опасные и вредные производственные факторы на участке сварки балки тележки и разработаны мероприятия по их нейтрализации.

Ожидаемый экономический эффект составит 36308 рублей.

Можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы

Список используемых источников

1. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
2. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
3. Пащенко, В.Н. Влияние состава плазмообразующей воздушно-газовой смеси на параметры струи плазмотрона / В.Н. Пащенко. // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С. 33–38.
4. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
5. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
6. Горина, Л.Н. Промышленная безопасность и производственный контроль: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, Т.Ю. Фрезе. – ТГУ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 153 с.
7. Гордиенко, В.А. Экология: базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие для вузов / В.А. Гордиенко, К.В. Показеев, М.В. Старкова. – СПб.: Лань, 2014. – 633 с.
8. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
9. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
10. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
11. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.

12. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // *Journal of Friction and Wear*. – 2015. – №3. – P. 237–240.
13. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // *Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski*. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
14. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
15. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
16. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
17. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // *Welding and Metal Fabrication*. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
18. Dilthy, U., Reisinger U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // *Schweissen und Schneiden*. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
19. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // *Welding and Metal Fabrication*. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
20. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // *Metal Constr. and Brit. Weld. J.* – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
21. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // *Welding and Metal Fabrication*. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
22. Величко, О.А. Лазерная наплавка цилиндрических деталей порошковыми материалами / О.А. Величко, П.Ф. Аврамченко, И.В. Молчан, В.Д. Паламарчук // *Автоматическая сварка*. – 1990. – № 1. – С. 59–65.

23. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.
24. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
25. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
26. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
27. Снисарь, В.В. Влияние легирования аустенитного шва азотом на развитие структурной неоднородности в зоне сплавления с перлитной сталью / В. В. Снисарь, В. Н. Липодаев, В. П. Елагин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1991. – № 2. – С. 10–14.
28. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
29. Zhang, Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
30. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
31. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бuzорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
32. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы

развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.