

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 Технологический процесс ремонта дефектов короба крепления опор  
автокрана

Студент

Д.О. Кветкин

(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

Цель настоящей работы – экономия материальных ресурсов, за счет продления срока эксплуатации крана автомобильного типа КС.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: решение следующих задач:

1. Выбраны режимы сварки;
2. Разработана технология получения ремонтных соединений сваркой механизированной в смеси газов.
3. Проведен анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
4. Выполнена экономическая оценка предложенного варианта ремонтной сварки

Пояснительная записка содержит 60 страниц при 10ти рисунках и 6ти таблицах. Графическая часть содержит 6 листов формата А1.

Выполненный анализ ситуации показал, что ремонт дефектных кранов по применяемой технологии характеризуется незначительным увеличением срока службы. Разработан технологический процесс ремонтной сварки обеспечивающий уменьшение трудоемкости и продление срока службы отремонтированного крана.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	5
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации .....	5
1.2 Анализ свариваемости стали 10ХСНД .....	8
1.3 Анализ применяемой технологии ремонта дефектов.....	10
1.4 Анализ возможных способов ремонтной сварки.....	13
1.5 Задачи работы.....	18
2 Разработка технологического процесса сварки .....	20
3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта.....	30
3.1 Характеристика разработанного технического объекта .....	30
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	31
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков .....	32
3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	33
3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	36
3.6 Заключение по разделу .....	37
4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений .....	38
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов .....	38
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	41
4.3 Капитальные вложения в оборудование.....	43
4.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии ремонтной сварки .....	46
4.5 Определение экономической эффективности.....	54
4.6 Выводы по разделу.....	55
Заключение .....	57
Список используемых источников.....	58

## Введение

Строительство и прочие манипуляции с грузами нуждается в высококомобильных грузоподъемных машинах и механизмах. Создание грузоподъемных машин позволяет оснастить парк предприятий различных отраслей народного хозяйства современной мобильной техникой повышенной грузоподъемности, обеспечивающей решение различных задач при выполнении монтажных, погрузо-разгрузочных, и ремонтных работ с высокой степенью технологичности, высокой производительностью, и с хорошими показателями безопасности труда.

Например, краны автомобильные типа КС широко применяются для выполнения различных грузоподъемных работ. Однако высокие темпы строительства объектов, иногда сверхнормативные нагрузки, приводят к поломкам некоторых узлов данного крана.

Поэтому работы, направленные на продление срока эксплуатации крана являются актуальными.

Так верхние листы короба крепления выдвижных опор периодически деформируются с нарушением целостности сварных швов крепящих их к стенкам.

Анализ особенностей разрушения позволил сделать вывод, что конструкция короба нуждается в применении усилителя – скобы. Применяемая технология ремонта - полуавтоматической (механизированной) сваркой в среде углекислого газа обладает некоторыми недостатками. Так использование в качестве защитного газа  $\text{CO}_2$  ведет к сильному разбрызгиванию электродного металла, поэтому имеет место большой объем работ по зачистке изделия от брызг металла после сварки.

Отсюда можно сформулировать цель настоящей работы – экономия материальных ресурсов, за счет продления срока эксплуатации крана автомобильного типа КС..

## 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

### 1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Узел крепления выдвижных опор представляет собой сложную пространственную конструкцию балочного типа, рис.1.1. Рассматриваемый узел изготовлен из низколегированной стали 10ХСНД. Марка материала определяется исходя из расчета стенок на прочность и условия свариваемости.

Применение низколегированных сталей обеспечивает снижение массы конструкций и позволяет повысить надежность сварных деталей и изделий. Низколегированные конструкционные стали отличаются повышенной прочностью при комнатной температуре, отсутствием склонности к старению, их можно применять при повышенных (до 500 °С) температурах.

Сталь 10ХСНД применяется для изготовления специальных фасонных профилей. Для сварных конструкций и аппаратов химической промышленности. Кроме того данная сталь, в следствие своей высокой прочности, применяется при производстве объектов подъемно – транспортного оборудования (в частности для производства несущих металлоконструкций, грузозахватных и грузоподъемных устройств, элементов подъемников и эскалаторов).

Химический состав стали и ее механические свойства приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 10ХСНД, % масс.

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
10ХСНД	≤ 0,12	0,80-1,10	0,50— 0,80	0,60-0,90	0,50-0,80	0,40-0,65



Рисунок 1.1 - Общий вид короба крепления опор

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 10ХСНД.

Марка стали	Тлщина проката, мм	Механические свойства					
		$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5, \%$	$\alpha_n, \text{кгс}\cdot\text{см}/\text{см}^2$ при $T \text{ } ^\circ\text{C}$		
		МПа			+20	-40	-70
		Не менее					
10ХСНД	5	540	400	19	5	5	---

Сталь удовлетворяет требованиям прочности конструкции, обладает хорошими физико-химическими характеристиками, свариваемостью без ограничений. Поскольку конструкция сварная последнее приобретает очень важное значение в перспективе развития производства и возможной смене методов сварки, на наиболее прогрессивные [12].

Эксплуатируется изделие на открытом воздухе. Поэтому диапазон температур эксплуатации может составлять +40...-40°C. Изделие защищено

лакокрасочным покрытием.

Точность изготовления узла должна быть обеспечена согласно нормативной документации. Все детали соединены сваркой. В базовой технологии предусмотрена ручная дуговая сварка в защитном газе CO<sub>2</sub> по ГОСТ 14771-76 проволокой Св-08 Г2С. В конструкции представлен весь спектр соединений – стыковые, тавровые, угловые, нахлесточные. Общая протяженность сварных швов на изделии составляет 6 м.

Основные дефекты, возникающие в процессе эксплуатации - деформация верхнего пояса короба узла с нарушением целостности сварных швов, рис. 1.2., 1.3..



Рисунок 1.2 – Повреждения короба



Рисунок 1.3 – Повреждения короба

## 1.2 Анализ свариваемости стали 10ХСНД

Наиболее подходящим вариантом устранения повреждений конструкции самоходного крана является сварка плавлением. Поэтому выполним анализ стали 10ХСНД на свариваемость.

Анализ свариваемости стали 10ХСНД 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. Например, определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона [6]:

$$HCC = \frac{C \left( S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V},$$

После выполненных расчетов по данной формуле проводят оценку появления горячих трещин по величине показателя HCC и по величине предела прочности.

Однако расчетные формулы не могут учесть все факторы эксплуатации сварного изделия. Поэтому разработаны различные методы испытания на свариваемость. Различают механические, неразрушающие,

эксплуатационные и специальные методы. Механические, эксплуатационные и специальные методы предусматривают разрезку или разрушение сварных соединений и применяются, в основном, в лабораторных условиях.

При оценке склонности к горячим трещинам при сварке возможны такие варианты сварки образцов, как с жестким заземлением, с приложением нагрузок, и с определением прочности и пластичности при высоких температурах.

Исследование образцов с жестким заземлением не позволяет получить количественную оценку склонности к образованию трещин. Исследуемый образец или разрушился, или нет.

Исследование образцов с приложением нагрузок требует контроля деформаций, напряжений в исследуемых образцах. Достоинством является возможность определения количественных параметров трещин, что позволяет сравнивать.

Исследование пластичности в горячем состоянии основано на том, что недостаточные пластические характеристики по отношению к деформациям являются причинами возникновения горячих трещин.

Учитывая, что оборудование, вышедшее из строя по причине коррозионных разрушений, задействовано в технологическом цикле и является крупногабаритным, при отработке ремонтных технологий придется иметь дело с образцами.

### **1.3 Анализ применяемой технологии ремонта дефектов**

На этапе подготовки крана к ремонту производят операцию мойки. Мойку выполняют с помощью аппарата высокого давления струей воды. По окончании мойки выполняют сушку. Подготовленный к осмотру кран направляют на контроль. Контролер выполняет наружный осмотр повреждений, совместно с мастером определяют детали, требующие замены, разрабатывают их эскизы.

Перед резкой детали, очистить от окалины, краски и грязи. Газосварщик кислородной резкой срезает детали, требующие замены. Резак используют ГРМ-70, он предназначен для резки металла толщиной 3-50 мм. Вес его 630 грамм. Редукторы применяют ДКП-1-65 для кислорода и ДАП 1-65 для ацетилена. После резки производят зачистку кромок абразивными кругами.

Параллельно с подготовкой крана готовят детали на замену.

Первоначально проводят входной контроль. Проверяется листовой металл на наличие клейм, заводской маркировки, сертификатов завода-изготовителя, производится осмотр металла на выявление повреждений.

Затем производят заготовку комплектующих для короба крепления балки опорной крана. Сюда включают наметку листов, резку, подготовку кромок, сверление отверстий и вырезку фигурных пазов.

Используют при наметке эскизы, разработанные при операции подготовительной. После наметки производят резку.

Из листового металла нарезать на ножницах гильотинных ребра: правое, левое, пластины, щеки, накладки.

Вырезка скобы, в силу сложной формы изделия, производится кислородной резкой, резак используют ГРМ-70. Редукторы применяют ДКП-1-65 для кислорода и ДАП 1-65 для ацетилена. После резки производят зачистку кромок абразивными кругами.

Подготовка кромок под сварку производится на кромкострогальном станке. 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.

После обработки кромок проверяют:

- соответствие формы, размеров и качества подготовки кромок предъявляемым требованиям (обработку фасок под сварку и

- размеры кромок проверяют специальными шаблонами);
- качество зачистки наружной и внутренней поверхностей листов;
- соответствие минимальной фактической толщины листов установленным допускам (после зачистки поверхностей).

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.

Отверстия в косынках сверлить на сверлильном станке.

Пазы фрезеровать на фрезерном станке.

Готовые детали короба крепления балки опорной контролируются на соответствие требованиям чертежа и они перемещаются на операцию сборки и сварки.

Установить изготовленные детали на штатные места шасси автомобиля. Фиксировать струбцинами. Контролировать размеры согласно чертежу. Прихватить. Длина прихваток 10-15 мм. Расстояние между прихватками 150-200 мм. Электроды УОНИ 13/55 диаметром 3 мм. Сила тока 120-150 А, напряжение на дуге 28-30 В. Контролировать размеры.

Затем выполнить сварные швы ручной дуговой сваркой штучными электродами. Электроды применяются УОНИ-13/55 диаметром 4 мм. Сила тока 160-220 А, напряжение на дуге 28-30 В.

Провести контроль качества сварных швов визуально лупа 15\*...4\* по ГОСТ 25706-83. Зачистить околошовную зону и провести УЗК 20% длины швов в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86.

Операции базового технологического процесса ремонтной сварки предусматривают ручную дуговую сварку штучными электродами и включают в себя: зачистку дефектного участка, предварительный подогрев участка трубы, заварку дефектного участка, механическую обработку, контроль качества. Базовая технология имеет следующие недостатки: низкая сварочных работ, высокая вероятность получения дефектов, тяжёлые условия

труда сварщика, потери электродного металла на угар, разбрызгивание и огарки. Кроме того, снижение качества и производительности ремонтной сварки происходит из-за необходимости останавливать процесс сварки при смене электрода, что является неустранимым при ручной дуговой сварке. Сравнительно малая величина сварочного тока не позволяет обеспечить высокую производительность способа.

#### 1.4 Анализ возможных способов ремонтной сварки

Самым простым и давно используемым способом сварки можно считать ручную дуговую сварку штучными электродами, рисунок 1.4..

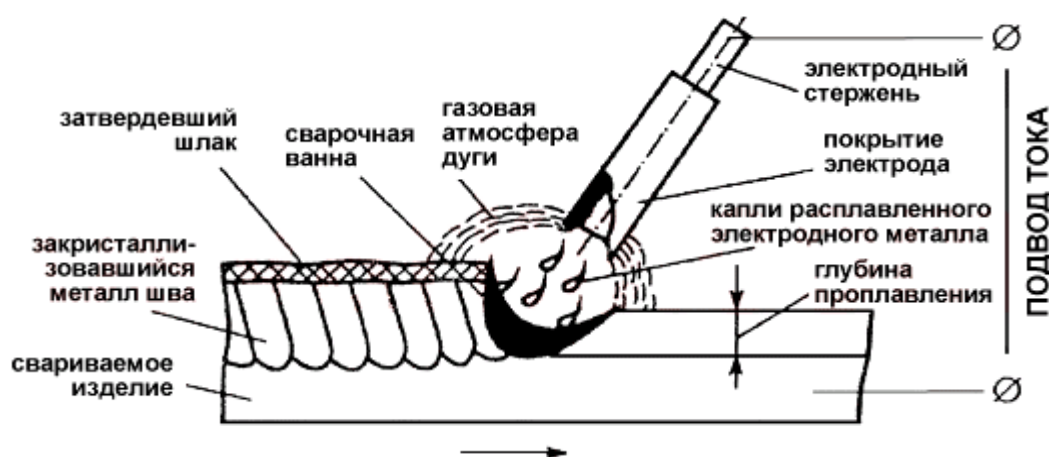


Рисунок 1.4 – Схема выполнения ручной дуговой сварки штучными электродами

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность наплавочных работ. Вторым недостатком

является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки.

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, рисунок 1.5, достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться. При этом достаточно широк диапазон применяемых сварочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей. Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.

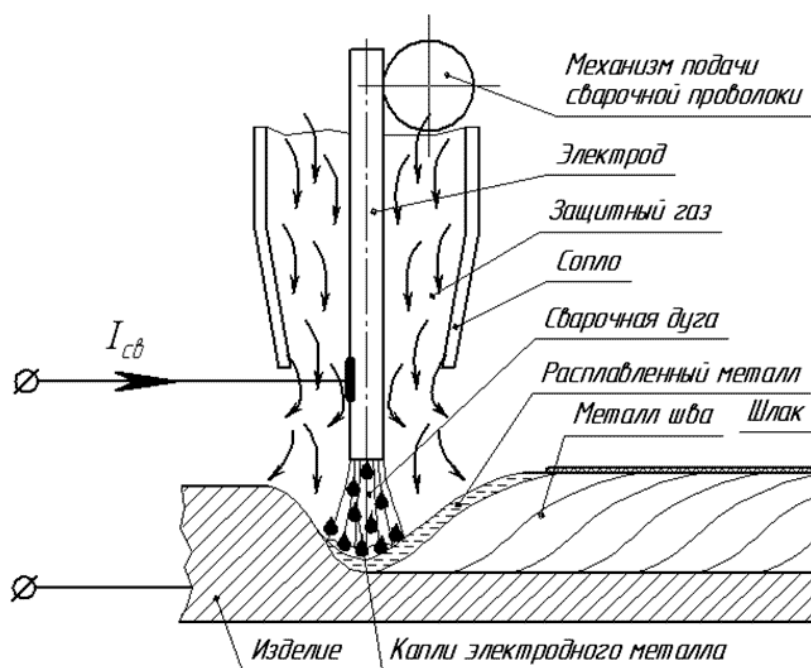


Рисунок 1.5 – Схема механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения

Совершенствованию сварки в углекислом газе посвящено большое количество работ. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования металла сварного шва может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную

ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root CMT и PulseShock

В настоящее время нашли промышленное применение отечественные разработки области управления горением дуги за счёт изменения скорости подачи электродной проволоки [17, 18]. Эти разработки основаны на применении современных электроприводов, конструкция которых основана на вентильных электродвигателях. Получена возможность задания произвольного алгоритма движения электродной проволоки.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками, рисунок 1.6, обладает положительными свойствами как ручной дуговой сварки, так и механизированной сварки проволоками сплошного сечения. Эта сварка предоставляет существенные производственные преимущества, особенно в монтажных условиях. При сварке самозащитными проволоками отсутствует необходимость в газовой аппаратуре (баллоны, шланги, редукторы), флюсах и флюсовой аппаратуре, применение которых может существенно усложнить процесс сварки и увеличить его трудоемкость [19, 20].

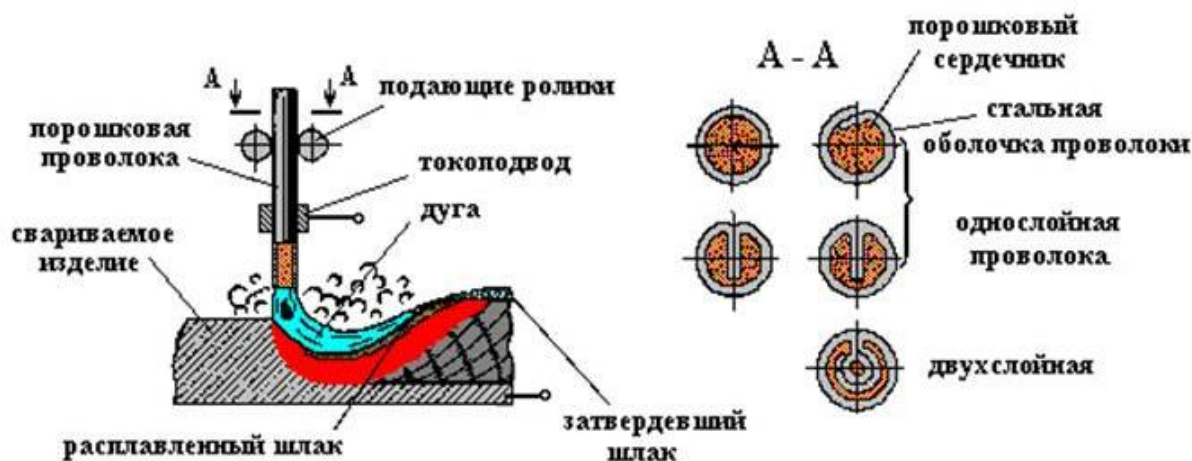


Рисунок 1.6 – Схема сварки порошковой самозащитной проволокой

Плазменная сварка является разновидностью сварки в защитных газах неплавящимся электродом. Отличительной особенностью его является высокая температура столба дуги (10000—20000° С и выше) вследствие

сжатия его потоком газа (аргоном, гелием, водородом или их смесями). В результате сжатия и большой плотности тока материя переходит в четвертое агрегатное состояние, отличающееся от твердого, жидкого и газообразного. Такое состояние материи называется плазмой, т. е. массой хаотически двигающихся оголенных ядер и оторванных от них электронов.

Различают два типа дуговой плазмы: плазма, выделенная из столба дуги; плазма, совпадающая со столбом дуги, рисунок 1.7.

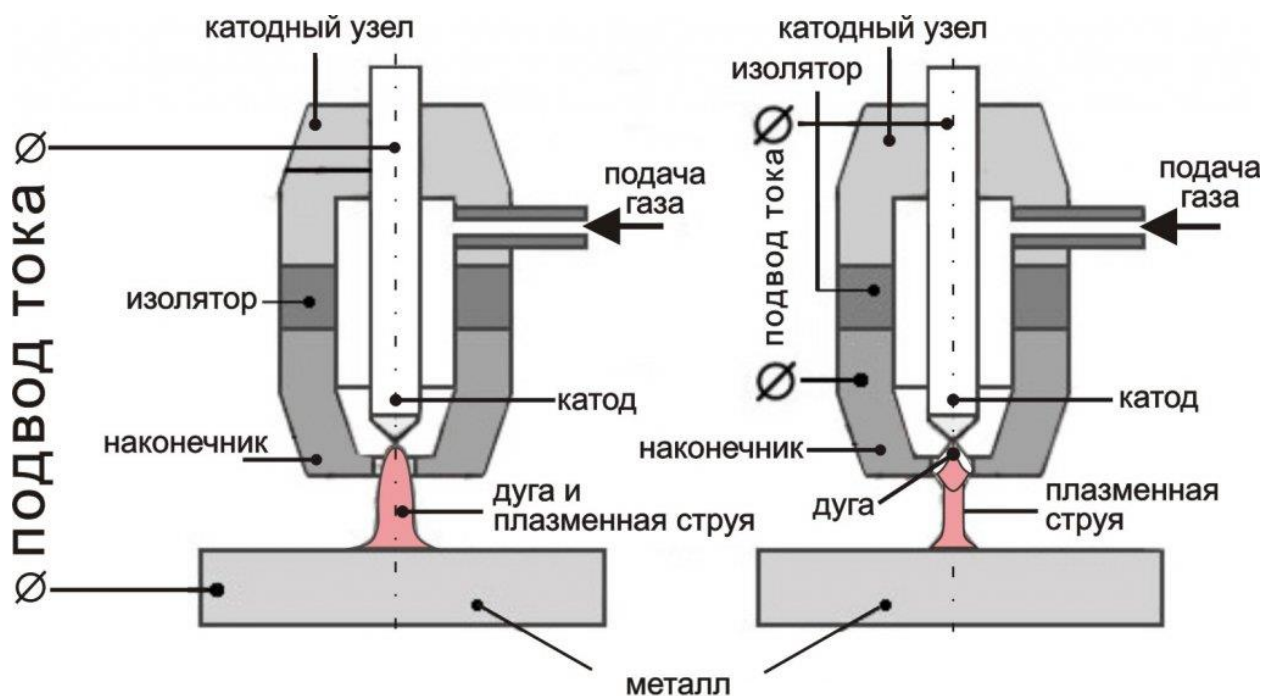


Рисунок 1.7 - Плазменная сварка, слева дугой прямого действия, справа дугой косвенного действия

Соответственно этому существует два типа сварочных головок (плазмотронов). В головках с плазменной струей, выделенной из столба дуги, дуга горит между неплавящимся вольфрамовым электродом, который служит катодом, и -охлаждаемым водой соплом. В данном случае плазменная струя является независимой по отношению к изделию, так как изделие не включено в сварочную цепь. В головках с плазменной струей, совпадающей со столбом дуги, дуга горит между неплавящимся вольфрамовым электродом (катод) и изделием, подключенным к



положительному полюсу источника тока. Дуговая плазма может быть использована для сварки, резки и наплавки металлов, в том числе и тугоплавких. Сварка может быть ручной, полуавтоматической и автоматической.[10].

При ремонте дефектных узлов автокрана не рационально использовать:

Ручную дуговую сварку т.к. небольшая скорость сварки, достаточно большое количество подготовительных операций, большой фактор вклада ручного труда .

Сварку под слоем флюса и плазменную сварку т.к. швы имеют незначительную длину шва, цена защитных материалов значительно выше чем углекислый газ.

Применение контактной сварки не является возможным из за большой разновидности ремонтно восстановительных работ на стационарном месте, и дорогостоящем оборудовании не окупаемом в данном производстве.

Применение пайки нерационально, так как нагрузки, действующие на узел достаточно высоки, а обеспечить равнопрочность паяного соединения можно применяя нахлесточные соединения. А это потребует изменения конструкции балки крепления опор

Таким образом, обоснованный выбор способа ремонтной сварки дефектов грузоподъемного оборудования может быть выполнен на основании анализа рассмотренных способов сварки (табл. 2.1).

По результатам анализа таблицы Выбираем самый результативный способ сварки - "дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом", так как это самый технологичный и допустимый при сварке способ для изготовления данной конструкции.

Для данного производства, наиболее эффективно применять полуавтоматическую сварку в среде защитных газов, т.к. этот вид сварки легко автоматизируется, сварка производится в любых пространственных положениях, лёгкий подход к труднодоступным местам, что является

высокотехнологичным способом, при производстве грузоподъемных конструкций.

Для защиты используют инертные и активные газы, а также их смеси (Ar, He, CO<sub>2</sub>, Ar+CO<sub>2</sub>, CO+O<sub>2</sub>, Ar+O<sub>2</sub> и др).

Таблица 2.1 – Анализ преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки

Наименование способа	Преимущества способа	Недостатки способа
Ручная дуговая сварка штучными электродами	1) Простота и дешевизна оборудования; 2. Возможность сварки в различных пространственных положениях; 3. Высокая мобильность сварщика.	1. Низкая производительность; 2. Требуется высокая квалификация сварщика.
Механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения	1. Высокая производительность и экономичность способа; 2. Возможность сварки в различных пространственных положениях.	1. Повышенное разбрызгивание электродного металла; 2. Ограниченная подвижность сварщика; 3. Низкая пластичность наплавленного металла.
Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой	1. Высокая производительность; 2. Упрощается защита сварочной ванны, легирование и раскисление металла; 3. Высокая мобильность сварщика.	1. Малая глубина проплавления; 2. Подверженность порам при изменении вылета и напряжения дуги.
Сварка под флюсом	1. Высокая стабильность качества; 2. Высокая производительность; 3. Возможность сварки больших толщин за один проход.	1. Сложности нанесения флюса при сварке в вертикальном и потолочном положении; 2. Усложняется сварочное оборудование для сварки 3. Низкая мобильность сварщика.

### 1.5 Задачи работы

Цель настоящей работы – экономия материальных ресурсов, за счет продления срока эксплуатации крана автомобильного типа КС. Результатом

анализа установлено, что замена способа ручной дуговой сварки штучными электродами наиболее рациональна при использовании механизированной сварки в  $\text{CO}_2$ .

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбор режимов сварки;
2. Разработка технологического процесса получения сварных соединений сваркой механизированной в смеси газов.
3. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
4. Экономическая оценка предложенного варианта ремонтной сварки

## 2 Разработка технологического процесса сварки

Анализ эксплуатационных характеристик восстановленных изделий показывает, что дефект разрыв сварного шва верхнего листа повторно проявляется через несколько месяцев эксплуатации. Принято решение разгрузить сварные швы.

Предложено усилить конструкцию за счет установки скобы, рисунок 2.1.

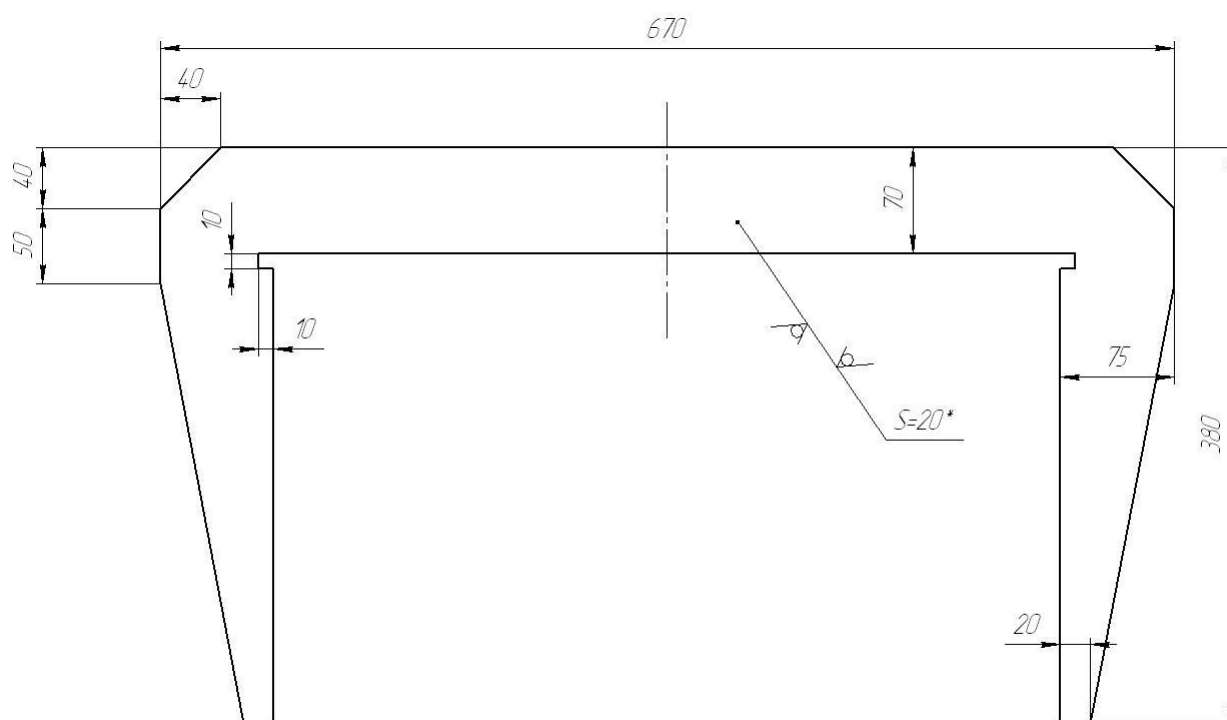


Рисунок 2.1 - Скоба

Скоба выполнена из листа толщиной 20 мм. Рабочая часть скобы получается сечением 20x65 мм. Общая площадь ее составит 1300 мм<sup>2</sup>. Площадь двух рабочих частей S=2600 мм<sup>2</sup>.

Нагрузка, которую выдержит скоба определится по формуле

$$P = \sigma_T * S = 40 * 2600 = 104000 \text{ кг.}$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести стали 10ХСНД.

Произведем оценку максимального усилия, которое действует на верхний лист. Расчетная схема приведена на рис. 2.5. При повороте стрелы на  $90^0$  и максимальной нагрузке 25 тонн и вылете стрелы 20 метров усилие на лист определим по формуле

$$P_{л} = P_{с} * l_{с} / l_{о} = 25000 * 20 / 2 = 250000 \text{ кг.}$$

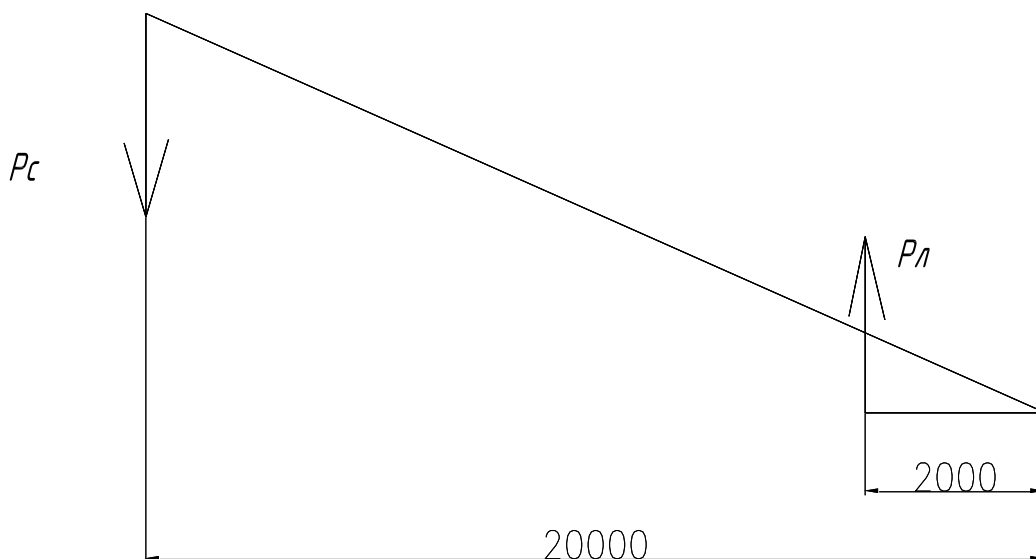


Рисунок 2.2 - Расчетная схема.

Следовательно, применение скобы позволит уменьшить нагрузку на лист до 146000 кг, что почти в 2 раза меньше исходной.

Режим сварки устанавливаются в зависимости от марки материала, его толщины и типа соединения. Для лучшего уяснения сущности режимов сварки, связи между параметрами и режима сварки и их влияния на размеры, и форму сварного шва выдержаны поверочные расчеты параметра режима сварки.

Рассмотрим сварочное соединение деталей короба. Тип сварного соединения Т-8. Толщина соединяемых деталей  $S_1=S_2=12\text{мм}$   
Механизированная сварка это соединение плавящимся электродом в среде углекислого газа.

$$D_{э} = 1,2\text{мм} \quad I_{св} = 250-400\text{А} \quad U = 28-32\text{В}$$

Проведем расчет параметров режима сварки аналитическим путем

1. Катет сварного шва  $k=8\text{мм}$ ,

2. Расчетная глубина проплавления определяется по формуле

$$a = 0,85k + \frac{b}{\sqrt{2}} \quad (2.1)$$

где k- катет сварного шва

b- величина зазора

$$a = 0,85 \cdot 8 + \frac{0}{\sqrt{2}} = 6,8$$

$$a = 6,8 \text{ мм}$$

3. Выбираем площадь поперечного сечения наплавленного металла шва. Она выбирается в зависимости от катета шва.

$$F_H = 40,5 \text{ мм}^2$$

Так как  $F_H$  превышает  $40 \text{ мм}^2$ , то шов является многослойным. Определяем число проходов:

$$m = \frac{F_H - F_H'}{F_H^n} + 1 \quad (2.2)$$

$F_H'$  - площадь поперечного сечения наплавленного металла 1-го прохода

$F_H^n$  - площадь поперечного сечения наплавленного металла каждого из последующих проходов

$$F_H' = 30 \text{ мм}^2$$

$$F_H^n = 35 \text{ мм}^2$$

$$m = \frac{40,5 - 30}{35} + 1 = 1,3$$

Следовательно, для сварки потребуется два прохода.

4. Определяем сварочный ток

$$I_{св} = j \cdot F_{э}, \quad (2.3)$$

где  $j$  – плотность сварочного тока

$F_{э}$  – площадь поперечного сечения электродной проволоки

$$F_{\text{э}} \approx 2 \text{ мм}^2$$

Плотность сварочного тока должна быть не выше допустимой по табл.2.12 [7] определяем  $j = 150 \text{ А/мм}^2$

$$I_{\text{св}} = 150 \cdot 2 = 300 \text{ А.}$$

За окончательное значение  $I_{\text{св}}$  принимаем значение  $I_{\text{св}}$  из стандартного ряда  $I_{\text{св}} = 315 \text{ А}$

5. Определяем скорость сварки  $V_{\text{св}}$  по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I_{\text{св}}}{\rho F_{\text{н}}}, \quad (2.4)$$

где

$\rho$  - массовая плотность стали

$$\rho = 7,85 \text{ г/см}^2$$

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки, определяем по таблице

Скорость для первого прохода

$$V_{\text{св}} = \frac{17 \cdot 315}{7,85 \cdot 30} = 22,7 \text{ м/ч}$$

Скорость второго прохода

$$V_{\text{св}} = \frac{17 \cdot 315}{7,85 \cdot 35} = 19,5 \text{ м/ч}$$

Общая скорость сварки определяется по формуле

$$V_{\text{с}}^{\circ} = \frac{\alpha_{\text{н}}}{\rho \left[ \frac{F'_{\text{н}}}{I'_{\text{с}}} + (m-1) \frac{F^n_{\text{н}}}{I^n_{\text{с}}} \right]}, \quad (2.5)$$

$$Vc^{\circ} = \frac{17}{7,8 \left[ \frac{30}{315} + (2-1) \frac{35}{1315} \right]} = 11/4 \text{ м/ч}$$

6. Определяем скорость подачи электродной проволоки

$$V_n = \frac{V_{cc} \cdot F_n \cdot K_v}{F_{\text{э}}}, \quad (2.6)$$

где  $K_v$  – коэффициент учитывающий потери металла электродной проволоки на разбрызгивание.

$$K_v = 1 + \frac{\Psi}{100} \quad (2.7)$$

где  $\Psi$  – коэффициент потерь

$$\Psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2$$

$$\Psi = 11,9$$

$$K_v = 1 + \frac{11,9}{100} = 1,119$$

$$V_{n1} = 22,7 \cdot 30 \cdot 1,119 = 381 \text{ м/ч}$$

$$V_{n2} = 19,5 \cdot 35 \cdot 1,119 = 382 \text{ м/ч}$$

7. Определяем напряжение дуги при сварке

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d}} I_{\text{CB}} - \Delta U_{\text{д}} \quad (2.8)$$

где  $\Delta U_{\text{д}}$  – напряжение дуги, выбирается в зависимости от диаметра электродной проволоки

$$\Delta U_{\text{д}} = 3 \text{ В}$$

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} 315 - 3 = 29 \text{ В}$$



Принимаем  $U_d=30$  В.

8. Определяем погонную энергию дуги

$$q_n = I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u,$$

где  $\eta_u$  – коэффициент полезного действия

Для первого прохода

$$q_n = 315 \cdot 30 \cdot 0,7 = 10500 \text{ Дж/см}$$

Для второго прохода

$$q_n = 315 \cdot 30 \cdot 0,7 = 12250 \text{ Дж/см}$$

9. Выбираем вылет электродной проволоки в зависимости от её диаметра

$h_B = 18$  мм

10. Определяем расход углекислого газа по таблице он составляет

15 л/мин

В соответствии с результатами проведенных расчетов, целесообразно вести сварку элементов рассматриваемой конструкции толщиной 12 мм из материала 10ХСНД на режиме:  $U = 30$  В, скорость сварки 11,4 м/ч.

Полученные сведения об оптимальных параметрах сварки рассматриваемой конструкции соответствуют рекомендуемым в научно-технической литературе – параметрам сварки.[12]

Перед тем как выбрать сварочные материалы необходимо проанализировать все возможные проблемы возникающие при реализации процесса сварки. Выбор сварочных материалов начнем с электродной проволоки. Для начала необходимо выбрать марку такой электродной проволоки которая более близка по химическому составу к свариваемому металлу, так как в противном случае не будет достигнута необходимая механическая прочность и качество сварного шва.

Таблица 2.1 - Химический состав проволок, для механизированной сварки.

Марка Проволоки	Содержание , %							ГОСТ
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S, не более	P, не более	
Св-08ГС	≤0,10	1,4-1,7	0,6-0,85	0,2	≤0,25	0,025	0,030	2246- 70
Св-08Г2С	0,5-0,11	1,8-2,1	0,7-0,95	0,2	≤0,25	0,025	0,030	

Также при сварке на полуавтомате в среде защитных газов плавящим электродом нам необходимо выбрать защитный газ который наиболее будет подходить при сварке данного изделия. В качестве защитного газа при сварке сталей обычно используются активные газы (углекислый газ, кислород, водород, азот), вступающие во взаимодействие с расплавленным металлом, причем кислород, водород и азот используют лишь для образования различных газовых смесей. Углекислый газ, или диоксид углерода (CO<sub>2</sub>), в нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с едва ощутимым запахом, плотностью 1,839 кг/м<sup>3</sup>. Газ не ядовит, но поскольку он тяжелее воздуха, его накопление в зоне сварки может вызвать явление кислородной недостаточности и удушья. Поэтому рабочие места сварщиков должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией.

Углекислый газ получают из отходящих газов при производстве аммиака, спиртов, переработки нефти, а также путем специального сжигания топлива. При повышении давления углекислый газ переходит в жидкое (углекислота) состояние. При испарении 1 кг жидкого диоксида углерода образуется 509 литров углекислого газа.

В стандартный баллон емкостью 40 литров заливают 25 литров жидкого диоксида углерода, при испарении которого образуется 12 600 литров углекислого газа. При нормальном атмосферном давлении удельная плотность углекислого газа 0,00198г/см<sup>3</sup>. При температуре 31<sup>0</sup>С и давлении 7,53 МПА углекислый газ сжижается. Температура сжижения газа при атмосферном давлении - 78,50 С.

Исходя из всех условий делаем вывод, что нам необходимо применять углекислый газ первого сорта с процентным содержанием CO<sub>2</sub> не менее 99,5% и с содержанием водяных паров не более 0,18%. [13]

Для сварки углеродистой и низколегированной стали 10ХСНД, обычно используют проволоку с повышенным содержанием марганца и кремния Св-08Г2С. Ее применяют для подавления образования СО, повышения количества марганца и кремния, интенсивно выгорающих из сварочной проволоки при сварке. При сварке низколегированной стали содержание в металле шва кремния более 0,2% и марганца более 0,4% препятствует образованию пор. [1].

В сварочном производстве используемый аргон поставляется в газообразном (табл. 2.1) и в жидком состояниях. Газообразный аргон отпускают, хранят и транспортируют в стальных баллонах (по ГОСТ 949-73) или автоцистернах под давлением 15±0,5 или 20±1,0 МПа при 293 К.

Таблица 2.2 - Состав газообразного аргона, % (По ГОСТ 10157-79)

	Сорт	
Показатель	высший	первый
Объемная доля		
аргона	≥99,993	≥99,987
кислорода	≤0,0007	≤0,002
азота	≤0,005	≤0,01
Массовая концентрация водяного пара при 293 К и давлении 0,1 МПа, г/м <sup>3</sup>	≤0,007	≤0,01
Объемная доля суммы углеродсодержащих соединений в пересчете на СО <sub>2</sub> , %	≤0,0005	≤0,001

На этапе подготовки крана к ремонту производят операцию мойки. Мойку выполняют с помощью аппарата высокого давления струей воды. По окончании мойки выполняют сушку. Подготовленный к осмотру кран направляют на операцию контроля. Здесь контролер выполняет наружный

осмотр повреждений, совместно с мастером определяют детали, требующие замены, разрабатывают их эскизы.

Перед резкой детали, очистить от окалины, краски и грязи.

Газосварщик кислородной резкой срезает детали, требующие замены. Резак используют ГРМ-70, он предназначен для резки металла толщиной 3-50 мм. Вес его 630 грамм. Редукторы применяют ДКП-1-65 для кислорода и ДАП 1-65 для ацетилена. После резки производят зачистку кромок абразивными кругами.

Первоначально проводят входной контроль. Проверяется листовой металл на наличие клейм, заводской маркировки, сертификатов завода-изготовителя, производится осмотр металла на выявление повреждений.

Затем производят заготовку комплектующих для короба крепления балки опорной крана. Сюда включают наметку листов, резку, подготовку кромок, сверление отверстий и вырезку фигурных пазов.

Наметка является трудоемкой операцией, разряд рабочего здесь не ниже 5-го. Используют при наметке эскизы, разработанные при операции подготовительной. После наметки производят резку.

Из листового металла нарезать на ножницах гильотинных ребра: правое, левое, пластины, щеки, накладки.

Вырезка скобы, в силу сложной формы изделия, производится кислородной резкой, резак используют ГРМ-70. Редукторы применяют ДКП-1-65 для кислорода и ДАП 1-65 для ацетилена. После резки производят зачистку кромок абразивными кругами.

Подготовка кромок под сварку производится на кромкострогальном станке. 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.

После обработки кромок проверяют:

- соответствие формы, размеров и качества подготовки кромок предъявляемым требованиям (обработку фасок под сварку и размеры кромок проверяют специальными шаблонами);
- качество зачистки наружной и внутренней поверхностей листов;
- соответствие минимальной фактической толщины листов установленным допускам (после зачистки поверхностей).

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.

Отверстия в косынках сверлить на сверлильном станке.

Пазы фрезеровать на фрезерном станке.

Готовые детали короба крепления балки опорной контролируются на соответствие требованиям чертежа, притупляются у них острые кромки и они перемещаются на операцию сборки и сварки.

Установить изготовленные детали на штатные места шасси автомобиля. Фиксировать струбцинами. Контролировать размеры согласно чертежу. Прихватить. Длина прихваток 10-15 мм. Расстояние между прихватками 150-200 мм. Контролировать размеры.

Выполнить сварные швы. Режимы согласно рассчитанным выше.

Провести контроль качества сварных швов визуально лупа 15х...4х по ГОСТ 25706-83. Зачистить околошовную зону и провести УЗК 20% длины швов в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86.

### 3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта

#### 3.1 Характеристика разработанного технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс ремонта дефектов короба крепления опор автокрана». Общий вид производственного участка, выделенного под реализацию разработанной в данном дипломном проекте технологии с установленным на нем технологическим оборудованием показан на рисунке 3.1.

В процессе выполнения ВКР разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при сварке дефектов автокрана и экономию присадочных материалов. При этом выполняются следующие операции: входной контроль, подготовка кромок свариваемых деталей, сборка под сварку, сварка корневого слоя шва, заполнение разделки, контроль качества.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

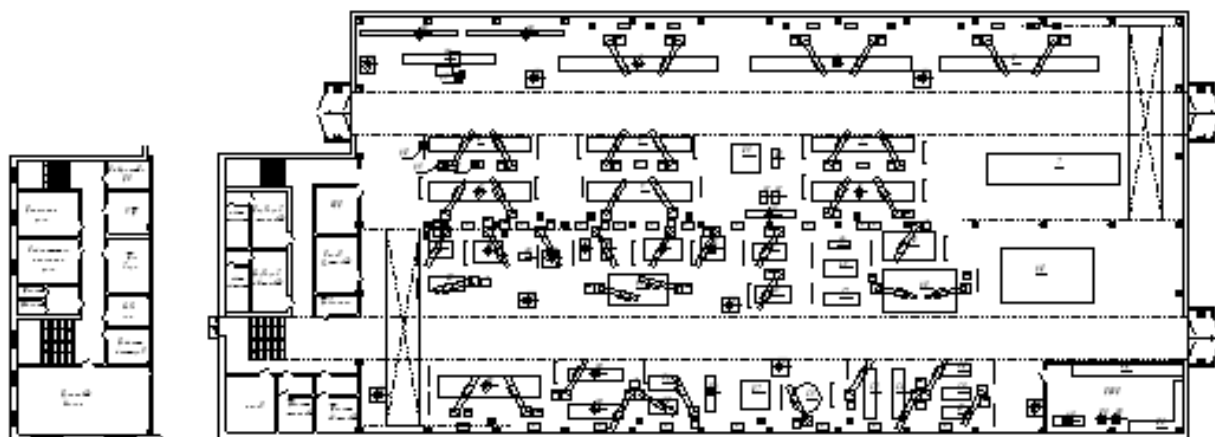


Рисунок 3.1 – Схема планировки производственного участка

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 швов короба крепления опор	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
2		Сборка	Слесарь-сборщик,	Центратор наружный	
3		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Сварочный аппарат, ПДПГ-500.	Проволока сврочная Св-08ГС, углекислый газ, круг абразивный
4		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 трубопровода 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.

№п/п	Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Дефектный короб
2	Сборка	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Центратор наружный
3	Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Сварочный аппарат, ПДПГ-500, присадочная проволока Св- 08ГС, углекислый газ, круг абразивный.
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Короб

### 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 температура оборудования и воздуха участка	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
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, ПДПГ-500.	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 дефектного короба крепления опор	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 дефектного короба крепления опор	Входной контроль	-	-	-
	Сборка		Загрязнение гидравлической жидкостью при утечке из приспособления.	
	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.	Контроль гидравлической системы центратора на наличие утечек
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 дефектного короба крепления опор автокрана. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сборке и сварке дефектного короба. 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 короба крепления опор 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.

Выполненный анализ показывает что для нейтрализации опасных и вредных факторов есть в наличии все необходимые средства.

Также проанализированы угрозы для окружающей среды и разработаны рекомендации по их минимизации.

## **4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений**

### **4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов**

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи ремонтной сварки дефектного короба крепления опор автокрана. Трубопровод горячего водоснабжения изготавливается из стальных труб и фасонных частей, которые имеют защитное цинковое покрытие.

В соответствии с базовой технологией ремонтная сварка дефектного короба крепления опор автокрана выполняется с применением ручной дуговой сварки и предусматривает выполнение следующих операций: 1) входной контроль заготовок, сварочных материалов и оборудования; 2) разделка кромок заменяемых деталей короба под сварку; 3) сборка под сварку; 4) прихватка и сварка; 5) контроль качества сварочных работ.

На основании проведённого анализа возможных способов соединения при ремонтной сварке принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе. За счёт замены способа сварки и применения вместо штучных электродов сварочной проволоки предполагается получить снижение трудоемкости сварки и экономию присадочного материала. Другим достоинством предложенного технологического варианта ремонтной сварки является увеличение наплавочного коэффициента с 9ти до 14ти. Экономические расчёты будем выполнять на один короб с учётом изменяющихся операции технологического процесса сборки и сварки.

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 4.1.

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	$P_p$		V	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
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	$Ц_{пл}$	$Р/м^2$	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 <sup>2</sup> )/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.	45000	82000
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:

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

где  $t_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время,  $t_{п-з} = 0,05\%$  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 на 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  $t_0$  ;

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

Расчетное определение машинного времени на сварку одного стыка трубопровода определим по зависимости:

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

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

$L_{ш}$  – длина швов в изделии, м;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

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

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

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

где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup> (для нашей стали  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>);

$F_H$  – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм<sup>2</sup>.

Для многопроходных швов.

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 = 129 \text{ мм}^2.$$

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

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

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

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м.}$$

$$M_{напл.мет.пр} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м}$$

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

$$t_{шм}^б = 0.003 + 5.87 + 0.587 + 0.29 + 0.47 + 0.1 = 7.320$$

$$t_{шм}^{пр} = 0.002 + 3.75 + 0.375 + 0.19 + 0.3 + 0.1 = 4.497$$

В рамках выполнения курсовой работы, требуется рассчитать длительность сварочной операции, при неизменности остальных операций технологического процесса.

Трудоемкость технологического процесса с разбивкой по фазам приводится в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Трудоемкость процесса сварочных работ

Операции	$t_{n-3}$	$t_0$	$t_{\text{в}}$	$t_{\text{отл}}$	$t_{\text{обсл}}$	$t_{\text{н.п}}$	$t_{\text{шт}}$
Базовый вариант							
Сварочные работы	0,003	5,87	0,587	0,29	0,47	0,1	7,32
Проектный вариант							
Сварочные работы	0,002	3,55	0,355	0,19	0,3	0,1	4,497

### 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:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} \quad (5.5)$$

где  $K_{\text{пр}}$  – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{\text{соп}}$  – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

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

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{\text{пр}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (5.6)$$

где  $\sum \Pi_{\text{об}}$  – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60} \quad (5.7)$$

где:  $N_{\text{пр}}$  – годовая программа, см. табл. 5.2, 500 шт.;

$t_{\text{шт}}$  – время, расходуемое на сварку одного стыка окрайки (штучное), мин.;

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

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ( $n_{\text{об.прин}}$ ).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_z = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

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:

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

где:  $D_k$  – 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

$$\Phi_{\text{эф}} = (365 - 118) * 8 * 1 * (1 - 0.06) = 1857$$

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{2000 * 7,32}{1857 * 60} = 0,14$$

$$n_{об.расчетн}^{np} = \frac{2000 * 4,497}{1857 * 60} = 0,08$$

Принятое по расчету число оборудования – 1.

$$k_3^{\delta} = \frac{0,14}{1} = 0,14$$

$$k_3^{np} = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

$$K_{np}^{\delta} = 45000 * 0,14 = 6300 \text{ руб}$$

$$K_{np}^{np} = 48500 * 0,08 = 3880 \text{ руб}$$

Рассчитаем капитальные затраты, относящиеся к сопутствующим:

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

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

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

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

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

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

$$K_{монт} = 48500 * 0,2 = 9700 \text{ руб}$$

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

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

где:  $k_{дем} = 0,2$ .

$$K_{дем} = 45000 * 0,2 = 9000 \text{ руб}$$

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

$$K_{площ} = S_{площ} * Ц_{площ} * g * k_3 \quad (4.13)$$

$$K_{con} = 9700 + 9000 = 18700 \text{ руб}$$

$$K_{общ}^6 = 6300 \text{ руб}$$

$$K_{общ}^{pp} = 3880 + 18700 = 22580 \text{ руб}$$

Размер  $K_{уд}$  удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

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

$$K_{уд}^6 = \frac{6300}{2000} = 3,15 \text{ руб}$$

$$K_{уд}^6 = \frac{22580}{2000} = 11,29 \text{ руб}$$

#### **4.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии ремонтной сварки.**

Расходы на материалы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗМ = ЗМ_{осн} + ЗМ_{всп} \quad (4.15)$$

При сварке стыков трубопроводов используются сварочные материалы. Базовая технология наплавки предусматривает применение штучных электродов. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки проволокой, для которой сварочными материалами будут присадочная проволока и защитный газ. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$ЗМ = ЗМ_{эл} \quad (4.15)$$

$$ЗМ_{эл.} = H_{эл.} \cdot Ц_{эл.} \quad (4.16)$$

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

$H_{\text{ЭЛ}}$  норма расхода присадочного материала, кг.

Норма расхода электрода

$$H_{\text{ЭЛ}} = Y \cdot L_{\text{ш}} \quad (4.17)$$

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

$L_{\text{ш}}$  - 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.

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

где  $\rho$  - плотность наплавленного металла, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_{\text{ш}}$  - площадь поперечного сечения шва,  $F_{\text{ш}} = 129 \text{ мм}^2$ .

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 129 / 1000 = 1,006 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 1,006 = 1,71 \text{ кг/м.}$$

$$H_{\text{рЭЛ}} = 1,71 \cdot 0,787 = 1,345 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{\text{ЭЛБ}} = 720 \cdot 1,345 = 968,4 \text{ руб.}$$

$$ЗМ_{\text{б}} = 12127,5 + 968,4 = 13095,9 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта

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

Затраты на присадочную проволоку

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

где  $Ц_{\text{ПР}}$  - цена присадочной проволоки, руб/кг;

$H_{\text{ПР}}$  = норма расхода присадочной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки

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

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.

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

Где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

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

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 129 / 1000 = 1,006 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,05 \cdot 1,006 = 1,056 \text{ кг/м.}$$

$$H_{\text{пр}} = 1,056 \cdot 0,787 = 0,831 \text{ кг}$$

$$Z_{\text{пр}} = 610 \cdot 0,831 = 506,90 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ (проектный вариант)

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot H_{\text{з.г.}} \quad (4.25)$$

где  $C_{\text{з.г.}}$  – цена защитного газа, руб/литр;

$H_{\text{з.г.}}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму расхода защитных газов определяем при сварке:

$$H_{\text{з.г.}} = Y_{\text{з.г.}} \cdot L + Y_{\text{доп.}} \quad (4.26)$$

где  $Y_{\text{з.г.}}$  – удельная норма расхода защитного газа на 1 метр шва, по стандартам предприятия, л.

$$Y_{\text{з.г.}} = q_{\text{з.г.}} \cdot t_{\text{о}} \quad (4.27)$$

где  $q_{\text{зг}} = 10 \text{ л/мин}$ ;

$t_{\text{о}}$  основное машинное время сварки.

$$Y_{\text{з.г.}} = 10 \cdot 1,47 = 14,7 \text{ л.}$$

$Y_{\text{доп.}}$  – дополнительный расход газа на подготовительно-вспомогательной операции (продувка магистрали и т.д.), м<sup>3</sup>.

$$Y_{\text{доп.}} = t_{\text{всп}} \cdot q_{\text{зг}} \quad (4.28)$$

где  $t_{\text{всп}}$  – вспомогательное время, необходимое для продувки шлангов, мин;

$q_{\text{зг}}$  – удельная норма расхода защитного газа за единицу времени, м<sup>3</sup>/мин.

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Y^{\text{б}} = 1,7 \cdot 0,689 = 1,17 \text{ кг/м}$$

$$Y^{\text{нр}} = 1,15 \cdot 0,689 = 0,79 \text{ кг/м}$$



$$H_{эл.(np)}^{\bar{b}} = 1,17 \cdot 0,575 = 0,673 \text{ кг.}$$

$$H_{эл.(np)}^{np} = 0,79 \cdot 0,575 = 0,454 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{эл.(np)}^{\bar{b}} = 0,673 \cdot 120 = 80,76 \text{ руб.}$$

$$ЗМ_{эл.(np)}^{np} = 0,454 \cdot 75 = 34,05 \text{ руб.}$$

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

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (4.29)$$

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

$Ц_{э-э}$  – 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

$$З_{э-э}^{\bar{b}} = \frac{12 \cdot 2,0}{0,85 \cdot 60} \cdot 2,22 = 1,05 \text{ руб.}$$

$$З_{э-э}^{np} = \frac{12 \cdot 1,0}{0,85 \cdot 60} \cdot 2,22 = 0,53 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_{об.}^{\bar{б}} = \frac{45000 * 11,4 * 2,6}{1857 * 60 * 100} = 0.12 \text{ руб.}$$

$$A_{об.}^{np} = \frac{48500 * 11,4 * 1,3}{1857 * 60 * 100} = 0.13 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{m.p} = \frac{Ц_{об} * H_{m.p} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (4.32)$$

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

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{m.p}^{\bar{б}} = \frac{45000 * 35 * 1}{1857 * 100} = 8.48 \text{ руб.}$$

$$P_{m.p}^{np} = \frac{48500 * 35 * 1}{1857 * 100} = 9.14 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

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

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

$На_{площ}$  – норма амортизационных отчислений на здания, %;

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

$$З_{площ}^{\bar{б}} = \frac{4500 * 1.15 * 2.5 * 2.6}{1857 * 100 * 60} = 0,003 \text{ руб.}$$

$$З_{площ}^{np} = \frac{4500 * 1.15 * 2.5 * 2.6}{1857 * 100 * 60} = 0,003 \text{ руб.}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы  $Z_{осн}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$ .

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

Объём основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где  $C_{ч}$  – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$k_{зпл}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

$$k_{зпл} = k_{нр} * k_{вн} * k_{у} * k_{нф} * k_{н} \quad (4.36)$$

где  $k_{нр} = 1,25$  – коэффициент премирования;

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

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

$k_{нф} = 1,067$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

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

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,067 \cdot 1,133 = 1,81$$

После подстановки в формулу (4.36) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\text{ЗПЛ}_{осн}^{\bar{o}} = 90 * 7.32 * 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,067 * 1,133 / 60 = 20.08 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{осн}^{нр} = 90 * 4.497 * 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,067 * 1,133 / 60 = 12.33 \text{ руб.}$$

Объём  $Z_{доп}$  дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где  $k_{д}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы, 10%.

После подстановки в формулу (4.37) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{дон}^{\bar{b}} = \frac{14}{100} \cdot 20.08 = 2.81 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{дон}^{\bar{b}} = \frac{14}{100} \cdot 12.33 = 1.73 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП^{\bar{b}} = 20.08 + 2.81 = 22.89 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП^{np} = 12.33 + 1.73 = 14.06 \text{ руб.}$$

Объём  $O_{сн}$  отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где  $N_{соц}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{с.н.}^{\bar{b}} = \frac{30 \cdot 22.89}{100} = 6.87 \text{ руб.}$$

$$O_{с.н.}^{np} = \frac{30 \cdot 14.06}{100} = 4.22 \text{ руб.}$$

Значение  $C_{тех}$  показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{тех} = ЗМ + З_{э-э} + З_{об} + З_{пл} + \PhiЗП + O_{сн} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{тех}^{\bar{b}} = 80.76 + 1.05 + 0.12 + 0.003 + 22.89 + 6.87 = 111.69 \text{ руб.}$$

$$C_{тех}^{np} = 34.05 + 0.53 + 0.13 + 0.003 + 14.06 + 4.22 = 52.99 \text{ руб.}$$

Значение  $C_{цех}$  показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех} \quad (4.40)$$

где  $P_{цех}$  – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = k_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (4.41)$$

где  $k_{\text{цех}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 2,5;

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

После подстановки в формулу (4.41) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{цех}}^{\bar{b}} = 2.5 \cdot 20.08 = 50.2 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{цех}}^{\text{нр}} = 2.5 \cdot 12.3 = 30.83 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.40) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{цех}}^{\bar{b}} = 111.69 + 50.2 = 161.89 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цех}}^{\text{нр}} = 52.99 + 30.83 = 83.82 \text{ руб.}$$

Значение  $C_{\text{зав}}$  показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (4.42)$$

где  $P_{\text{зав}}$  – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{зав}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 1,8.

$$P_{\text{зав}}^{\bar{b}} = 1.8 \cdot 20.08 = 36.14 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{зав}}^{\text{нр}} = 1.8 \cdot 12.33 = 22.19 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{зав}}^{\bar{b}} = 161.89 + 36.14 = 198.03 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зав}}^{\text{нр}} = 83.82 + 22.19 = 106.01 \text{ руб.}$$

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 технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки дефектного короба

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Затраты на материалы	М	80,76	34,05
2	Заработная плата основная	ФЗП	20,08	12,33
3	Заработная плата дополнительная		2,81	1,73
4	Отчисления на соц. нужды	Осн	6,87	4,22
5	Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	0,12	0,13
6	Затраты на площади	Зпл	0,01	0,01
	Себестоимость технологическая	Стех	111,69	52,99
7	Цеховые расходы		50,20	30,83
	Себестоимость цеховая	Сцех	161,89	83,82
8	Заводские расходы		36,14	22,19
	Себестоимость заводская	Сзав	198,03	106,01

#### 4.5 Определение экономической эффективности

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

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.g.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{пр}) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.g.} = (198,03 - 106,01) \cdot 2000 = 193240 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения более производительного оборудования

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{зав}^б + E_H \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_H \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_Г = [(198,03 + 0,33 \cdot 3,15) - (106,01 + 0,33 \cdot 11,29)] \cdot 2000 = 187867 \text{ руб.}$$

Снижение  $\Delta t$  трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчетным 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:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{7.32 - 4.497}{7.32} * 100 = 38,56\%$$

Повышение  $\Pi_T$  производительности труда при внедрении в производственные условия предлагаемых решений определим расчетным путем с использованием формулы:

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

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 * 38.56}{100 - 38.56} = 62,76 \%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{22580}{193240} \approx 0,52 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

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

#### 4.6 Выводы по разделу

При выполнении сварочных работ были внесены изменения путем внедрения сварки в среде защитного газа. Результатом этого явилось сокращение времени выполнения сварочных работ на 38,6%. В сравнении с базовым вариантом, себестоимость выполнения работ также была снижена на 48% за счет экономии материальных и трудовых ресурсов. Результатом

предложенных мероприятий явилось появление экономического эффекта после внедрения в процесс выполнения сварочных работ новой технологии в сумме 187867 руб.

Дополнительные капитальные вложения, необходимые на внедрение новой технологии в производственный процесс окупится приблизительно за 0,5 года.

Прибыль от внедрения технологии в производство при выполнении годовой производственной программы в 2000 единиц получение составит не менее 193240 руб.



## Заключение

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – экономия материальных ресурсов, за счет продления срока эксплуатации крана автомобильного типа КС.

Анализ конструктивных особенностей узла крепления опор выдвижных, и базового технологического процесса их ремонта выявил главный недостаток – низкую производительность и качество сварных швов.

При анализе возможных способов сварки были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированная сварка порошковой проволокой.

Для данного изделия, а также с учетом годовой программы выпуска рекомендовано применение механизированной сварки проволокой в среде  $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ . Разработан технологический процесс механизированной сварки. Проволока подобрана Св-08Г2С. Подобраны режимы сварки изделия. Разработан типовой технологический процесс сварки короба крепления опор выдвижных.

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

Результатом предложенных технических мероприятий явилось появление экономического эффекта после внедрения в процесс выполнения сварочных работ по новой технологии в сумме 187867 руб.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута. Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство.

## Список используемых источников

1. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов и др.; под ред. Ю. В. Казакова. - 3-е изд., стер.; Гриф МО. - М. : Академия, 2003. - 399 с.
2. Сварка плавлением металлических конструкционных материалов: учеб. пособие / авт.-сост. В. В. Ельцов; ТГУ; Автомеханический ин-т ; каф. "Восстановление деталей машин". - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 195 с.
3. Корякин-Черняк, С. Л. Краткий справочник сварщика / С. Л. Корякин-Черняк. - СПб. : Наука и техника, 2010. - 288 с.
4. Козловский, С. Н. Введение в сварочные технологии : учеб. пособие / С. Н. Козловский. и др.; - СПб.: Лань, 2011. - 415 с.
5. Козулин, М.Г. Производство сварных конструкций: Учебн. пособие к дипломному проектированию – Тольятти: ТолПИ, 1991 – 62 с.
6. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
7. Козулин, М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.
8. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов спец. 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 77 с.
9. 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.
10. 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.

11. Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства / Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
12. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 2. Технология и оборудование. Справ. изд./Под ред. В.М. Ямпольского. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1997. - 574 с.
13. Сварка и резка материалов: Учебное пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.: Под ред. Ю.В. Казакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 400 с.
14. Кортес А.П. Сварка, резка, пайка металлов / А.П. Кортес. – М.: Аделант, - 2007. – 192 с.
15. Балашов, А.И. Экономика фирмы: учеб. пособие / А.И. Балашов. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 351 с.
16. Великанов, К.М. Экономика машиностроительного производства: практикум / К.М. Великанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк. 1999. – 96 с.
18. Волков, О.И. Экономика предприятия: курс лекций: учеб. пособие для вузов / О.И. Волков, В.К. Скляренко. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 280 с.
19. Грибов, В.Д. Экономика предприятия: учеб. + практикум / В.Д. Грибов, В.П. Грузинов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 334 с.
20. Золотогоров, В.Г. Организация производства и управление предприятием: учеб. пособие / В.Г. Золотогоров. – Минск: Книжный Дом, 2005. – 448 с.
21. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Vodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
22. 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.

23. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
24. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
25. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
26. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.