

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сборки и сварки раморазгрузателя»

Студент

И.А. Титков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л. Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В настоящее время сварочные процессы нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, химической, аэрокосмической, автомобильной, судостроительной промышленности, трубопроводном транспорте. Ручная дуговая сварка штучными электродами и по сей день занимает значимое место в промышленности развитых стран Западной Европы, США, Японии, КНР. Однако сейчас этот способ повсеместно заменяется на более производительные способы сварки, такие как сварка плавящимся электродом в защитных газах и сварка под флюсом. Эти способы обладают высокой производительностью, обеспечивают качество сварных соединений, а также предоставляют возможность автоматизации процесса.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки металлоконструкций на примере раморазгрузателя.

В работе потребовалось решить следующие задачи: 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники; 2) повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию; 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений; 4) произвести оценку безопасности и экологичности предлагаемых технических решений; 5) выполнить экономическое обоснование предлагаемых технических решений.

Пояснительная записка содержит 54 стр. машинописного текста, 8 рисунков, 9 таблиц, графическая часть 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Анализ исходных данных и известных решений	5
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	5
1.2 Определение вида производства раморазгрузателя	6
1.3 Материал для изготовления раморазгрузателя.....	8
1.4 Базовая технология сварки.....	10
1.4 Выбор способа сварки изделия.....	18
1.5 Задачи работы.....	20
2 Разработка проектной технологии	22
2.1 Обоснование режимов сварки	22
2.3 Проектный технологический процесс	22
3 Оборудование и приспособления	29
4 Безопасность и экологичность технического объекта.	30
5 Экономическая эффективность проекта	37
5.1 Исходные данные для экономического обоснования.....	38
сравниваемых вариантов.....	38
5.2 Определение норм штучного времени	39
5.3. Капитальные вложения в оборудование	41
5.4 Определение себестоимости двух вариантов.	44
5.5 Цеховая себестоимость	48
5.6 Заводская себестоимость	48
5.7 Расчет экономической эффективности проекта	49
5.8 Выводы по экономическому разделу	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	53

ВВЕДЕНИЕ

Сварочные процессы применяются в большинстве производств, например, в машиностроении, строительстве, автомобильной отрасли, судостроительной промышленности, трубопроводном транспорте. Ответственными операциями при изготовлении раморазгрузателя являются сборка и сварка низколегированных сталей. При этом применяется на предприятии ручная дуговая сварка. Для повышения производительности производства, улучшения качества сварки при изготовлении раморазгрузателя необходимо предусмотреть замену ручной дуговой сварки с учётом современных достижений сварочной науки.

Сварка плавящимся электродом получила наибольшее распространение среди способов дуговой сварки благодаря простоте осуществления процесса. Однако, этот процесс сварки характеризуется наименьшей управляемостью с точки зрения получения стабильного проплавления металла и формирования шва, уменьшения разбрызгивания. В связи с этим современные исследователи уделяют большое внимание вопросу изучения теплофизических характеристик дуги, повышения стабильности процесса сварки, управления переносом электродного металла, разработки новых источников питания и подающих механизмов. Механизированная сварка в среде защитных газов занимает ведущее место в промышленности. Этот способ обладает высокой производительностью, обеспечивает качество сварных соединений, а также предоставляет возможность автоматизации процесса.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки металлоконструкций на примере раморазгрузателя.

1 Анализ исходных данных и известных решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Раморазгрузатель представляет сложную по конфигурации металлоконструкцию, рисунок 1.1.

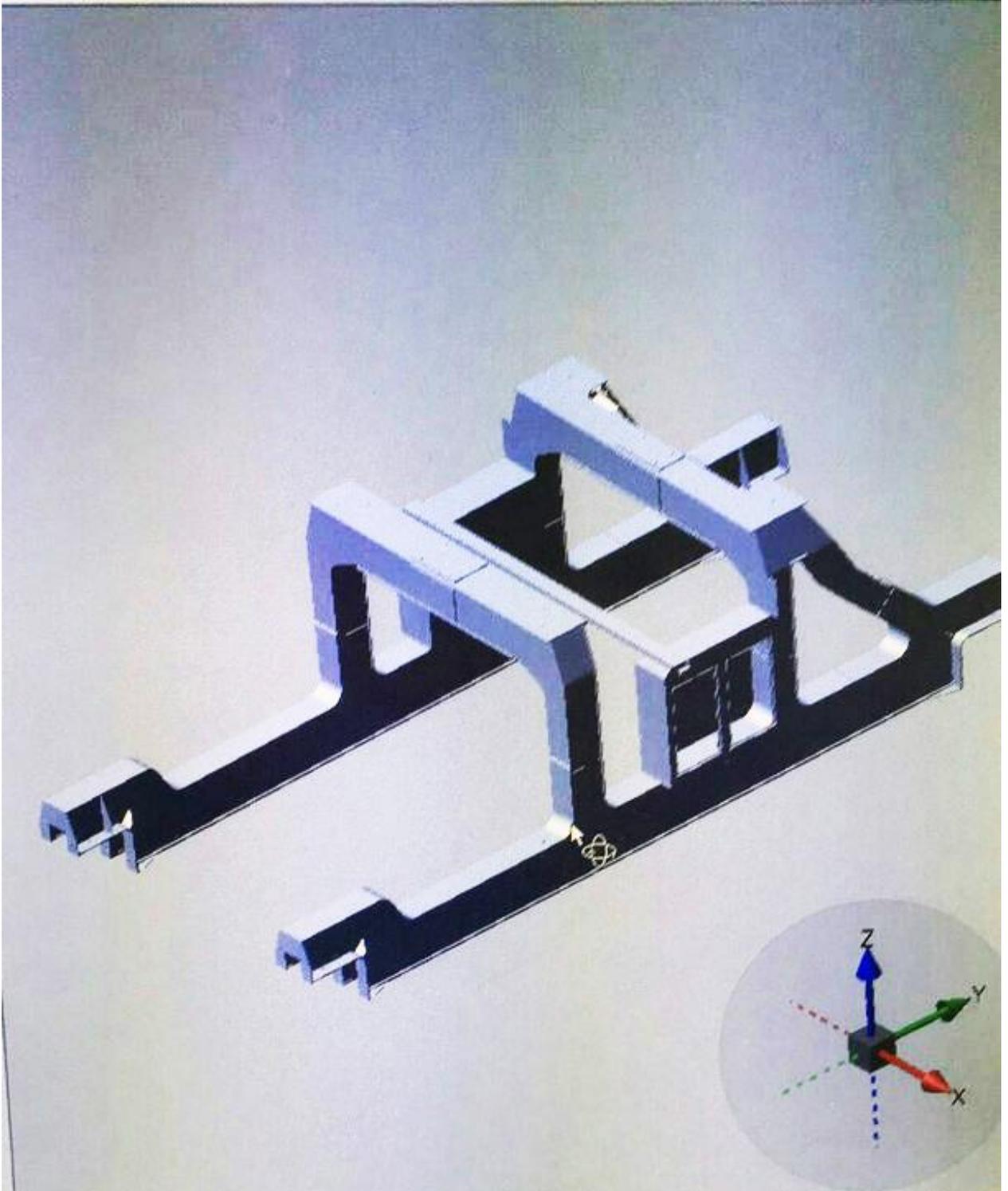


Рисунок 1.1 – Раморазгрузатель, трехмерное изображение.

Наиболее сложными узлами раморазгрузателя являются 2 балки поперечные.

Габаритные размеры каждой балки 2824x1285x578 мм, рис. 1.1. Балка поперечная изготовлена из поперечины 6. Поперечина, как и прочие детали раморазгрузателя выполнена из трубы прямоугольной. Для изготовления опор 4 5 используется лист толщиной 2 мм. Для изготовления косынок 2 и 3 используется лист толщиной 3 мм. Для крепления разгружаемых рам выполнены отверстия и приварены шпильки 7.

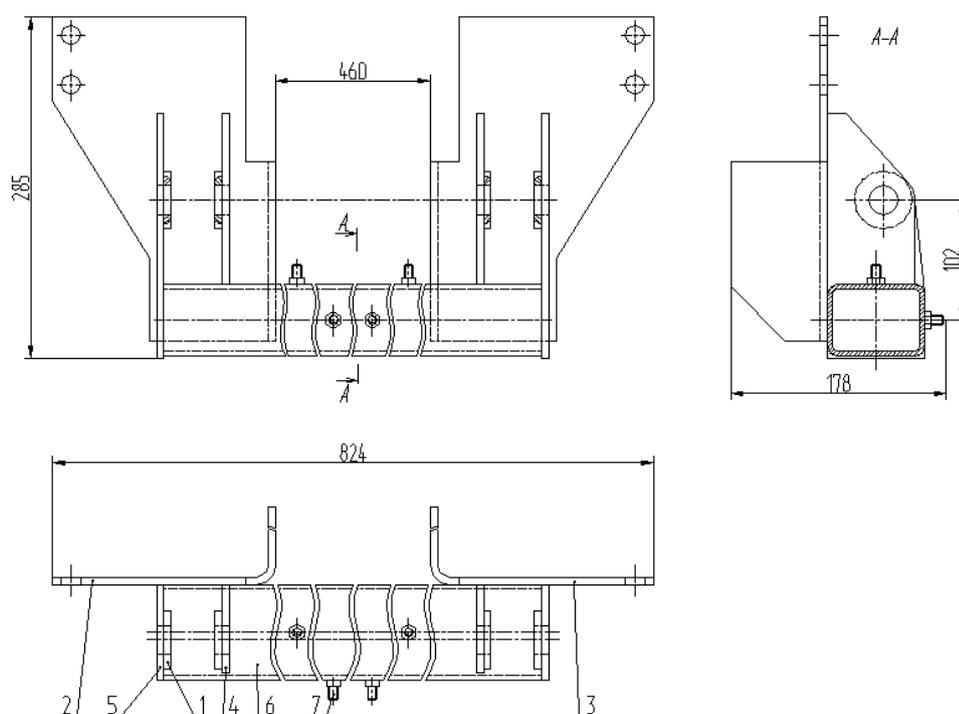


Рисунок 1.1 – Общий вид балки раморазгрузателя

1.2 Определение вида производства раморазгрузателя

По широте номенклатуры выпускаемой продукции и объему выпуска производство классифицируют на массовое, серийное и единичное.

Характерным для массового производства является большие объемы выпуска продукции в течение продолжительного времени. Рабочие места организуются таким образом, чтобы на одном рабочем месте выполнялась одна операция. Другой особенностью организации рабочих мест в условиях массового производства является применение специализированного

высокопроизводительного оборудования и значительный уровень механизации и автоматизации процессов обработки.

В качестве типичных примеров массового производства можно привести изготовление автомобилей, тракторов, мотоциклов, велосипедов, подшипников, бытовой техники.

Применяемое при массовом производстве оборудование, как правило, является дорогостоящим, но за счет массового выпуска продукции оно окупается в сжатые сроки.

Характерным для серийного производства является изготовление деталей (узлов) повторяющимися партиями. Серийное производство, в свою очередь, с учетом количества изделий в партии подразделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

В машиностроении применяется, в основном, серийный тип производства. В серийном производстве обработка деталей и сборка узлов построены на основе дифференциации операций. Отдельную операцию закрепляют за конкретным рабочим местом. В связи с этим необходима периодическая переналадка оборудования для того, чтобы перейти на обработку следующей партии деталей. Хотя технологические операции обработки могут выполняться на универсальном оборудовании, требуется их оснащение как специализированными приспособлениями так и универсальными. В некоторых случаях является целесообразным применение специализированных измерительных приборов.

Средняя квалификация работников в случае серийного производства выше, чем в случае массового производства.

Характерным при единичном производстве являются незначительные объемы выпуска одинаковых изделий. Причем, зачастую, не предусматривается их изготовление повторно [8,13].

Для рабочих мест в условиях единичного производства характерным является разнообразие операций и использование универсального

технологического оборудования, универсальной технологической оснастки и измерительных средств [8,13].

Специальная технологическая оснастка может применяться только в случаях, когда иначе изготовить деталь невозможно. Разнообразие выполняемых работ требует рабочих высокой квалификации.

Зная тип производства можно осуществить подбор оптимального оборудования, правильно организовать рабочие места. Анализируя количество производимых за год трансформаторов (50), вес и габариты определим тип производства как мелкосерийное. В условиях мелкосерийного производства характерно применение малой механизации и автоматизации технологических процессов, использование универсального оборудования и оснастки. Следовательно, при внедрении технологии изготовления раморазгрузателя потребуется применить средства малой механизации.

Для проведения сварки можно использовать универсальные сварочные аппараты.

1.3 Материал для изготовления раморазгрузателя

Трубы для сварки раморазгрузателя изготовлены из стали 09Г2С, являющейся низколегированной конструкционной сталью для проведения сварных работ. Сталь 09Г2С используется при выполнении различных металлических конструкций с применением сварки, которые работают под давлением в условиях воздействия температуры $-70...+425$ °С. В качестве заменителей стали 09Г2С может выступать стали марки 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Сталь 09Г2С сваривается без ограничений, т.е. её сварке не требует применения предварительного подогрева и проведения последующей термической обработки.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 09Г2С

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

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C стали 09Г2С

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5
-	МПа	МПа	%
Лист	500	350	21

Реакция на термический цикл стали 09Г2С несколько отличается от реакции обычной низкоуглеродистой стали. Основное различие заключается в некотором увеличении склонности к образованию в металле шва и околошовной зоне закалочных структур в условиях повышенных скоростей охлаждения. Повышенные скорости охлаждения в сварных швах стали 09Г2С кроме феррита и перлита вызывают образование мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. Обнаруживаемый в таких швах мартенсит носит бесструктурный характер, а бейнит представлен феррито-карбидной смесью с высокой степенью дисперсности. Количество этих структурных составляющих может изменяться и зависит от температурного цикла в процессе сварки. Уменьшение погонной энергии приводит к повышению количества мартенсита, бейнита и остаточного аустенита в металле шва, а также к увеличению их дисперсности.

Небольшое количество закалочных структур оказывает незначительное влияние на механические свойства сварных соединений, по причине равномерного и дезориентированного расположения этих структур в мягкой ферритной основе. Однако увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в сварном соединении. Сварку конструкций из стали

09Г2С необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

Равнопрочность металла шва и основного металла может быть достигнута благодаря легированию шва элементами, которые переходят из основного металла. Также повышение прочности металла шва и его стойкости против хрупкого разрушения может быть достигнуто путём дополнительного легирования металла шва через сварочную проволоку.

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С стойкость металла шва против кристаллизационных трещин ниже, чем при использовании низкоуглеродистых сталей. Это происходит вследствие усиления отрицательного влияния углерода и некоторых легирующих элементов, например кремния. Стойкости против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор соответствующей технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающей благоприятную форму провара.

1.4 Базовая технология сварки

Начальной операцией технологического процесса является входной контроль. К хранению стальных заготовок предъявляются следующие требования. Хранение должно осуществляться в закрытых помещениях. Допускается хранение под навесом, если исключена возможность загрязнения заготовок, их механического повреждения и контакта с цветными металлами.

Все заготовки должны быть промаркированы для обеспечения возможности определения марки стали, номера плавки и номера листа.

При осуществлении приема заготовок необходимо проверять:

– соответствие стали требованиям стандартов/технических условий, также данным, указанным сертификате;

– соответствие данных, указанных в сертификате маркировке проката;

– соответствие поверхности проката требованиям стандартов/технических условий.

При отсутствии сопроводительной документации на материалы, заводу производителю необходимо провести необходимые испытания для подтверждения требуемых характеристик, свойств и соответствия марок стали.

Сварочные материалы при отсутствии сопроводительной документации необходимо проверять на склонность к межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТом 6032-75.

Сварочные материалы, используемые для сварки изделий работающих при температурных режимах ≥ 350 °С, при условии отсутствия сертификатов соответствия должны проверяться на содержания феррита в металле сварного соединения.

Используемые при сварке электроды должны соответствовать ГОСТам 9466-75 и 10052-75.

Каждая партия электродов должна иметь сопроводительную документацию, в которой содержаться следующие данные:

– название фирмы, осуществляющей поставку;

– марка электрода, его геометрические характеристики, а также тип электрода;

– номер партии, а также дата изготовления;

– вес партии;

– результаты испытаний электродов;

– стандарт/технические условия в соответствии с которыми электроды изготовлены.

Также необходимо проверить наличие на пачке с электродами следующих данных:

- название фирмы-изготовителя;
- марка электрода, его геометрические характеристики, а также тип электрода;
- номер партии, а также дата изготовления;
- стандарт/технические условия в соответствии с которыми электроды изготовлены.
- рекомендуемые режимы сварки;
- свойства наплавленного металла;
- технологические свойства электродов.

Каждый ящик, содержащий упаковки с электродами должен иметь наклейку с аналогичными данными. При этом каждый ящик должен иметь предупреждающие надписи, предостерегающие от хранения электродов сырости и необходимости бережной транспортировки.

Хранение, подготовка, а также контроль сварочных материалов осуществляется в соответствии с РТМ 26-304-78 "Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов"

Если нарушены условия хранения электродов, на необходимо провести выборочную проверку электродов на соответствие их требуемым свойствам.

Следующим этапом выполняются заготовительные операции. К данным видам операции относятся правка заготовок, наметка листов, резка, формирование кромок, изготовление отверстий, а также гибка.

Перед наметкой и резкой необходимо выполнить операцию правки, которая заключается в пластической деформации заготовки в холодном состоянии.

Правка выполняется путем многократной прокатки заготовки между двумя рядами валиков на гибочных вальцах. Скорость прокатки составляет 5-7 см/сек. Контроль прокатки можно выполнить с помощью жесткой металлической линейки. При этом волнистость не должна превышать 3 миллиметров на погонный метр, величина прогиба не более миллиметра на погонный метр.

Выточить шпильки крепежные и втулки.

Нарезать из металла $\delta=4$ мм косынки и опоры В косынках выполнить отверстия. Затем косынки гнуть согласно чертежу, рис. 1.3.

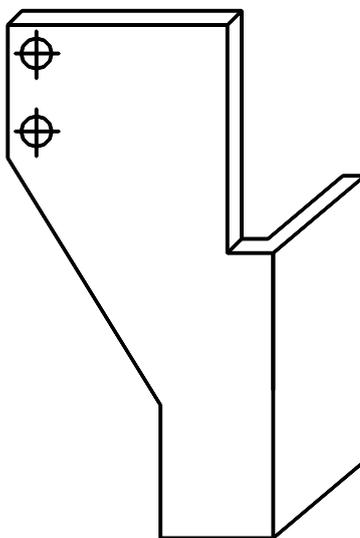


Рисунок 1.3 – Косынка балки раморазгрузателя

Перед сваркой осматривают поверхность и кромки труб, косынок, опор. Далее с использованием шлифования устраняют царапины, риски, задиры глубиной от 0,2 до 0,5 мм на наружной поверхности торцов труб. С использованием ручной дуговой сварки устраняют забоины и задиры фасок глубиной до 5 мм. Раморазгрузатель является ответственным изделием.

Производят зачистку отремонтированных поверхностей кромок труб с использованием шлифования. Достигают восстановления требуемой разделки кромок, для толщин трубы $\delta=5$ мм разделка на рисунке 1.4.

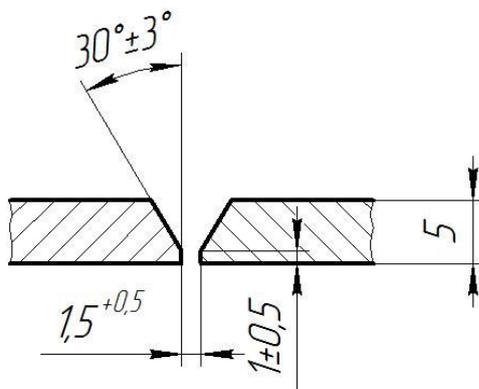


Рисунок 1.4 – Форма разделки кромок стыковых соединений

Производят выправление вмятин на торцах трубы, имеющих глубину до 3,5% от диаметра трубы. Для выправления вмятин используют безударные разжимные устройства. При этом обязателен местный подогрев изнутри трубы до температуры 100...150 °С.

Если на концах труб, косынок, опор обнаружены забоины, трещины, расслоения, надрывы и задиры глубиной более 5 мм, а также вмятины глубиной более 3,5% от диаметра трубы, исправлять такие концы не допускается. В этом случае производят отрезание дефектных концов труб с использованием машинной кислородной резки. А опоры и комьнки отправляют в утильсырьё, так как они выполнены уже в размер. Резку производят со скосом кромки под углом 25...30°. Далее выполняют ультразвуковой контроль по всему периметру трубы, ширина зоны контроля составляет не менее 40 мм от резаного торца. В случае обнаружения расслоений торец трубы отрезают на расстоянии не менее 300 мм и производят повторный ультразвуковой контроль.

Зачищают с использованием шлифмашинки прилегающие к кромкам наружную и внутреннюю поверхности труб до чистого металла на ширину не менее 15 мм.

Подготовку кромок выполняют с использованием следующего оборудования:

- 1) ультразвукового толщиномера;
- 2) ультразвукового дефектоскопа УД-303;
- 3) шаблона сварщика УШС-3;
- 4) линейки металлической;
- 5) штангенциркуля;
- 6) шлифмашинки;
- 7) шлифкругов;
- 8) дисковой проволочной щётки;
- 9) сварочного источника питания ВД-306Д;
- 11) газовой горелки;

Производят сборку на универсальном приспособлении. Выполняют прихватку. Параметры режима при выполнении прихваток такие же, что и при сварке корневого слоя шва. Прихватки следует выполнять на расстоянии не менее 100 мм от продольных швов труб. Прихватку выполняют те же сварщики, которые будут производит сварку основного шва. К качеству прихваток предъявляют требования, аналогичные требованиям к качеству корневого слоя шва.

При выполнении прихваток не допускается применение присадок, подаваемых в зону сварки или закладываемых в разделку. Следует производить зачистку начала и конца каждой прихватки на 30...40 мм с использованием шлифмашинки.

Операцию прихватки выполняют с использованием:

- 1) сварочного источника питания ВД-306Д;
- 2) шлифмашинки;
- 3) металлической щетки;
- 4) шаблона сварщика УШС-3;
- 5) линейки металлической.
- 6) приспособления типа УСП.

Выполнение сварки должно происходить в присутствии аттестованных специалистов сварочного производства II или III уровня. Допускаются к выполнению сварки сварщики, которые прошли аттестацию по «Правилам аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99 и имеют соответствующее удостоверение. Для допуска сварщиков к выполнению сварки необходимо провести допускные испытания.

Перед сваркой и в процессе сварки необходимо проведение контроля температуры стыка. В случае необходимости следует произвести подогрев стык с использованием газовой горелки.

Сварку корневого слоя шва выполняют ручной дуговой сваркой с применением электродов марки УОНИ-13/45 Ø2,5 или УОНИ-13/45 Ø3,2 мм на заданных параметрах режима (табл. 1.3). В процессе сварки корневого

слоя шва прихватки полностью удалить. Снимать наружный центратор допускается после сварки не менее 60% периметра корневого слоя шва.

Таблица 1.3 – Параметры режима сварки

Сварочные слои	Марка электрода	Ø, мм	Полярность	Сварочный ток, А
Корневой	УОНИ-13/45	2,5	обратная	70 – 90
		3,2		80 – 120
Заполняющие	УОНИ-13/45	3,2	обратная	90 – 120
		4		130 – 170
Облицовочный	УОНИ-13/45	3,2	обратная	80 – 110
		4		130 – 160

Производят зачистку корневого слоя шва с применением абразивного круга.

Проводят визуальный контроль качества выполнения корневого слоя шва. Выполняют подварку в нижней четверти трубы, а также участков, на которых обнаружены непровары, несплавления и смещение кромок более 2 мм. При подварке используют электроды марки LB-52U, Ø2,6 мм, Ø3,2 мм. Ширина подварочного слоя должна быть в пределах 8...10 мм, усиление шва должно быть в пределах 1...3 мм.

Сварку заполняющих и облицовочного слоев шва проводят на параметрах режима согласно табл. 1.3. Сварку необходимо выполнять непрерывно, полностью заполняя разделку стыка. Сварку производят, смещая замки на каждом последующем слое по отношению к предыдущему слою от начала на 30 мм и от места окончания сварки слоя на 70 мм. Выполнение последнего заполняющего и облицовочного слоя проводят в два прохода. При этом необходимо, чтобы каждый последующий валик в проходе перекрывал предыдущий валик на величину не менее одной трети его ширины.

Необходимо обеспечить перекрытие облицовочным слоем шва основного металла на 2,5...3,0 мм в каждую сторону от разделки кромок. Облицовочный слой шва должен иметь усиление величиной 1...3 мм.

Необходимо проведение послойной зачистки от шлака и брызг по завершению каждого прохода.

Видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва необходимо обработать механическим способом (при глубине межваликовой канавки более 1 мм). Также необходимо зачищать участки, на которых усиление шва превышает 3 мм. Необходимо провести зачистку прилегающей поверхности труб от шлака и брызг.

Операцию сварки производят с использованием:

- 1) источника сварочного тока ВД-306Д;
- 2) шлифмашинки;
- 3) металлической щетки;
- 4) шаблона сварщика УШС-3;
- 5) напильника;
- 6) молотока;
- 7) зубила;
- 8) кисти;
- 9) краски;
- 10) термокарандаша.

Операционный контроль предусматривает выполнение следующих операций:

- а) проверка сварочных материалов и труб на качество соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);
- б) проверка подготовки торцев труб под сварку и качества сборки стыков (угол скоса кромок, несовпадение кромок, величина зазоров в стыке труб, правильность центровки труб, правильность расположения и количество выполненных прихваток, отсутствие трещин в прихватках);
- в) проверяют температуру предварительного подогрева;
- г) проверяют качество и технологию сварки (значения параметров режима сварки, соблюдение порядка наложения швов, качество послойной зачистки сварных швов от шлака);

д) проверяют соблюдение параметров режима термической обработки сварных соединений.

Внешний осмотр и измерения проводят применительно ко всем сварным соединениям. При этом до проведения внешнего осмотра следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.
- в) плавность перехода от наплавленного металла к основному металлу трубы.

Допускается наличие подрезов в месте перехода от шва к основному металлу трубы, при этом глубина подреза должна быть не более 10% толщины стенки трубы, а общая протяженность подреза не должна превышать 30% длины сварного шва.

1.4 Выбор способа сварки изделия

Для изготовления сварных конструкций из низколегированных сталей применение нашли следующие способы сварки плавлением [8, 9]:

- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка под слоем флюса;
- газовая сварка;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее выберем способы сварки, которые пригодны для выполнения сварных соединений данной толщины. Применительно к трубам с рассматриваемой толщиной стенки 5 мм можно признать пригодными следующие способы сварки:

- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее осуществляем выбор способов сварки, проводя анализ протяжённости, конфигурации и пространственного положения сварных швов. Дуговую сварку под флюсом трудно осуществить, из-за осыпания флюса с поверхности трубы и усиливающей накладки. Исходя из этого в качестве пригодных способов можно признать:

- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах.

Механизированная сварка с применением самозащитной порошковой проволоки сочетает в себе положительные свойства ручной дуговой сварки с применением штучных электродов (обеспечение защиты, легирования и раскисления расплавленного металла), и механизированной сварки с применением проволок сплошного сечения в защитных газах (высокую производительность). Применение самозащитных порошковых проволок при сварке даёт существенные производственные преимущества, которые особенно сильно проявляются в монтажных условиях. Также следует отметить отсутствие необходимости в использовании газовой аппаратуры (не нужны баллоны, шланги, газовые редукторы), флюса и флюсоподающей

аппаратуры, которые усложняют процесс сварки или повышают его трудоемкость (требуется проведение засыпки и уборки флюса и пр.).

В числе преимуществ механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками следует отметить также возможность наблюдения за подачей электрода в разделку, которое особенно важно при проведении сварки с поперечными колебаниями. Также в числе преимуществ следует отметить возможность слежения за образованием шва. За счёт изменения состава шихты порошковой проволоки можно осуществлять воздействие на химический состав металла шва и изменять технологические характеристики сварочной дуги.

Окончательно выбираем сварку в активных газах. В качестве преимуществ механизированной сварки в активных газах следует отметить: во-первых, хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла шва; во-вторых, относительную простоту и малую стоимость сварочного оборудования; в-третьих, высокую производительность. В качестве недостатков механизированной сварки в активных газах следует отметить: в-первых, необходимость в оснащении сварочного оборудования механизмом подачи присадочной проволоки, от особенностей работы которого сильно зависит качество выполняемых сварных соединений [18]; во-вторых, необходимость использования газовых баллонов; в-третьих, необходимость борьбы с разбрызгиванием металла.

1.5 Задачи работы

Исходная технология сварки осуществляется с использованием дуговой сварки штучными электродами вручную. Недостатками такого подхода являются: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов, тяжёлые условия труда сварщика. Эти недостатки должны быть устранены. Для этого

предлагается решение следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

- 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений;
- 4) произвести оценку безопасности и экологичности предлагаемых технических решений;
- 5) выполнить экономическое обоснование предлагаемых технических решений.

2 Разработка проектной технологии

2.1 Обоснование режимов сварки

Значение параметров режима сварки принимаем исходя из рекомендаций производителя проволоки (табл. 2.1). Величина вылета сварочной проволоки составляет 9,5...15,9 мм. В качестве типовой ошибки, часто допускаемой сварщиками, можно отметить установку чрезмерно большого вылета сварочной проволоки. Для контроля за величиной вылета сварочной проволоки необходимо обеспечить выступание контактного наконечника от торца сопла сварочной горелки на величину 6,4 мм.

Таблица 2.1 – Параметры режима сварки Св-09Г2С

Скорость подачи проволоки, см/мин	Сварочный ток, А	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
30...40	150...170	10...12	10...16

2.3 Проектный технологический процесс

Операции входного контроля изменению не подлежат

Следующим этапом выполняются заготовительные операции. К данным видам операции относятся правка заготовок, наметка листов, резка, формирование кромок, изготовление отверстий, а также гибка.

Перед наметкой и резкой необходимо выполнить операцию правки, которая заключается в пластической деформации заготовки в холодном состоянии.

Правка выполняется путем многократной прокатки заготовки между двумя рядами валиков на гибочных вальцах. Скорость прокатки составляет 5-7 см/сек. Контроль прокатки можно выполнить с помощью жесткой металлической линейки. При этом волнистость не должна превышать 3

миллиметров на погонный метр, величина прогиба не более миллиметра на погонный метр.

Выточить шпильки крепежные и втулки.

Нарезать из металла $\delta=4$ мм косынки и опоры В косынках выполнить отверстия. Затем косынки гнуть согласно чертежу, рис. 1.3.

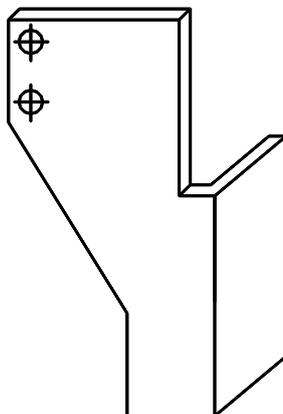


Рисунок 2.1 – Косынка балки раморазгрузателя

Перед сваркой осматривают поверхность и кромки труб, косынок, опор. Далее с использованием шлифования устраняют царапины, риски, задиры глубиной от 0,2 до 0,5 мм на наружной поверхности торцов труб. С использованием ручной дуговой сварки устраняют забоины и задиры фасок глубиной до 5 мм. Раморазгрузатель является ответственным изделием.

Производят зачистку отремонтированных поверхностей кромок труб с использованием шлифования. Достигают восстановления требуемой разделки кромок, для толщин трубы $\delta=5$ мм разделка на рисунке 1.4.

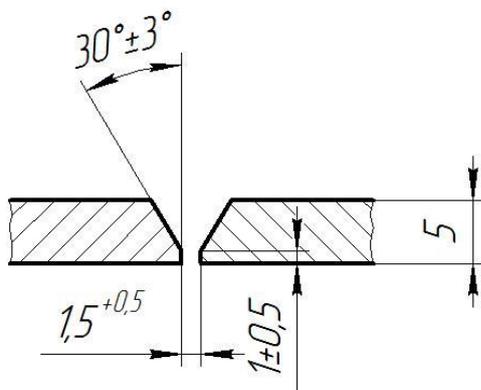


Рисунок 2.2 – Форма разделки кромок стыковых соединений

Производят выправление вмятин на торцах трубы, имеющих глубину до 3,5% от диаметра трубы. Для выправления вмятин используют безударные разжимные устройства. При этом обязателен местный подогрев изнутри трубы до температуры 100...150 °С.

Если на концах труб, косынок, опор обнаружены забоины, трещины, расслоения, надрывы и задиры глубиной более 5 мм, а также вмятины глубиной более 3,5% от диаметра трубы, исправлять такие концы не допускается. В этом случае производят отрезание дефектных концов труб с использованием машинной кислородной резки. А опоры и комьки отправляют в утильсырье, так как они выполнены уже в размер. Резку производят со скосом кромки под углом 25...30°. Далее выполняют ультразвуковой контроль по всему периметру трубы, ширина зоны контроля составляет не менее 40 мм от резаного торца. В случае обнаружения расслоений торец трубы отрезают на расстоянии не менее 300 мм и производят повторный ультразвуковой контроль.

Зачищают с использованием шлифмашинки прилегающие к кромкам наружную и внутреннюю поверхности труб квадратных до чистого металла на ширину не менее 15 мм.

Подготовку кромок выполняют с использованием следующего оборудования:

- 1) ультразвукового толщиномера;
- 2) ультразвукового дефектоскопа УД-303;
- 3) шаблона сварщика УШС-3;
- 4) линейки металлической;
- 5) штангенциркуля;
- 6) шлифмашинки;
- 7) шлифкругов;
- 8) дисковой проволочной щётки;
- 9) аппарата сварочный постоянного тока ФОРСАЖ-302;
- 11) газовой горелки;

Производят сборку на универсальном приспособлении. Выполняют прихватку. Параметры режима при выполнении прихваток такие же, что и при сварке корневого слоя шва. Прихватки следует выполнять на расстоянии не менее 100 мм от продольных швов труб. Прихватку выполняют те же сварщики, которые будут производит сварку основного шва. К качеству прихваток предъявляют требования, аналогичные требованиям к качеству корневого слоя шва.

При выполнении прихваток не допускается применение присадок, подаваемых в зону сварки или закладываемых в разделку. Следует производить зачистку начала и конца каждой прихватки на 30...40 мм с использованием шлифмашинки.

Операцию прихватки выполняют с использованием:

- 1) аппарата сварочный постоянного тока ФОРСАЖ-302;
- 2) шлифмашинки;
- 3) металлической щетки;
- 4) шаблона сварщика УШС-3;
- 5) линейки металлической.
- 6) приспособления типа УСП.

Выполнение сварки должно происходить в присутствии аттестованных специалистов сварочного производства II или III уровня. Допускаются к выполнению сварки сварщики, которые прошли аттестацию по «Правилам аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99 и имеют соответствующее удостоверение. Для допуска сварщиков к выполнению сварки необходимо провести допускные испытания.

Перед сваркой и в процессе сварки необходимо проведение контроля температуры стыка. В случае необходимости следует произвести подогрев стык с использованием газовой горелки.

Сварку корневого слоя шва выполняют проволокой Св-08Г2С по указанным выше параметрам режима. Производят зачистку корневого слоя шва с применением абразивного круга.

Проводят визуальный контроль качества выполнения корневого слоя шва. Выполняют подварку в нижней четверти трубы, а также участков, на которых обнаружены непровары, несплавления и смещение кромок более 2 мм. При подварке используют электроды марки LB-52U, Ø2,6 мм, Ø3,2 мм. Ширина подварочного слоя должна быть в пределах 8...10 мм, усиление шва должно быть в пределах 1...3 мм.

Сварку заполняющих и облицовочного слоев шва проводят на параметрах режима согласно табл. 1.3. Сварку необходимо выполнять непрерывно, полностью заполняя разделку стыка. Сварку производят, смещая замки на каждом последующем слое по отношению к предыдущему слою от начала на 30 мм и от места окончания сварки слоя на 70 мм. Выполнение последнего заполняющего и облицовочного слоя проводят в два прохода. При этом необходимо, чтобы каждый последующий валик в проходе перекрывал предыдущий валик на величину не менее одной трети его ширины.

Необходимо обеспечить перекрытие облицовочным слоем шва основного металла на 2,5...3,0 мм в каждую сторону от разделки кромок. Облицовочный слой шва должен иметь усиление величиной 1...3 мм.

Необходимо проведение послойной зачистки от шлака и брызг по завершению каждого прохода.

Видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва необходимо обработать механическим способом (при глубине межваликовой канавки более 1 мм). Также необходимо зачищать участки, на которых усиление шва превышает 3 мм. Необходимо провести зачистку прилегающей поверхности труб от шлака и брызг.

Операцию сварки производят с использованием:

1) источника сварочного тока ВД-306Д;

- 2) шлифмашинки;
- 3) металлической щетки;
- 4) шаблона сварщика УШС-3;
- 5) напильника;
- 6) молотока;
- 7) зубила;
- 8) кисти;
- 9) краски;
- 10) термокарандаша.

Операционный контроль предусматривает выполнение следующих операций:

- а) проверка сварочных материалов и труб на качество соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);
- б) проверка подготовки торцев труб под сварку и качества сборки стыков (угол скоса кромок, несовпадение кромок, величина зазоров в стыке труб, правильность центровки труб, правильность расположения и количество выполненных прихваток, отсутствие трещин в прихватках);
- в) проверяют температуру предварительного подогрева;
- г) проверяют качество и технологию сварки (значения параметров режима сварки, соблюдение порядка наложения швов, качество послойной зачистки сварных швов от шлака);
- д) проверяют соблюдение параметров режима термической обработки сварных соединений.

Внешний осмотр и измерения проводят применительно ко всем сварным соединениям. При этом до проведения внешнего осмотра следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.
- в) плавность перехода от наплавленного металла к основному металлу трубы.

Допускается наличие подрезов в месте перехода от шва к основному металлу трубы, при этом глубина подреза должна быть не более 10% толщины стенки трубы, а общая протяженность подреза не должна превышать 30% длины сварного шва..

Сваренные и прошедшие контроль изделия перемещают на участок окраски.

3 Оборудование и приспособления

Для сварки выбираем полуавтомат Форсаж-302, рисунок 3.3.

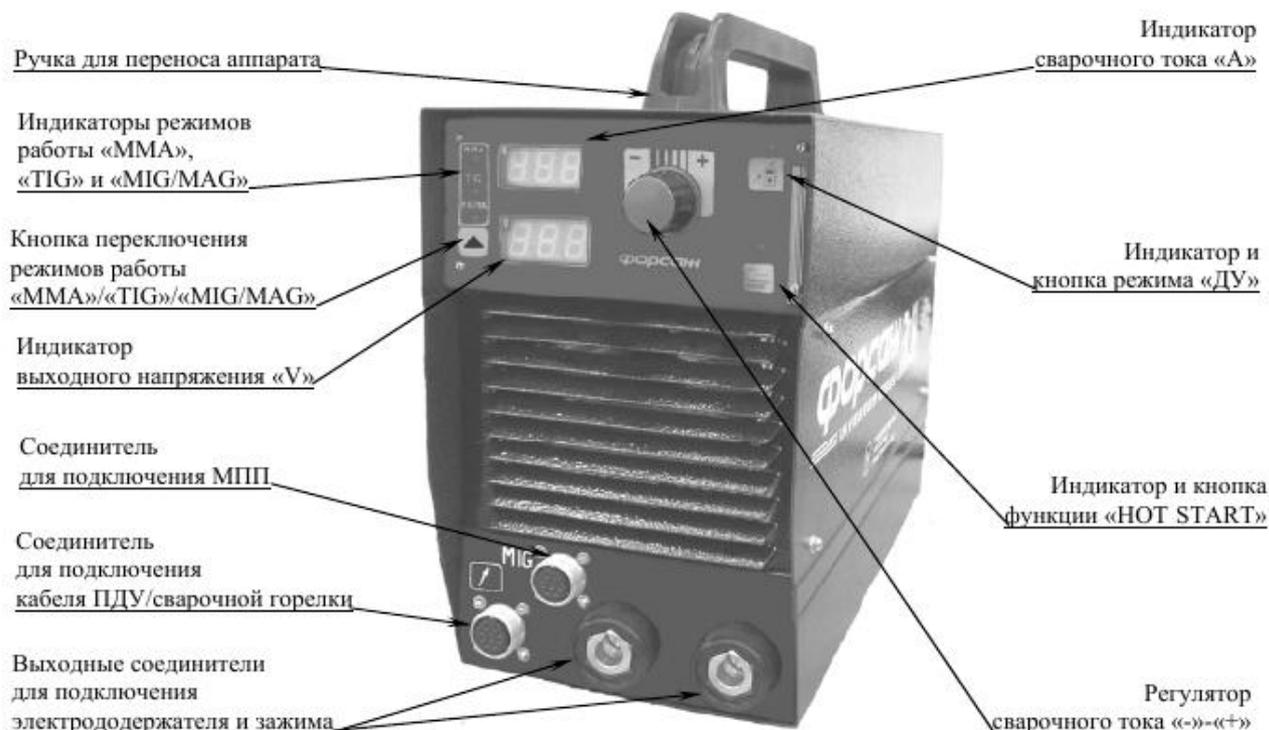


Рисунок 3.3 – Полуавтомат Форсаж-302

Аппарат сварочный постоянного тока ФОРСАЖ-302 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»).

Кроме того, разработано фиксирующее приспособление.

4 Безопасность и экологичность технического объекта.

4.1 Технологическая характеристика объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитных газах.

Проектная технология сварки предусматривает выполнение следующих операций: 1) подготовка комплектующих раморазгрузателя; 2) сборка, прихватка, контроль; 3) сварка; 4) контроль качества сварки

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Подготовка кромок труб	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) плазменно-воздушный резак 2) Щётка металлическая 3) машинка угловая шлифовальная	1) рукавицы 2) круг абразивный 3) ацетилен 4) кислород
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) центратор наружный 2) сварочный полуавтомат форсаж 3) шаблон УШС-3 4) линейка металлическая 5) машинка угловая шлифовальная	7) проволока Св-08Г2С Ø 1,2 мм 8) газ углекислый
3. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) сварочный полуавтомат форсаж 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная	1) проволока Св-08Г2С Ø1,2 мм 2) газ углекислый
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3	-

4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 4.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка кромок труб	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная
2. Сборка, прихватка, контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1) центратор наружный 2) сварочный полуавтомат Phoenix-351 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1) сварочный полуавтомат Phoenix-351 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная
4. Контроль качества сварки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный

4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
- Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
- Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
- Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
- Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при тушении	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 4.8 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

4.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление

которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии..

5 Экономическая эффективность проекта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества сварки раморазгрузателя, в частности изменения коснулись такой его детали как балка поперечная. При выполнении базовой технологии сварки предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что характеризуется низкой производительностью процесса и низким качеством наплавляемого слоя.. В разработанном варианте технологии предложено заменить ручную дуговую сварку на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде CO₂. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

В таблице 5.1. проведен анализ недостатков базовой технологии наплавки и их устранение, в случае внедрения разработки – механизированной сварки порошковой проволокой.

Таблица 5.1 – Сравнение базового и проектного варианта

Базовый вариант	Проектный вариант
Низкая производительность сварки	Увеличение плотности тока, соответственно и скорость сварки деталей раморазгрузателя
Высокий разряд рабочего обуславливает и высокие денежные выплаты ему по результатам работы.	Поскольку при механизированной наплавке выполнить работу может рабочий разряда ниже, то и платить ему нужно меньше.

5.1 Исходные данные для экономического обоснования

сравниваемых вариантов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

№ п/п	Показатель	Услов. обознач.	Един. измер.	Варианты	
				Базов.	Проект
1	2	3	4	5	6
1	Цена присадочного материала: электроды УОНИ-13/45; проволока Св-08Г2С	Цэл	Руб/кг	540	700
2	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно- заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
3	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	-	%	12	12
6	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	36	36
7	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб	35000	70000
8	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
9	Мощность установки	Му	кВт	4,9	5,8
10	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
11	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	2,5	2,5
14	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
15	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	2,50	2,50
16	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	М ²	6	9

Продолжение таблицы 5.2

17	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	5	5
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
19	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	2,15	2,15
20	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт	-	1,2	1,2
21	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
22	Программа годовая	Пг	Шт	500	500

5.2 Определение норм штучного времени

Для расчета штучного времени воспользуемся зависимостью:

$$t_{шт} = t_{п-з} + t_o + t_e + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

где $t_{шт}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{маш}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{всп}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{маш}$.

Для определения машинного времени наплавки по базовому и по проектному вариантам воспользуемся зависимостью:

$$t_0 = \frac{60 * M_{\text{напл.мет}} * L_{\text{ш}}}{I_{\text{св.}} * \alpha_{\text{напл}}}, \quad (5.2)$$

где: $M_{\text{напл.мет}}$ – общий вес металла, наплавленного на лемех, кг/м;

$L_{\text{ш}}$ – общая протяженность наплавленных валиков на лемехе плуга, м;

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

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

Для расчета массы наплавленного в разделку металла воспользуемся следующей зависимостью, кг/м:

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{н}} \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где ρ – плотность металла наплаваемого слоя сварного шва (валика), $\rho = 7,8$ г/см³;

$F_{\text{н}}$ – площадь изношенной поверхности, которая подлежит наплавке, мм².

Наплаваем в один слой, поэтому для определения площади воспользуемся зависимостью.

$$F_{\text{н}} = (8 \div 12) \cdot d_{\text{эл.}} \quad (5.4)$$

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

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

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

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

Длину валика примем исходя из того, что наплавка ведется в один слой, ширина наплаваемого слоя 20 мм, и общая площадь наплавки 400 мм², тогда, с учетом перекрыва валиков длина составит 2700 мм.

Базовый вариант, машинное время:

$$t_{\text{об}} = \frac{60 * 0,156 * 2,7}{120 * 9} = 23,32 \text{ мин.}$$

Проектный вариант

$$t_{\text{опр}} = \frac{60 * 0,093 * 2,7}{250 * 9} = 16,12 \text{ мин.}$$

Штучное время, базовый вариант

$$t_{штБ} = 0,57 + 23,32 + 2,332 + 1,14 + 1,824 + 0,228 = 29,29 \text{ мин} = 0,49 \text{ час}$$

Штучное время, проектный вариант

$$t_{штПР} = 0,06 + 16,12 + 1,612 + 0,72 + 1,216 + 0,152 = 20,14 \text{ мин.} = 0,392 \text{ час}$$

5.3. Капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ПР}} + K_{\text{СОП}} \quad (5.5)$$

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:

$$K_{\text{ПР}} = \sum C_{\text{Об}} * k_3 \quad (5.6)$$

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

k_3 – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования.

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

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

где: $t_{\text{шт}}$ – затрачиваемое штучное время на наплавку одного балансира;

$N_{\text{ПР}}$ – принятое значение годовой программы;

$\Phi_{\text{эф}}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования.

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

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) * T_{\text{см}} * S * (1 - k_{\text{р.п}}) \quad (5.9)$$

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).

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

$$n_{\text{об.расчетнб}} = \frac{500 * 29,29}{1812 * 60} = 0,12 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{500 * 20,14}{1812 * 60} = 0,08 \text{ шт}$$

$$k_{\text{зб}} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

$$K_{\text{прб}} = 35000 * 0,12 = 4200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 70000 * 0,08 = 5600 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

$$K_{\text{общпр}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.10)$$

где $K_{\text{пр}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{площ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади

$K_{\text{дем}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{монт}}$ – принятое значение затрат на монтаж оборудования.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.11)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 70000 * 0,2 = 14000 \text{руб}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.12)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 35000 * 0,2 = 7000 \text{руб}$$

Расходы на площадь под технологические установки:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * C_{\text{площ}} * g * k_3 \quad (5.13)$$

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

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

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 4200 \text{руб}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 5600 + 14000 + 7000 + 5400 = 32000 \text{руб}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (5.14)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = \frac{4200}{500} = 8,40 \text{руб}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 32000/500 = 64 \text{руб}$$

5.4 Определение себестоимости двух вариантов.

Затраты на сварочные материалы, электроды, в базовом варианте определим по технологическим картам

$$ЗМ_{эльб} = 31,50 \text{руб.}$$

Для проектного варианта - затраты на самозащитную порошковую проволоку

$$ЗМ_{пр} = З_{пр} = 55,04 \text{руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5.29)$$

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

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

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Для определения мощности оборудования воспользуемся значениями режимов сварки: сила тока и напряжение.

$$P_{об}^Б = 120 \cdot 30 = 3600 = 6 \text{кВт}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,38}{0,7} 2,2 = 7,16 \text{руб.}$$

$$P_{об}^ПР = 300 \cdot 30 = 9000 = 9 \text{кВт}$$

$$З_{э-э}^ПР = \frac{9 \cdot 0,242}{0,75} 2,2 = 6,38 \text{руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.30)$$

где $A_{об}$ – принятая величина амортизации оборудования, руб.;

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * На_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} \quad (5.31)$$

где $Ц_{об}$ – принятое значение стоимости оборудования;

$На$ – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (5.31) необходимые значения, получим:

$$A_{об}^Б = \frac{35000 \cdot 28,72 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 1,37 \text{ руб}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{70000 \cdot 20,14 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 2,33 \text{ руб}$$

Расчётное определение расходов на текущий ремонт:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.32)$$

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

$$P_{тр}^Б = \frac{35000 * 35 * 0,12}{1812 * 100} = 0,811 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{ПР} = \frac{70000 * 35 * 0,08}{1812 * 100} = 1,08 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$Z_{об}^Б = 1,37 + 0,811 = 2,18 \text{ руб}$$

$$Z_{об}^{ПР} = 2,32 + 1,08 = 3,40 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$Z_{\text{плоч}} = \frac{C_{\text{плоч}} * S_{\text{плоч}} * Na_{\text{плоч}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 100 * 60} \quad (5.33)$$

где: $C_{\text{плоч}}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;

$Na_{\text{плоч}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{плоч}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$Z_{\text{плоч}}^{\text{б}} = \frac{3000 * 8 * 2 * 28,70}{1812 * 100 * 60} = 0,12 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{плоч}}^{\text{пр}} = \frac{3000 * 11 * 2 * 19,14}{1812 * 100 * 60} = 0,1 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на вознаграждение рабочим по результатам труда и отчислений в соцстрах.

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}}. \quad (5.34)$$

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.35)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки;

$k_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} * k_{\text{вн}} * k_{\text{у}} * k_{\text{нф}} * k_{\text{н}} \quad (5.36)$$

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

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

$k_y = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

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

$k_H = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

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

$$ЗПЛ_{ОСН}^Б = 0,47 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 62,34 \text{ руб}$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^{ПР} = 0,31 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 28,86 \text{ руб}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.37)$$

где k_d – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$ЗПЛ_{доп}^Б = 62,34 \cdot 10 / 100 = 6,23 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 28,86 \cdot 10 / 100 = 2,88 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_Б = 62,34 + 6,23 = 68,58 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{ПР} = 28,86 + 2,88 = 31,74 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (5.38)$$

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

Базовый

$$O_{сн}^Б = 68,58 \cdot 30 / 100 = 20,36 \text{ руб.}$$

Проектный

$$O_{сн}^{ПР} = 31,74 \cdot 30 / 100 = 9,52 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Технологическая себестоимость определяется как сумма всех затрат

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3M + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \Phi 3П + O_{\text{СН}} \quad (5.39)$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 31,15 + 7,16 + 2,18 + 0,12 + 68,58 + 20,36 = 130,45 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 55,04 + 6,38 + 3,40 + 0,10 + 31,74 + 9,52 = 106,18 \text{руб.}$$

5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.40)$$

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

$$P_{\text{ЦЕХ}} = k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.41)$$

где $k_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы, 2,5;

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

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 130,45 + 62,34 * 2,5 = 130,45 + 155,85 = 285,40 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 106,18 + 28,86 * 2,5 = 106,18 + 72,14 = 178,33 \text{руб.}$$

5.6 Заводская себестоимость

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.42)$$

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

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

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 285,40 + 62,34 * 1,8 = 285,40 + 112,20 = 397,60 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 178,33 + 28,86 * 1,8 = 178,33 + 51,94 = 230,27 \text{руб.}$$

Калькуляция себестоимости

Результаты расчета себестоимости сведем в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Калькуляция себестоимости сварка

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	31,15	55,04
2	Фонд заработной платы	ФЗП	68,58	20,36
3	Отчисления на социальные нужды	О _{сн}	20,36	9,52
4	Затраты на оборудование	Зоб	2,18	3,40
5	Затраты на площади	Зпл	0,12	0,1
	Себестоимость технологическая	Стех	130,45	106,18
6	Цеховые расходы		155,85	72,14
	Себестоимость цеховая	Сцех	285,40	178,33
7	Заводские расходы		112,20	51,94
	Себестоимость заводская	С _{зав}	397,60	230,27

5.7 Расчет экономической эффективности проекта

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Pr_{ож.} = Э_{у.г.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{пр}) \cdot N_{пр} \quad (5.43)$$

Подставив в (5.43) необходимые значения, получим:

$$Э_{у.г} = (397,60 - 230,27) \cdot 500 = 122737,40 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$Э_{г} = [(C_{зав}^б + E_n \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_n \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (5.44)$$

$$Э_{гп} = [(397,60 + 0,33 \cdot 8,40) - (230,27 + 0,33 \cdot 64,01)] \cdot 500 = 79880 \text{ руб.}$$

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

Подставив в (5.45) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,47 - 0,31}{0,47} \cdot 100\% = 35\%$$

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.46)$$

Подставив в (5.46) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 35}{100 - 35} = 59\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХ}}^{\text{БАЗ}} - C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}}}{C_{\text{ТЕХ}}^{\text{БАЗ}}} \cdot 100\% \quad (5.47)$$

Подставив в (5.47) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{192,64 - 106,92}{192,54} \cdot 100\% = 44\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}} \quad (5.48)$$

$$T_{\text{ОК}} = \frac{32000}{114737} \approx 0,5 \text{года}$$

Сравнительная экономическая эффективность

$$E_{\text{СР}} = \frac{1}{T_{\text{ОК}}} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad (5.49)$$

5.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская сварки раморазгрузателя.

Показано, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 35 %, увеличение производительности труда на 59 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 44%. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 122 тыс. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составит 79 тыс. рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,5 года.

Можно сделать вывод о том, что разработанная технология наплавки лемеха плуга обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ конструкции раморазгрузателя, и базовой технологии сварки позволил рекомендовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа. Разработано приспособление. Разработана технология механизированной сварки. Присадка – проволока сплошного сечения Св-08Г2С. Обоснован выбор режимов сварки раморазгрузателя.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составит 79 тыс. рублей.

Можно сделать вывод о том, что цель достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козулин М.Г. Производство сварных конструкций: Учебн. пособие к дипломному проектированию [текст] – Тольятти: ТолПИ, 1991 – 62 с.
2. Записка пояснительная к курсовому и дипломному проекту. Правила оформления. [текст] – Тольятти: ТолПИ, 1987 – 27 с.
3. Гитлевич А.Д., Эгитов А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [текст] – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
4. Золотонос Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Я. Д. Золотонос, И. А. Крутова ; Казан. гос. архит.-строит. ун-т. - Казань : КГАСУ, 2016. - 216 с.
5. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов [текст] / В. А. Щекин. - Изд. 2-е, перераб. - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
6. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов [текст] / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.
7. Быковский О.Г., Петренко В.Р., Пешков В.В. Справочник сварщика. [текст] М.: Машиностроение, 2011. – 336 с.
8. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов [текст] / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.
9. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов спец. 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» [текст] / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 77 с.
10. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 2. Технология и оборудование. Справ. изд./Под ред. В.М. Ямпольского. [текст] – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1997. - 574 с.

11. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов / Под ред. Ю.М. Барона. [текст] – СПб.: Питер, 2012. – 512 с.
12. Смирнов И. В. / Учебно-методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине «Производство сварных конструкций» [текст] / Смирнов И.В. – Тольятти: ТГУ, 2012. – 77 с. : ил.
13. Козулин М.Г. / Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: Учебное пособие для вузов. [текст] / Козулин М.Г. – Тольятти: ТГУ, 2002 – 280 с.
14. Конструирование приспособления для сварочного производства: Метод. указания к курсовой работе [текст] / Сост. М.Г. Козулин – Тольятти: ТГУ, 2002 г.
15. Краснопевцева И.В. / Организация и планирование машиностроительного производства: Методическое пособие для вузов [текст] / Краснопевцева И.В. М-во обр. и науки РФ, Тол. гос. универ. – Тольятти: ТГУ, 2013. - 23 с.
16. Сахно К. В. Технология сварки металлов: учебник для вузов [Текст] / К. В. Сахно. - Киев : Вища школа, 1977. - 180 с.
17. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: Учебное пособие для вузов / А.В. Фролов, Т.Н. Бакаева; под общ. ред. А.В. Фролова. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д.: Феникс, 2008. – 750 с.
18. Горина, Л.Н. Основы производственной безопасности [Текст] / Горина Л.Н. – Учеб. пособие. – Тольятти: ТГУ, 2004. – 146 с.
19. Михлюк С. П. Технология и оборудование для сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. [Текст] / С. П. Михлюк - Ростов н/Д. : Феникс, 2002. - 215 с.
20. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / К.М. Великанов, Э.Г. Васильева, В.Ф. Власов и др.; Под. Общ. ред. К.М. Великанова – 5-е изд., перераб. и доп. – Л: Машиностроение отделение, 1996 – 285 с.