

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

(наименование направленности, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологии сварки крышки мельницы

Студент	А. С. Смирнов (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	Г. М. Короткова (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	И. В. Дерябин (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	И. В. Краснопевцева (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	В. Г. Виткалов (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	С. А. Гудкова (И. О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д-р.техн.наук, проф. В.В. Ельцов

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

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2017

Аннотация

Окончательный проект состоит из пояснительной записки на 63 страницах, 21 таблицы, списка из 30 ссылок, в том числе 5 иностранных источников и приложений, а также графической части на листах А1.

В заключительной квалификационной работе рассматривается сварка покрытия мельницы. Сравняются два метода сварки: ручная дуга

Сварка расходуемого электрода и диаметра механической сварочной проволоки составляет 1,6 мм. Для основного металла используется низколегированная сталь 09G2S, содержащая $C = 0,09\%$, $Mn = 1,3-1,7\%$, $Si = 0,5-0,8\%$. В настоящее время ручная дуговая сварка становится менее популярной. Ручная дуговая сварка имеет некоторые недостатки в механизированной сварке с подачей проволоки. Механизированная сварка повысит производительность труда, сократит время производства детали и улучшит качество сварного соединения. Целью финального проекта является повышение эффективности сварки опоры мельницы. Цель достигается за счет совершенствования технологического процесса.

В первой главе рассматриваются детали, класс стали и метод сварки, а также ручная дуговая сварка. Приведены типы сварных швов, способы сварки и полный технологический процесс. Вторая глава проекта показывает преимущества механизированной сварки и введение в производство. Ниже приведен анализ безопасности и экологичности продукта. Последняя глава является бизнес-примером проекта.

Annotation

The graduation project consists of an explanatory note on 63 pages, including digits, 21 tables, a list of 30 references, including 5 foreign sources and applications, and a graphical part on sheets A1.

In the final qualifying work, welding of the mill coating is considered. Two methods of welding are compared: manual arc

Welding consumable electrode and mechanical welding wire diameter which is 1.6 mm. For the base metal, low-alloy steel 09G2S is used, containing C = 0.09%, Mn = 1.3-1.7%, Si = 0.5-0.8%. At the present time, manual arc welding becomes less popular. Manual arc welding has some disadvantages in mechanized welding with wire feeding. Mechanized welding will increase labor productivity, shorten the production time of the part and improve the quality of the welded joint. The goal of the final project is to increase the efficiency of welding of the mill support. The goal is achieved through the improvement of the technological process.

The first chapter deals with the details, the steel grade and the welding method, as well as manual arc welding. Types of welded seams, welding modes and full technological process are given. The second chapter of the project shows the advantages of mechanized welding and an introduction to production is suggested. Below is an analysis of the safety and environmental friendliness of the product. The last chapter is a business example of a project.

Содержание

Введение	8
1. Анализ конструкции опоры мельницы	9
2. Анализ способов сварки и оборудование	17
3. Разработка технологического процесса	29
4. Экономический расчёт	31
5. Расчёт экономической эффективности разрабатываемого проекта	46
6. Расчёт повышения производительности труда	48
7. Безопасность и экология технического объекта	49
8. Список используемой литературы	60

Введение

Сварка широко применяется в основных отраслях производства, потребляющих металлопрокат, потому что резко сокращается расход металла, и сроки выполнения производственных процессов.

Большие успехи достигнуты в области автоматизировании и механизировании сварных работ, позволил повлиять на изменение технологии изготовлению таких важных объектов, как доменные печи, мосты, трубопроводы, сосуды, суда, оборудование для химического применения, гидротурбины.

Применение различных способов сварки способствует модернизированию машиностроения и позволяет развиваться новым отраслям техники: атомной энергетике, ракетостроения, радиоэлектроника.

Сварка помогает минимизировать затраты на одну единицу выпускаемой продукции, уменьшить время цикла производства, улучшение качества изделия.

На «ТяжМаш» создаются разные, уникальные по величине и конструкции вращающейся печи для обжига цементного клинкера, очень большие холодильники для его охлаждения, крановые мешалки, автоклавы и другие машины, по производству цемента, железобетонных изделий, извести.

Продукцию «ТяжМаш» знают не только на предприятиях стальной индустрии, но и в металлургической, горнорудной, химической и целлюлозно - бумажной промышленности. Они получают мощные дроблѐнки для измельчения горных пород, трубные мельницы для помола материалов разной твёрдости.

Оборудование с маркой «ТяжМаш» работает на цементных заводах, многих стран мира: Польши, Финляндии, Германии, Венгрии.

На предприятии «ТяжМаш» большое внимание уделяется механизации и автоматизации сборочных и сварочных процессах.

Но «ТяжМаш» останавливает программу по производству балки, печей для

обжига клинкера, железобетонных конструкций и автоклав. Однако потребность в этих изделиях не пропадает, поэтому Сызранский машиностроительный завод начинает осваивать сборки и сварки опоры мельницы для холодильника колосникового типа, других металлоёмких изделий и цементных печей.

Целью дипломного проекта является повышение производительности.

1 Анализ конструкции опоры мельницы

1.1 Описание конструкции

Внешний вид опоры мельницы представлен на рисунке 1.

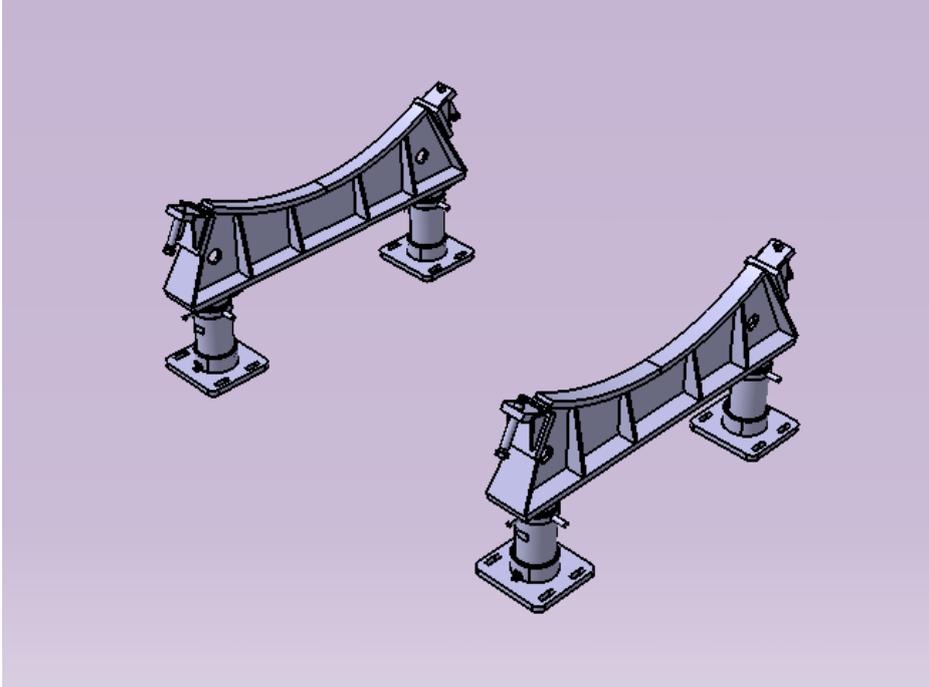


Рисунок 1- Внешний вид опоры мельницы

Опора мельницы – это сварная конструкция, которая состоит из основания (2) (рис.2а) к которому приварены плашки (рис.2б) по ГОСТ 5264-80Т1ш.

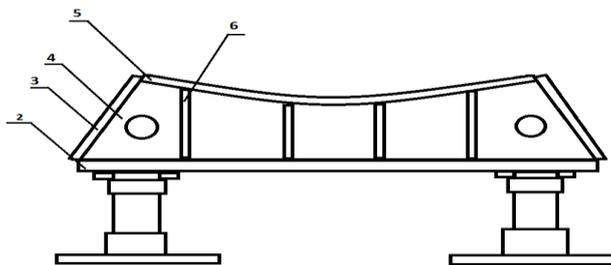


Рисунок 2 – Конструкция опоры

На рисунке 3 показан эскиз основания и плашки.

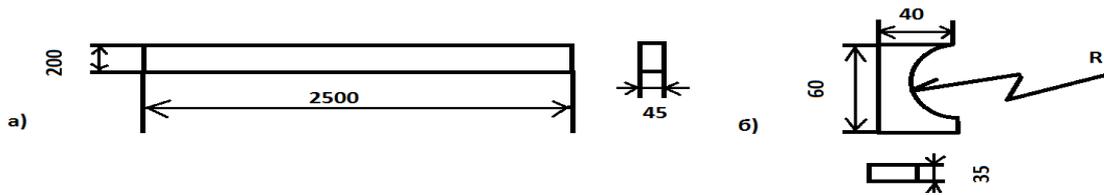


Рисунок 3 – Эскиз основания (а) и плашки (б) опоры

На рисунке 4 показан эскиз сварного соединения Т1 и основания (2) с плашками.

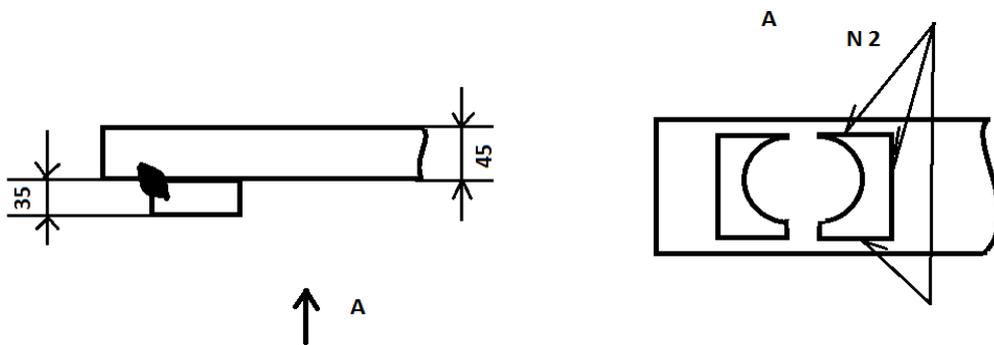


Рисунок 4 – Эскиз сварного соединения основания (2) и плашки

Сварка ведётся по разомкнутому контуру как показано на рисунке 4. К основанию привариваются рёбра жёсткости (3). Эскиз ребра жёсткости показан на рисунке 5.

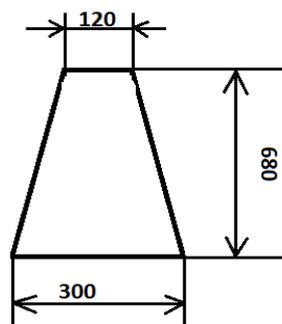


Рисунок 5 – Эскиз ребра жёсткости

К основанию приварены рёбра жёсткости (3). По центру основания (2) приварен лист толщиной 30мм из стали 08Г2С тавровым соединением Т3 (рис 6).

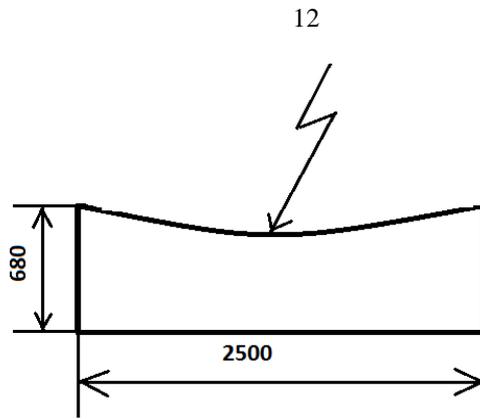


Рисунок 6 – Эскиз листа

На рисунке 7 показано соединение ТЗ.

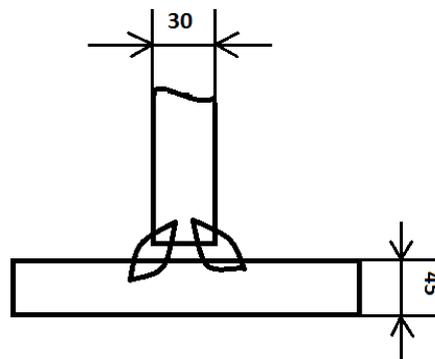


Рисунок 7 – Эскиз сварного соединения ТЗ

К детали (4) приваривается лист (5) толщиной 29мм, и шириной 120мм с радиусом кривизны $R = 1905$ мм, эскиз которого показан на рисунке 8.

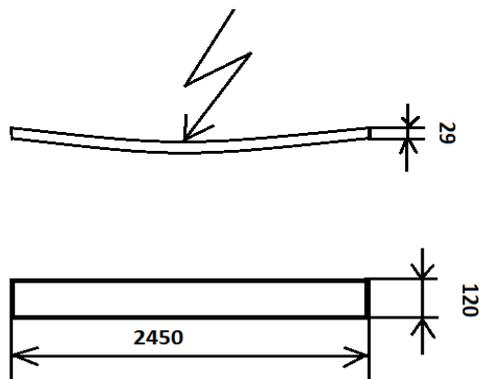


Рисунок 8 – Эскиз детали (5)

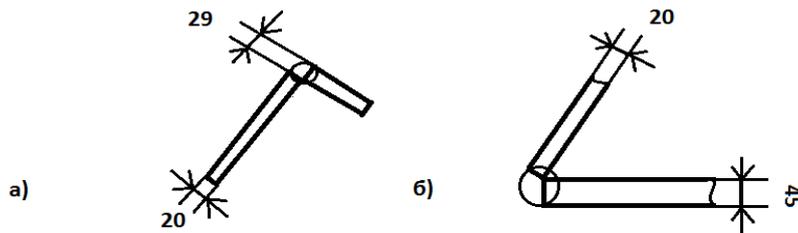


Рисунок 8 – Эскиз сварного соединения У4 (а) У1 (б)

Рёбра жёсткости (6,7) приварены с двух сторон от листа (4) , как показано на рисунке 2 по разомкнутому контуру, тавровым соединением ТЗ. Эскиз рёбер жесткости (6) и (7) приведён на рисунке 9.

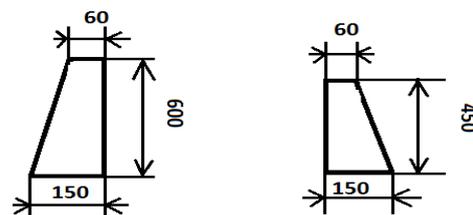


Рисунок 9 – Эскиз рёбер жесткости опоры (6) и (7)

1.2 Свойства стали 09Г2С

Опоры мельницы производятся из стали 09Г2С- низколегированные конструкционные *стали*, свариваемые без ограничения. Первая цифра показывает содержание углерода в процентах. Цифра после букв, соответствующие легирующие добавки – процентное количество в стали 09Г2С. Так мы можем сказать что сталь 09Г2С содержит 0,09% углерода, 2% марганца и кремний не более 1%.

Сталь марки 09Г2С обширно используется для многих сварных конструкций. К сварке можно приступать без подогрева, так и с предварительным подогревом не превышая данной температуры до 100-120 С. Из-за того что углерода в стали мало, сварка становится намного проще, сталь не закаливается и не перегревается в процессе сварки, из-за этого она не теряет пластические свойства или увеличение ее зернистости. К основным и важным плюсам применения данной стали можно отнести также, то что она не склонна к отпускной хрупкости и ее вязкость никак не изменяется после

отпуска. Свойства которые были приведены, показывают основные удобства использования стали 09Г2С от других сталей с большим содержанием углерода, которые хуже свариваются и меняют свои свойства после термообработки.

Химический состав стали приведен в таблице 1

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С

Si	Cu	As	M	Ni	P	Cr	N	S
0.5-0.8%	0.30%	0.08%	1.3-1.7%	0.30%	0.035%	0.30%	0.008%	0.040%

На полученных данных о химическом составе стали можно определить эквивалентное содержание углерода в шве по данной формуле.

$$C_3 = C + Mn/6 + Cr/5 + V/5 + Mo/4 + Ni/15 + Cu/13 + P/2,$$

где C, Mn, Cr, V, Mo и т. д. — процентное содержание легируемых элементов в шве металла. Если концентрация меди больше 0,5%, а фосфора больше 0,05%, то они учитываются. Есть возможность использовать правило смешения, чтобы определить химический состав шва металла.

$$C_3 = 0.3/5 + 0.3/15 + 0.3/13 + 0.035/2 = 0.12\%$$

При $C_3 \leq 45\%$ сталь сваривается хорошо всеми известными способами сварки плавлением. Из этого можно сделать вывод что сталь 09Г2С имеет хорошую свариваемость. Механические свойства стали показаны в таблицах 2,3,4.

Таблица 2 – Механические свойства при повышенных температурах

t испытания, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	φ %
Нормализация 930-950 °С				
20	300	460	31	63
300	220	420	25	56
475	180	360	34	67

Таблица 3 – Температура критической точки

Критическая точка	°С
Ac1	725
Ac3	860
Ar3	780
Ar1	625

Таблица 4 – Предел выносливости

σ_1 , МПа	σ_B , МПа
235	475

Физические свойства стали представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Физические свойства

Температура испытания, °С	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500
Коэффициент линейного расширения (α , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$)	11.4	12.2	12,6	13,2	13,8

1.3 Базовая технология сборки и сварки опоры

Первой операцией технологического процесса является разметка основания и листа опоры. Для этой операции необходим персональный компьютер и соответствующее программное обеспечение, которое позволит разметить детали и отправить данные на лазерный станок с ЧПУ, для данной операции рекомендуется программа “Компас”. Размеры пластин составляют 2500 мм×200 мм, толщина основания 45 мм, а листа основания 30 мм. Время операции от 15 до 25 минут. Допустимые отклонения от размеров $\leq 0,1$ мм. По окончании разметки незамедлительно начинается процесс резки.

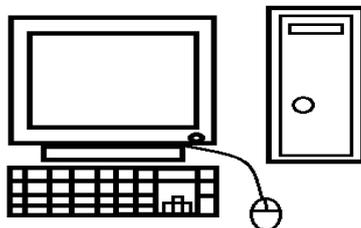


Рисунок 10 - Разметка

Далее идёт операция резки, резка производится с помощью лазерного станка с ЧПУ BCL F1530, в который предварительно был загружен основание. Скорость резки не должна превышать 250 мм/с, а мощность должна быть в пределах 180 Вт. Допускается отклонение от размеров $\leq 0,1$ мм, такой же процесс производим с листом опоры. Не допускается нарушение правил техники безопасности.

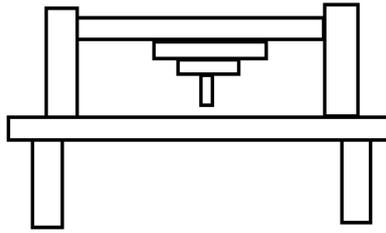


Рисунок 11 – Резка

Затем следует операция зачистки от заусенцев, после лазерной резки этот этап необходим, так же для дальнейших операций заусенцы не допускаются. Обработка пластин производится вручную при помощи болгарки фирмы “Макита” и круга для зачистки, радиус круга должен быть 10 мм. Отшлифовать все места, где проводилась резка, так же все места где имеются заусенцы. Главное требование к этой операции отсутствие заусенцев по окончанию. Так как они могут негативно повлиять на дальнейшее операции.

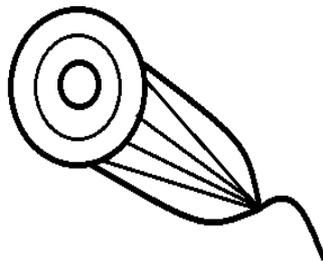


Рисунок 12 – Зачистка

Затем идёт транспортировка основания и листа опоры, для данного этапа необходим подвесной кран, он позволит нам сократить время перемещения необходимых деталей на следующий этап операции. Главное проверить места крепления деталей.

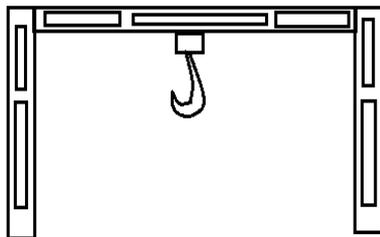


Рисунок 13 – Транспортировка

Далее идёт сборка основания опоры с прихватками, достаточно будет восьми прихваток, по четыре на каждую сторону. Прихватки будут делаться

РДС, $I_g = 120 \text{ А}$ $U_g = 24 - 30 \text{ В}$, $n = 8$, двумя сварщиками ,предварительно зачистить от шлака. Проверить поверхность металла на отсутствие загрязнений.



Рисунок 14 – Прихватки

Затем последует этап сварки покрытым электродом диаметр которого 3 мм, основания с листом опоры. Для этого нам понадобится источник питания ВДУ – 506У 2, присадочная проволока 08ГС мех ПАГ – 508, $I_a = 180 \text{ А}$, $Q_{ар} = 10-14 \text{ л/мин}$, $d_{пр} = 1,6-4,0 \text{ СО}_2 \text{ мм}$, $U_q = 22-24 \text{ В}$, $V_{пн} = 120 \text{ м/ч}$. Защитный газ СО_2 продувка аргоном 10-15 секунд, начальное возбуждение дуги с к.з. Заварка кратера с увеличением дуги. Он располагает всеми необходимыми характеристиками, которые необходимы нам для этой операции. Главный момент при сварке заключается в том что, он производится двумя сварщиками одновременно. Они должны идти от центра в противоположные стороны, с двух сторон. Затем поменять своё направление. Выбор такой техники сварки связан с тем, чтобы избежать деформации металла, и не перегреть его. Сварщики должны быть одеты в специальную форму, и соблюдать правила техники безопасности.

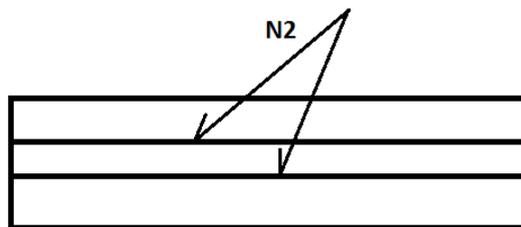


Рисунок 15 – Сварка

Затем идёт последний процесс, это контроль качества нашей конструкции. Идёт визуальный контроль качества, с его помощью можно будет увидеть явные наружные дефекты. Для этого понадобится УШС и лупа. Увеличить в 7 раз, освещённость должна быть больше 500 лк. Не допускаются трещины на сварных швах и ОШЗ. Также обращаем внимание на то что бы не было геометрических дефектов конструкции.

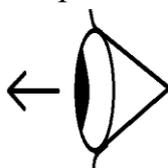


Рисунок 16 – Визуальный осмотр

Анализ конструкции базовой технологии позволил сформулировать задачи ВКР: 1) Провести анализ производственных способов сварки; 2) Выбрать наиболее выгодный способ для сварки; 3) Сделать новый технологический процесс; 4) Рассчитать экономическую выгоду; 5) Разработать новые требования по технике безопасности.

2 Анализ способов сварки и оборудование

2.1 Анализ производительных способов

2.1.1 Электродуговая автоматическая сварка под флюсом. Все отрасли металлообрабатывающей промышленности, кроме производства изделий из металла очень малой толщины с малокалиберными швами.

По типу производства может быть от мелкосерийного до массового. По типу свариваемых металлов малоуглеродистых сталей диапазон от 3 до 100 мм.

Сварка прямолинейных швов, стыковых и угловых калибром 5 – 50 мм протяжённостью от 0,8 м и более со свободным выходом и выходом сварочной головки для начала и конца шва, сварка кольцевых швов при толщинах до 100 – 120 мм.

Производимые наплавочные работы, в том числе широкослойная наплавка ленточным электродом или гребёнкой электродов или несколькими головками одновременно.

В перспективе – высокопроизводительная сварка ленточным электродом.

К достоинствам этого вида сварки можно отнести то что по сравнению с многими другими способами сварки плавлением одна из самых высокопроизводительных видов, превышающая ручную дуговую сварку в 4 – 6 раз при однодуговом процессе и в 15 – 20 раз при многодуговом.

Высокое качество и хороший внешний вид сварных соединений. Так же малый удельный расход электродного металла и электроэнергии вследствие меньшего сечения шва по наплавленному металлу, а также уменьшения потерь на угар, разбрызгивания.

Высокий уровень локальной механизации сварочного процесса и возможность комплексной его автоматизации.

Улучшаются условия труда, так как сварщик находится на безопасном расстоянии от дуги.

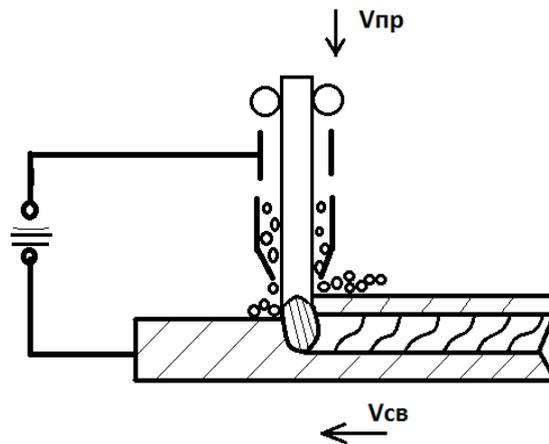


Рисунок 17 – Электродуговая автоматическая сварка под флюсом

Недостатками этого способа это невозможность производить наплавку или швы в вертикальном и наклонном положении. Невозможность сваривать швы малого размера, менее 3 мм.

Сложное и громоздкое сварочное оборудование по сравнению с РДС и полуавтоматической сваркой и как следствие, оно менее маневренно и мобильно.

Более тщательный процесс подготовки изделия и точности сборки детали под сварку. Сложность возникает по контролю направления дуги по сварному шву из-за того что её не видно.

Невозможность сварить стыковые швы на весу, т.е без подкладки или предварительной подварки шва в корне. Загрязняется воздух пылью флюса.

2.1.2 Электродуговая механизированная сварка в среде защитных газов.

Электродуговая механизированная сварка в защитных газах используется в единичном, мелкосерийном, и реже всего в серийном производстве.

Сварка в аргоне (или в смеси аргона с другими газами) тонколистовых изделий из высоколегированных сталей, а также алюминиевых и титановых сплавов.

Достоинства электродуговой механизированной сварки в защитных газах. Повышение производительности по сравнению с РДС 1,2–1,5 раза, а при сварке порошковой проволокой – в 1,6-2,0 раза.

Можно сваривать в любых положениях, так же можно сваривать стыковые швы на весу, возможность и целесообразность сварки малокалиберных швов и изделий малой толщины.

Высокая манёвренность и мобильность в сравнении с сваркой автоматической. Можно контролировать дугу и как она идёт по шву.

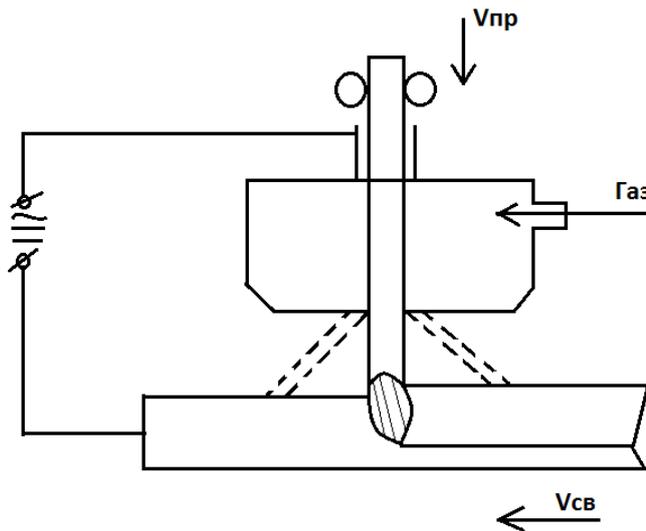


Рисунок 18 – Электродуговая механизированная сварка в среде защитных газов

Недостатками являются следующие показатели. Металл начинает сильно разбрызгиваться при сварке с током 200 – 400 А и возникает необходимость удалять брызги с поверхности изделия. Этот недостаток не относится к сварке порошковой, а также сплошной проволокой в специальной смеси газов или аргоне.

Низкая производительность труда, в отдельных случаях не превышает производительность ручной сварки. Трудно использовать в не помещения – на ветреной местности из-за сдувания защитных газов. Внешний вид швов хуже, чем при сварке под флюсом.

2.1.3 Электродуговая автоматическая сварка в среде защитных газов.

Электродуговая автоматическая сварка в среде защитных газов используется в серийном и массовом производстве. При изготовлении конструкций из тонколистовых высоколегированных сталей, алюминиевых и титановых сплавов.

Сварка швов, которые нельзя или нецелесообразно располагать в горизонтальном положении, например, неповоротных стыков труб. Прихватка собранных деталей или заварка беглым швом корня шва на весу. Наплавочные работы с малым термическим воздействием на основной металл. Сварка неплавящимся электродом оплавления кромок без присадочного металла, например, при сварке канистр. Производство тонкостенных изделий с малокалиберными швами.

Главное достоинство электродуговой автоматической сварки в защитном газе это возможность сваривать швы в любом пространственном положении. Повышенная по сравнению с РДС производительность в 2-2,5

раза при токах до 500 А. Наиболее эффективная сварка порошковыми проволоками АН-4 и АН-5 в среде CO_2 .

Возможность сварки малокалиберных швов и изделий малой толщины, которые под флюсом сварить нельзя. Удобный контроль за направлением дуги по шву – дуга не закрыта флюсом. Меньшее термическое воздействие по сравнению с автоматической сваркой на основной металл. При сварке металла толщиной до 3 мм производительности выше, чем при сварке под флюсом. Возможность сварки стыковых швов на весу.

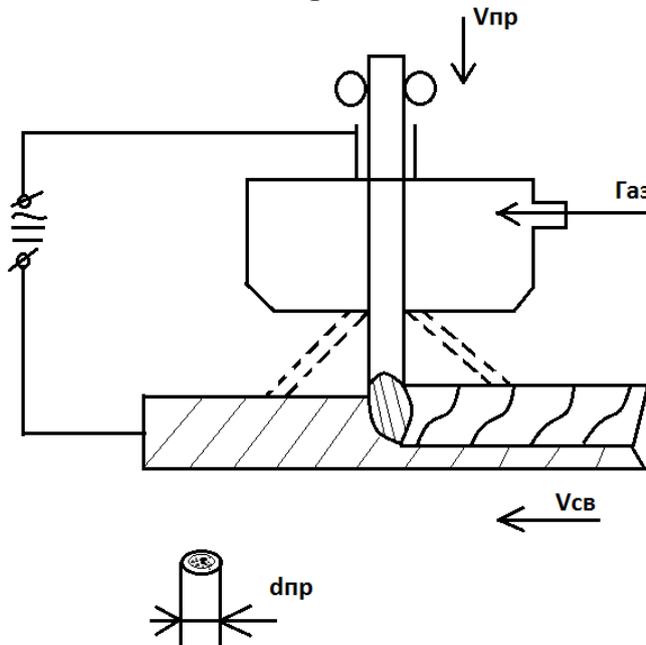


Рисунок 19 – Электродуговая автоматическая сварка в среде защитных газов

Недостатки электродуговой автоматической сварки в среде защитных газов. При сварке крупнокалиберных швов производительность примерно вдвое меньше, чем при автоматической сварке под флюсом.

Плохой внешний вид швов. Большое разбрызгивание металла при сварке плавящимся электродом на токах 250-450 А. Этому недостатка лишена сварка порошковой проволокой, а также сварка сплошной проволокой в атмосфере сложной смеси газов или в аргоне.

Таким образом, анализ производительных способов сварки показал, что для условий завода «ТяжМаш» целесообразно применить механизированную сварку в среде защитных газов плавящимся электродом сплошного сечения.

2.2 Анализ оборудования производства «ТяжМаш»

В данный момент на заводе «ТяжМаш», сварка практически каждой металлоконструкции производится механизированной сваркой $d_{пр} = 1,2$ мм в защитном газе, которая имеет очень большой коэффициент разбрызгивания металла Кразбр, отсюда возникает необходимость найти способ по снижению.

Известно, что Кразбр зависит от формы внешней ВАХ источника питания, и что каждому диаметру проволоки соответствует определённый наклон внешней ВАХ источника питания. В таблице 6 показана номенклатура оборудования, которая присутствует на заводе «ТяжМаш», которое применяется для сварки плавящимся электродом.

Таблица 6- Номенклатура оборудования завода «ТяжМаш» для сварки плавящимся электродом.

Оборудование	Модель	Дата изготовления
1	2	3
Установка дуговой п/авт сварки	КЕМРПИ	01.01.1989-2011
Установка дуговой п/авт сварки	FRONIUS	01.01.2006-2015
Установка дуговой п/авт сварки	КЕМРПИ PS-3500	01.01.1986,89
Установка дуговой п/авт сварки	КЕМРПИ FitWeld 300	01.01.2014
Установка дуговой п/авт сварки	КЕМРПИ PS-4000	01.01.2006
Установка дуговой п/авт сварки	КЕМРПИ PS-5000 ФУ-30	01.01.1990

Продолжение таблицы 6

Полуавтомат	А-1197Г	01.01.1991
Полуавтомат сварочный	А-547	01.01.1990
Сварочный выпрямитель	ВДУ-504	01.01.1982, 1985
Сварочный выпрямитель	ВДУ-505	01.01.1985-1993
Сварочный выпрямитель	ВДУ-506	01.01.1986-1993
Сварочный выпрямитель	ВД-301	01.01.1972, 1977
Сварочный выпрямитель	ВД-401	01.01.1976
Сварочный выпрямитель	ВД-402	01.01.1989, 1990
Сварочный выпрямитель	ВС-600	01.01.1972-2014
Сварочный выпрямитель	ВС-632	01.01.1991
Установка дуговой п/авт.сварки	Кемпомат-180Р	01.01.1990
Полуавтомат выпрямитель	ПДГО-510 ВДУ-601	01.01.2005
Полуавтомат с источником питания	ПДГО-601 с ВДУ-601	01.01.2008
Полуавтомат свар. с выпрямител.	ПДГО-603 с ВС-600С	01.10.2008, 2011, 2012
Полуавтомат	ПДГ-508	01.01.1989, 1991, 2005
Полуавтомат выпрямитель	ПДГ-508 КИГ-601	01.01.2005
Полуавтомат	ПДГ-525	01.01.1994

Анализ характеристик всех присутствующих на заводе источников питания показал, что сварочные выпрямители типа ВС-300Б, ВС-300Б1, ВС-600, ВС-632, ВД-301,401,402 имеют жёсткую внешнюю ВАХ и рекомендуются для сварки $d_{пр} < 1.0$ мм.

Выпрямители типа ВДУ-504, 505, 506 имеют пологопадающую внешнюю ВАХ и рекомендуются для сварки $d_{пр}=1,2-2$ мм. Современное развитие оборудования элементной базы электроники позволяет, по сравнению с трансформаторными, тиристорными и первыми инверторными сварочными аппаратами, сформировать вольтамперную характеристику практически любого вида. Определение влияния параметров данных характеристик на сварочно-технологический процесс сварки представляет некоторую сложность, связанную с учетом воздействия на процесс многих параметров, индивидуальных особенностей сварщика и др. В последнее время завод приобрел установки фирмы KEMPPi, FRONIUS, которые включают в себя инверторы и обладают «ломаными» внешними ВАХ. Сварочные свойства инверторов ещё мало изучены.

К показателям свойств оборудования относятся: 1) стабильность сварки; 2) разбрызгивание металла; 3) качество формирования шва.

На заводе были проведены исследования сварочных свойств инверторов с механизмом подачи электродной проволоки при наплавке плавящимся электродом с помощью защитной среды CO_2 на пластинах толщиной 4мм из ст.3. Для механизированной сварки в активных газах применяется омедненная проволока Св 08Г2С диаметрами 0,8, 1,0 и 1,2мм. В качестве защитной среды используем - углекислый газ, расход 8-10 л/мин. Вылет электрода составляет $l_{вылет}=10-12$ мм. Угол наклона нашей горелки $\alpha = 15^\circ$. Наплавка выполнялась углом назад на обратной полярности.

Режимы наплавки был выбран с учетом рекомендаций, приведенных в работах [1-3,7,8]. При процессе наплавки значения тока и напряжения дуги фиксируются регистратором S-Recorder-2- 16bit фирмы ADClab с датчиком тока ДИТ-500-Н и напряжения ДНХ-01.

В процессе наплавки мы определили размеры наплавленных валиков и показатели сварочных свойств нашего оборудования по дифференциальному методу с бальной оценкой в соответствии с ГОСТ 25616-83: стабильность

сварочного процесса, как разбрызгивается металл, формирования шва в процессе сварки.

Сборка и сварка пластин производится на сборочно-сварочном стенде УСПО-1М, с использованием усилия прижатия пластин до 45кг. Скорость сварки регулировалась $V_{св}$ от 10 до 100 м/ч.

При механизированной сварке проволокой от 0,8 до 1,2мм, изменяя наклон ВАХ от 0,01 до 0,04В/А, было установлено, что дуга горит спокойно при $dU/dI=0,01В/А$. Стабильность данного процесса высокая, разбрызгивание металла минимальное, качество формирования соответствует требованиям, валик равномерный, с плавным переходом к основному металлу.

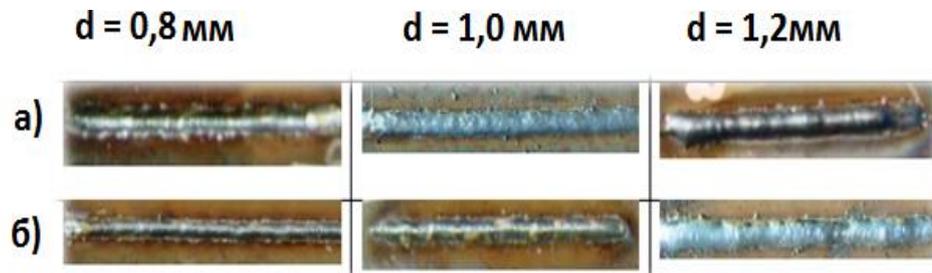


Рисунок 20 - Внешний вид образцов при изменении наклона ВАХ: а) $dU/dI=0,01В/А$; б) $dU/dI=0,025В/А$

При увеличении наклона характеристики до $dU/dI=0,025В/А$ приводит к ухудшению формирования швов (швы неполномерные по ширине и высоте). Дополнительное исследование показывает, что при наклоне ВАХ 0.025-0.04 В/А возможно формирование качественного сварного соединения при увеличении напряжения на дуге на 1-2 В по сравнению с наклоном 0,01В/А при одинаковых токах дуги, а следовательно, эффективной мощности и проплавляющей способности дуги.

Произведя анализ свойств известных нам источников питания можно сделать некоторые выводы, что при сварке проволокой диаметром 1,2 возникают проблемы с разбрызгиванием металла. Нам необходимо произвести исследование в этой области, установить оптимальный режим сварки для инвертора и механизма подачи проволоки. За счет регулирования ВАХ инвертора для проволоки заданного диаметра обеспечивается

стабильность процесса сварки и качества формирования шва при минимальном разбрызгивании.

Таким образом, при МАG-сварка в среде защитной CO₂ проволокой диаметром $d = 0,8-1,2$ мм возможно формирование качественного сварного соединений при изменении наклона внешней ВАХ инвертора от 0,01 до 0,04 В/А с наименьшим разбрызгиванием металла.

Проведя дополнительные исследования при увеличении диаметра проволоки до 1,6 мм.

Перечисленное оборудование позволяет использовать для сварки проволокой диаметром 1,6 мм, что позволит повысить производительность труда.

При механизированной сварки в защитной среде газов с диаметром проволоки 1,6 мм было установлено что горит спокойно при ДУ, разбрызгивание металла минимальное, качество соответствует требованиям. На рисунке 21 приведён внешний вид образцов.



Рисунок 21 – Сварка проволокой 1,6 мм

Таким образом, из имеющегося на заводе оборудования для механизированной сварки подойдут источники питания ВД-301, ВДУ-506, ВД-401, и полуавтоматы ПДГО-510, ВДУ-601, ПДГ-508, ПДГ-525.

Таблица 7 – Результаты механизированной сварки плавящимся электродом в среде CO_2 $d_{\text{пр}} = 1,6\text{мм}$ в нижнем и потолочном положениях

№№ п/п	U, В	I, А	I _б , А	V _{пр} , дел.	dU/dI, В/А	dI/d t,кА /с	Разб рыз гива ние	Стаби ль- ность	Качест во форми ров	Примечание
160	28	307 - 320	30	4	0,04	60	3	3	3	Сварка в нижнем положении, плохо
161	28	307 - 320	30	3	0.04	60	3	3	3	Сварка в нижнем положении, плохо
162	25	316 - 350	30	3	0.04	60	4+	4	4	Сварка в нижнем положении, лучше
163	25	215 - 220	30	3	0,04	160	4+	5	5	Сварка в нижнем положении, хорошо
164	25	208 - 216	30	3	0,01	60	4+	5	5	Сварка в нижнем положении, хорошо
165	24	217 - 227	30	3	0,01	60	4+	5	5	Сварка в нижнем положении, хорошо
166	24	190 - 203	30	3	0,01	160	3			Сварка в нижнем положении, брак
167	25	200 - 216	30	3	0,04	60		5	5	Сварка в потолочном положении
168	25	215 - 219	30	3	0,04	60	5	5	5	Сварка в нижнем положении, разбрызгивание уменьшилось заметно при включении дросселей

$Q=13\text{л/мин}$, $S=4\text{мм}$, Ст.20, $l_{\text{вылет}} = 10\text{-}12\text{мм}$, $\alpha = 15^\circ$ (углом назад).
Сварку проводил сварщик 6 разряда, лауреат конкурсов сварщиков.

3 Разработка технологического процесса

Первой операцией технологического процесса является разметка основания и листа опоры. Для этой операции необходим персональный компьютер и соответствующее программное обеспечение, которое позволит разметить детали и отправить данные на лазерный станок с ЧПУ. Размеры пластин составляют 2500 мм×200 мм, толщина основания 45 мм, а листа основания 30 мм. Время операции от 15 до 25 минут. Допустимые отклонения от размеров $\leq 0,1$ мм. Важно убедиться в соблюдении всех заданных размеров. По окончании разметки незамедлительно начинается процесс резки.

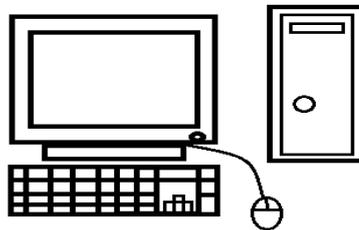


Рисунок 22 - Разметка

Далее идёт операция резки, резка производится с помощью лазерного станка с ЧПУ BCL F1530, в который предварительно был загружен основание. Скорость резки не должна превышать 250 мм/с, а мощность должна быть в пределах 180 Вт. Допускается отклонение от размеров $\leq 0,1$ мм, такой же процесс производим с листом опоры. После окончания процесса осматриваем детали на наличие явных отклонений.

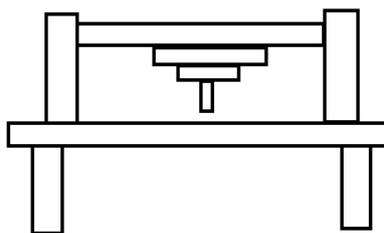


Рисунок 23 – Резка

Затем следует операция зачистки от заусенцев, после лазерной резки этот этап необходим, так же для дальнейших операций заусенцы не допускаются. Обработка пластин производится вручную при помощи болгарки и круга для зачистки, радиус круга должен быть 10 мм. Отшлифовать все места, где проводилась резка, так же все места где имеются заусенцы. Главное требование к этой операции отсутствие заусенцев по

окончанию. При выполнении операции следует соблюдать правила техники безопасности.

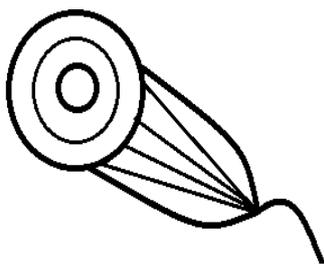


Рисунок 24 – Зачистка

Затем идёт транспортировка основания и листа опоры, для данного этапа необходим подвесной кран, он позволит нам сократить время перемещения необходимых деталей на следующий этап операции. Важно убедиться в том что, конструкции надёжно закреплены.

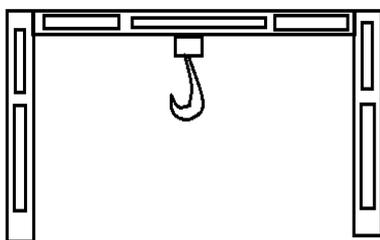


Рисунок 25 - Транспортировка

Далее идёт сборка основания опоры с прихватками, достаточно будет восьми прихваток, по четыре на каждую сторону. Прихватки будут делаться РДС, $I_g = 120 \text{ A}$ $U_g = 35 \text{ В}$, $n = 8$, двумя сварщиками ,предварительно зачистить от шлака. Убедиться в чистоте и отсутствии шлака.

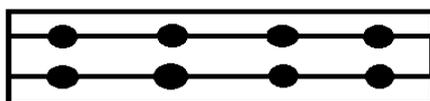


Рисунок 26 – Прихватки

Затем последует этап сварки покрытым электродом диаметр которого 3 мм, основания с листом опоры. Для этого нам понадобится источник питания ВДУ – 506У2, присадочная проволока 08ГС мех ПАГ – 508, $I_a = 180 \text{ A}$, $Q_{ar} = 10-14 \text{ л/мин}$, $d_{пр} = 1,6-4,0 \text{ CO}_2 \text{ мм}$, $U_q = 22-24 \text{ В}$, $V_{np} = 120 \text{ м/ч}$. Защитный газ CO_2 продувка аргоном 10-15 секунд, начальное возбуждение дуги с к.з. Заварка кратера с увеличением дуги. Он располагает всеми необходимыми характеристиками, которые необходимы нам для этой операции. Главный момент при сварке заключается в том что, он производится двумя сварщиками одновременно. Они должны идти от центра в противоположные стороны, с двух сторон. Затем поменять своё направление. Выбор такой техники сварки связан с тем, чтобы избежать

деформации металла, и не перегреть его. Сварщики обязательно должны быть одеты в специальную форму, и соблюдать правила техники безопасности.

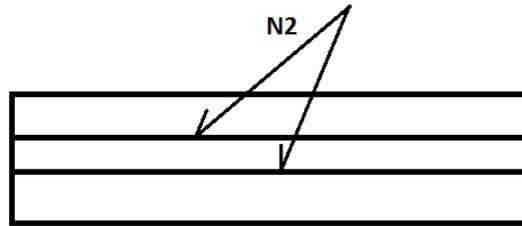


Рисунок 27 – Сварка

Затем идёт последний процесс, это контроль качества нашей конструкции. Идёт визуальный контроль качества, с его помощью можно будет увидеть явные наружные дефекты. Для этого понадобится УШС и лупа. Увеличить в 7 раз, освещённость должна быть больше 500 лк. Не допускаются трещины на сварных швах и ОШЗ.

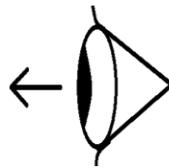


Рисунок 28 – Визуальный осмотр

Новый технологический процесс позволит сократить время сборки конструкции опоры мельницы за счёт изменения диаметра проволоки 1,2 мм на 1,6 мм. Исходя из этого можно сделать вывод что можно будет увеличить оборот проходимой конструкции без внедрения нового оборудования, тем самым избежать лишних затрат.

4 Экономический расчёт

Таблица 8 - Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
РДС покрытым электродом. Этот способ становится, все менее актуальным. Все это существенно отражается, на времени, затрат основных и вспомогательных	Механизированная сварка плавящейся проволокой. Экономически выгодный способ сварки.

Таблица 9 - Исходные данные проекта

№	Наименование показателей	Базовый вариант	Проектный вариант
1	Цена за 1 кг материала изделия Сталь 09Г2С	43 руб./кг	43 руб./кг
2	Цена за 1 кг: - электродов Э-42А УОНИ 13/45 - сварочной проволоки Св09Г2С	70 руб./кг -	- 54,4 руб./кг
3	Цена сварочного оборудования: - источник питания ВДУ-506 - выпрямитель ВДМ-1001 - устройство подачи проволоки J6601	19576 руб. - -	- 21000 руб. 6600 руб.

4.1 Расчёт нормы штучного времени

на выполняемые технологические операции

$$t_{шт} = t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п}$$

$$t_{шт} = 180 + 18 + 14,4 + 9 + 3,1 = 225 \text{ Баз.}$$

$$t_{шт} = 98 + 14,7 + 4,9 + 7,8 + 3 = 128,4 \text{ Пр.}$$

Основное (машинное) время. Для процесса сварки – это время работы сварочного оборудования (время горения дуги) - $t_0 = t_M$;

Вспомогательное время $t_в = 5-25\%$ от t_0 , в зависимости от особенностей технологического процесса - $t_в$;

Время на отдых и личные надобности $t_{отл} = 5\%$ от $t_o - t_{отл}$;

Время обслуживания рабочего места $t_{обсл.} = 8\%$ от $t_o - t_{обсл.}$;

Время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, определяется по картам технологического процесса - $t_{н.п}$.

а) для ручной и полуавтоматической сварки и наплавки на единицу изделия [24]:

$$t_o = \frac{60 \cdot M_{напл.мет} \cdot L_{ш}}{I_{св.} \cdot \alpha_{напл}}$$

$$t_o = \frac{60 \cdot 20 \cdot 4}{175 \cdot 9} = 180 \text{ Баз.}$$

$$t_o = \frac{60 \cdot 18 \cdot 4}{760 \cdot 9} = 98 \text{ Пр.}$$

$M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла в изделии, кг (берется из данных чертежа или технологической карты, при отсутствии данных – рассчитывается по формуле 22, смотреть дальше) [23];

Длина швов в изделии, м - $L_{ш}$;

Сила сварочного тока, а - $I_{св}$;

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

4.2 Капитальные вложения в оборудование

4.2.1 Общие капитальные вложения в оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп},$$

$$K_{общ} = 19576 + 97830 = 117406,$$

$$K_{общ} = 13830 + 56064 = 69894,$$

Прямые капитальные вложения в оборудование, руб. - $K_{пр}$;

Сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб. - K_{con} .

$$K_{пр} = \sum Ц_{об} * k_3,$$

$$K_{пр} = 19576 * 1 = 19576,$$

$$K_{пр} = 27660 * 0,5 = 13830,$$

Суммарная цена оборудования, руб. - $\sum Ц_{об}$;

Коэффициент загрузки оборудования - k_3 .

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле [24]:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60},$$

$$n_{об.расчетн} = \frac{9880 \cdot 225}{3705 \cdot 60} = 1,$$

$$n_{об.расчетн} = \frac{9880 \cdot 128,4}{3705 \cdot 60} = 0,57,$$

Программа выпуска изделий, шт. - $N_{пр}$;

Штучное время на изготовление одного изделия, мин. - $t_{шт}$;

Эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час - $\Phi_{эф}$.

Фонд времени работы сварочного оборудования может быть рассчитан по формуле:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) \cdot T_{см} \cdot S \cdot (1 - k_{р.н}),$$

$$\Phi_{\text{эф}} = (365 - 100 - 18) \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 0,06) = 3705 \quad ,$$

Количество календарных дней в году - D_K ;

Количество выходных дней в году - $D_{\text{вых}}$;

Количество праздничных дней в году - $D_{\text{пр}}$;

Продолжительность рабочей смены, час - $T_{\text{см}}$;

Количество рабочих смен - S ;

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

Сопутствующие капитальные вложения:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}}$$

$$K_{\text{соп}} = 3915 + 3915 + 90000 = 97830$$

$$K_{\text{соп}} = 5532 + 5532 + 45000 = 56064$$

Затраты на монтаж нового оборудования - $K_{\text{монт}}$;

Затраты на демонтаж старого оборудования - $K_{\text{дем}}$;

Затраты на производственные площади под новое оборудование - $K_{\text{площ}}$.

$$K_{\text{монт}} = 19576 \cdot 0,2 = 3915$$

$$K_{\text{монт}} = 27660 \cdot 0,2 = 5532$$

$k_{\text{монт}}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 19576 \cdot 0,2 = 3915$$

$$K_{\text{дем}} = 27660 \cdot 0,2 = 5532$$

$k_{\text{дем}}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование:

$$K_{\text{площ}} = 30 \cdot 1000 \cdot 3 \cdot 1 = 90000$$

$$K_{\text{площ}} = 30 \cdot 1000 \cdot 3 \cdot 0,5 = 45000$$

g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

4.2.2 Удельные капитальные вложения в оборудование

(капитальные вложения на одну единицу изделия)

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}}$$

$$K_{\text{уд}} = \frac{117406}{9880} = 11,8$$

$$K_{\text{уд}} = \frac{69894}{9880} = 7$$

4.2.3. Дополнительные капитальные вложения

Дополнительные капитальные вложения:

$$K_{\text{дон}} = K_{\text{проект}} - K_{\text{баз}}$$

$$K_{\text{дон}} = 69894 - 117406 = 47512$$

4.3 Расчёт себестоимости сравниваемых вариантов

3.1. Затраты на материалы.

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}}$$

$$ЗМ = 1478 + 1560 = 3038$$

$$ЗМ = 1478 + 961 = 2439$$

4.3.1. Затраты на основной материал

$$ЗМ_{\text{осн}} = H_{\text{м}} \cdot Ц_{\text{м}} \cdot k_{\text{т.з}}$$

$$ЗМ_{осн} = 30 \cdot 44 \cdot 1,12 = 1478$$

$$ЗМ_{осн} = 30 \cdot 44 \cdot 1,12 = 1478$$

Норма расхода основного материала на одно изделие, кг - H_M ;

Цена одного кг основного материала изделия, руб. - $Ц_M$;

Коэффициент транспортно-заготовительных расходов - $k_{т.з}$;

4.3.2. Затраты на вспомогательные (сварочные) материалы

а) участвующие в формировании шва и неразъемного соединения: плавящиеся электроды, сварочная проволока, присадки, припой, напыляемые материалы и т.п.

б) не участвующие в формировании шва: защитные газы, флюсы, неплавящиеся электроды и т.д.

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

$$ЗМ_{эл.(пр)} = 20 \cdot 78 = 1560$$

$$ЗМ_{эл.(пр)} = 18 \cdot 53,4 = 961$$

Норма расхода электродов, проволоки или припоя на одно изделие - $H_{эл.(пр)}$, кг;

Цена электродов, проволоки или припоя, руб. за 1кг - $Ц_{эл.(пр)}$

Таблица 10 - Коэффициент расхода сварочных материалов, (k_p)

Способ сварки	(k_p)
1. Ручная электродуговая сварка покрытыми электродами	1,7
2. Автоматическая сварка под флюсом и электрошлаковая	1,02
3. Автоматическая и полуавтоматическая в среде CO_2	1,15

4. Автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде инертных газов	1,05
5. Сварка в среде инертных газов неплавящимся электродом с присадкой:	
- ручная	1,1
- автоматическая	1,02

4.4 Затраты на технологическую энергию

1) Для РДС затраты на электроэнергию рассчитывают исходя из полезной мощности оборудования:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot C_{э-э}$$

$$Z_{э-э} = \frac{4375 \cdot 180}{0,85 \cdot 60} \cdot 1,6 = 492,5$$

Полезная мощность оборудования кВт - $P_{об} = I_{св} \times U_{д} = 175 \cdot 25 = 4375$ –;

Основное время работы сварочного оборудования - t_0 ;

Коэффициент полезного действия оборудования - η ;

Сила сварочного тока - $I_{св}$, А; Напряжение на дуге - $U_{д}$, В.

2) Для механизированной сварки (Источник питания ВДУ-506) затраты на электроэнергию рассчитывают исходя из полезной мощности оборудования:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot C_{э-э}$$

$$Z_{э-э} = \frac{30400 \cdot 2,1}{0,9 \cdot 60} \cdot 1,6 = 1362$$

$P_{об} = I_{св} \times U_{д} = 760 \cdot 40 = 30400$ – полезная мощность оборудования кВт;

4.5 Затраты на содержание и эксплуатацию стандартного и не стандартного оборудования, приспособлений, рабочего инструмента и производственных площадей

4.5.1. Затраты на содержание и эксплуатацию стандартного и нестандартного оборудования

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р},$$

$$З_{об} = 3,6 + 1,85 = 5,45,$$

$$З_{об} = 2,2 + 1,3 = 3,5,$$

Амортизационные отчисления на оборудование, руб.- $A_{об}$

Затраты на текущий ремонт оборудования, руб. - $P_{т.р}$

а) Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot На_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100},$$

$$A_{об.} = \frac{19576 \cdot 18 \cdot 225}{3705 \cdot 60 \cdot 100} = 3,6,$$

$$A_{об.} = \frac{27660 \cdot 18 \cdot 98}{3705 \cdot 60 \cdot 100} = 2,2,$$

Цена используемого сварочного оборудования, руб.;- $Ц_{об}$

Норма амортизационных отчислений на оборудование, % (см. таблицу 7) - $На_{об}$

Таблица 11 - Нормы амортизационных отчислений, (H_a)

Наименование оборудования и инструмента	Норма в процентах к балансовой стоимости
Инструменты	15

Станки и машины для механической обработки	15
Приспособления	12
Преобразователи и выпрямители на 1000 и более А, трансформаторы для автоматической и электрошлаковой сварки, аргонодуговые установки и автоматы для дуговой и электрошлаковой сварки	18
Машины для контактной сварки (точечные, стыковые, шовные) с номинальной мощностью:- до 50 кВА - более 50 кВА	20,4 19,5
Оборудование для плазменной резки	20
Печи термические (плазменные, дуговые, электронно-лучевые)	14
Установки для термической обработки сварных стыков	15,5
Самоходные сварочные установки	19
Средства для неразрушающих методов контроля	11,4
Производственные здания, сооружения	2

б) Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{m.p} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{m.p} \cdot k_3}{\Phi_{эф} \cdot 100},$$

$$P_{m.p} = \frac{19576 \cdot 35 \cdot 1}{3705 \cdot 100} = 1,85,$$

$$P_{m.p} = \frac{27660 \cdot 35 \cdot 0,5}{3705 \cdot 100} = 1,3,$$

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

4.5.2. Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$Z_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{пл}} \cdot Ha_{\text{пл}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot 60},$$

$$Z_{\text{пл}} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 225}{3705 \cdot 100 \cdot 60} = 0,6,$$

$$Z_{\text{пл}} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 128,4}{3705 \cdot 100 \cdot 60} = 0,34,$$

Цена 1м² производственной площади, руб. - $C_{\text{пл}}$

Норма амортизационных отчислений на здания, %; - $Ha_{\text{пл}}$

Площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м² - $S_{\text{пл}}$

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

Основная и дополнительная заработная плата.

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{\text{осн}} + ЗПЛ_{\text{доп}},$$

$$\Phi ЗП = 208 + 25 = 233,$$

$$\Phi ЗП = 142 + 17 = 159,$$

4.6.1. Основная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot k_{\text{зпл}},$$

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = 30 \cdot 3,8 \cdot 1,83 = 208,$$

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = 36,8 \cdot 2,1 \cdot 1,83 = 142,$$

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

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

$$k_{зпл} = k_{нр} \cdot k_{вн} \cdot k_y \cdot k_{нф} \cdot k_H = 1,83 \quad ,$$

Коэффициент премирования - $k_{нр} = 1,25$;

Коэффициент выполнения норм - $k_{вн} = 1,1$;

Коэффициент доплат за условия труда - $k_y = 1,1$;

Коэффициент доплат за профессиональное мастерство - $k_{нф} = 1,067$;

Коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены - $k_H = 1,133$.

4.6.2. Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{д}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad ,$$

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{12}{100} \cdot 208 = 25 \quad ,$$

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{12}{100} \cdot 142 = 17 \quad ,$$

Таблица 12 - Коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой ($k_{д}$), %

Условия труда	Число смен	($k_{д}$), %
		Для основных производственных рабочих
Холодные работы	1	8
	2	10

Горячие и тяжелые работы	1	10
	2	12
Вредные и особо тяжелые работы	1	14
	2	16

4.6.3. Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц} \cdot \PhiЗП}{100},$$

$$O_{с.н.} = \frac{30 \cdot 233}{100} = 70,$$

$$O_{с.н.} = \frac{30 \cdot 159}{100} = 48,$$

$H_{соц}$ – Норма отчислений на социальные нужды = 30%.

4.7. Технологическая себестоимость изделия

$$C_{тех} = 3M + 3_{п.ф} + 3_{э-э} + 3_{инстр} + 3_{площ} + \PhiЗП + O_{с.н.},$$

$$C_{тех} = 3038 + 1560 + 1362 + 5,45 + 0,6 + 233 + 70 = 6267,$$

$$C_{тех} = 2439 + 961 + 493 + 3,5 + 0,34 + 159 + 48 = 4104,$$

4.7.1 Цеховая себестоимость изделия

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех},$$

$$C_{цех} = 6267 + 520 = 6787,$$

$$C_{цех} = 4104 + 355 = 4459,$$

$P_{цех}$ – цеховые расходы, руб.

Цеховые расходы :

$$P_{цех} = k_{цех} \cdot ЗПЛ_{осн.}$$

$$P_{цех} = 2,5 \cdot 208 = 520$$

$$P_{цех} = 2,5 \cdot 142 = 355$$

$k_{цех}$ – коэффициент цеховых расходов = 2,5.

4.8 Заводская себестоимость изделия

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав},$$

$$C_{зав} = 6787 + 419 = 7206,$$

$$C_{зав} = 4459 + 286 = 4745,$$

$P_{зав}$ – заводские расходы, руб.

$$P_{зав} = k_{зав} \cdot ЗПЛ_{осн.},$$

$$P_{зав} = 1,8 \cdot 233 = 419,$$

$$P_{зав} = 1,8 \cdot 159 = 286,$$

$k_{зав}$ – коэффициент заводских расходов = 1,8.

4.9 Полная себестоимость изделия

$$C_{полн} = C_{зав} + P_{вн.},$$

$$C_{полн} = 7206 + 360 = 7566,$$

$$C_{полн} = 4745 + 227 = 4972,$$

$P_{вн.}$ – внепроизводственные расходы, руб.

$$P_{вн} = k_{вн} \cdot C_{зав},$$

$$P_{вн} = 0,05 \cdot 7206 = 360,$$

$$P_{вн} = 0,05 \cdot 4745 = 227,$$

$k_{вн}$ – коэффициент внепроизводственных расходов = 0,05.

Таблица 13 - Калькуляция себестоимости изделия

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
1. Материалы основные	3038	2439
2. Материалы вспомогательные	1560	961
3. Электроэнергия	1362	493
4. Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	5,45	3,5
5. Затраты на содержание занимаемой под оборудование площади	0,6	0,34
6. Основная заработная плата	208	142
7. Дополнительная заработная плата	25	17
8. Отчисления на социальное страхование	70	48
Технологическая себестоимость	6267	4101
Цеховая себестоимость	6787	4459
Заводская себестоимость	7206	4745
Потери от брака	419	286
Внепроизводственные расходы	360	227
Полная себестоимость	7166	4972

5 Расчёт экономической эффективности

5.1 Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{полн.}^{баз} - C_{полн.}^{проект} \right) \cdot N_{пр} ,$$

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (7166 - 4972) \cdot 9880 = 21676720$$

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{полн.}^{баз} \cdot \frac{Д_2}{Д_1} - C_{полн.}^{проект} \right) \cdot N_{пр} ,$$

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(7166 \cdot \frac{15}{14} - 4972 \right) \cdot 9880 = 26733868 ,$$

$Д_1$ и $Д_2$ – срок службы изделий соответственно по базовому и проектному вариантам.

Налог на прибыль рассчитываем по формуле:

$$Н_{пр} = Пр_{ож} \cdot k_{нал} ,$$

$$Н_{пр} = 26733868 \cdot 0,24 = 6416128 ,$$

$k_{нал}$ – коэффициент налогообложения на прибыль = 0,24.

Чистая прибыль:

$$Пр_{чист} = Пр_{ож} - Н_{пр} ,$$

$$Пр_{чист} = 26733868 - 6416128 = 20317740 ,$$

Годовой экономический эффект:

$$Э_2 = [(7166 + 0,33 \cdot 11,8) - (4972 + 0,33 \cdot 7)] \cdot 9880 = 21696480$$

$C_{полн.}^{баз}$ и $C_{полн.}^{проект}$ – полная себестоимость продукции т.е. до и после внедрения нового оборудования, руб.

E_H – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности $E_H = 0,33$

6 Расчёт повышения производительности труда

Повышение производительности труда при внедрении определенных организационно-технических мероприятий, повышающих технический уровень производства, может осуществляться за счет [25]:

- снижения трудоемкости выполняемых работ,
- уменьшения количества работающих при прежнем объеме выполняемых работ,
- уменьшения потерь рабочего времени за счет сокращения брака,
- увеличения объема производства при прежней численности работающих.

6.1 Снижение трудоёмкости изготовления изделия

Рассчитывается по формуле:

$$\Delta t_{ум} = \frac{225 - 128,4}{225} \cdot 100 = 42,9 \%$$

6.2 Повышение производительности труда

Рассчитываем повышения производительности труда:

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot 42,9}{100 - 42,9} = 73,6 \%$$

7 Безопасность и экология технического объекта

Деятельность человека, особенно профессиональная, связана с техническим оборудованием вызывающего различные степени появления обширных возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы как техногенные, профессиональные и экологические. В качестве профессиональных рассматриваются возможные риски травмирования человека (работника), а также получения профессиональных заболеваний, вызывающих снижение работоспособности, снижение производительности труда и нарушение его здоровья. Если рассмотреть техногенные возможные риски, то можно сказать об отказах оборудования, возникающих, в том числе и из-за неправильной эксплуатации оборудования, промышленных зданий и сооружений, а также возникновения пожаров, не стоит забывать об аварийных и чрезвычайных ситуациях. К экологическим рискам можно отнести образующиеся негативные факторы воздействия технического объекта на окружающую среду, включающие выбросы углекислого газа, и токсические или радиоактивные выбросы в атмосферу, образование загрязненных сточных вод, выделение опасных загрязняющих жидких, газообразных или твердых вещества и материалы, проявляющихся в виде отходов и брака производства, вынужденную выемку загрязненных грунтовых покрытий, нарушение и загрязнение растительного и почвенного покрова и т.д.

Если идентификация профессиональных рисков была произведена своевременно, были определены все степени возникновения производственно-технологического инцидента непосредственно на производстве и/или транспортировке продукции, и при эксплуатации уже произведенного технического объекта – требуют надлежащей оперативной разработки эффективных, технически обоснованных методов и технических средств снижения профессиональных рисков. Это, в конечном итоге, позволит предупредить негативные последствия возникновения рисков,

исключить возможные производственные травмы и профессиональные заболевания работников.

При выполнении бакалавром выпускной квалификационной работы актуальны также решения вопросов обеспечения экологической безопасности проектируемого технического объекта в процессе его дальнейшей эксплуатации. Это же относится и к экологически безопасному функционированию эксплуатируемого инженерно-технического и технологического оборудования, непосредственному осуществлению технологического процесса, исключения негативного воздействия на окружающую среду, так и техногенных факторов которые могут повлиять негативно на человека. Также на стадии проектирования следует рассматривать вопросы учета и возможного исключения или минимизации содержания в составе конструкционных материалов деталей узлов и систем технического устройства вредных и опасных веществ. Это, в конечном итоге, позволит вследствие не только обеспечивать безопасные условия производства и последующей эксплуатации технического объекта, но и проведение его безопасной утилизации по завершению им жизненного цикла.

В качестве безопасного и экологичного технического объекта следует рассматривать заданные в наименовании квалификационной работы бакалавра разрабатываемые им объекты техники (технические устройства), используемое технологическое и инженерно-техническое оборудование, производственно-технологические процессы, строительные здания, инженерные сооружения, энергетические установки, транспортные средства, электрические аппараты и т.д.

Таблица 14 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Сборка	Установка листа на основание, установка свариваемой части	Сварщик	Кран, штангенциркуль, сварочная проволока	Перчатки, ветошь, спецодежда
2	Сварка	Установка режима сварки, выполнение процесса сварки	Сварщик	Сварочная проволока, источник питания, защитный газ CO ₂	Перчатки, сварочная маска, спецодежда
3	Контроль качества	Осмотр швов и ОШЗ	Контролёр	Лупа с x700 увеличением	Специальная экипировка, перчатки, ветошь

Таблица 15 – Идентификация профессиональных рисков

№п/п	Производственно-технологическая и эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
1	Сборка	Повышенная запыленность рабочей зоны, острые кромки, заусенцы, шероховатость на заготовках	Большие габариты конструкции
2	Сварка	Повышенная температура при сварке, яркий свет, габариты конструкции	Сварочная дуга, высокая температура нагретого металла, пары защитного газа CO ₂
3	Контроль качества	Высокая температура шва и ОШЗ	Высокая температура шва и ОШЗ

Таблица 16 - Организационно-технические методы и технические средства устранения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов на предприятии(как уже реализованных в базовом исходном состоянии, так и дополнительно или альтернативно предлагаемых бакалаврской работе)

№ п/п	Опасный и вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Запыленность рабочей зоны	Еженедельная уборка помещения	Защитные очки, перчатки
2	Острые кромки, шероховатости на поверхностях кромок, газы	Зачистка кромок и поверхности образцов, проверка газовых баллонов	Защитные очки, перчатки
3	Повышенная температура материала	Безопасная дистанция между сварщиком и рабочей зоны	Экипировка, перчатки
4	Яркость света	Наличие защитной экипировки	Сварочная маска

Таблица 17 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Сварочный пост	Сварочная горелка	В	Тепловой поток, пламя искры	Образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты
2	Сварочный пост	Источник питания	Е	Тепловой поток, пламя и искры	Вынос высокого электрического напряжения на токопроводящей части установки, оборудование

Таблица 18 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Вода земля песок	Пожарная машина огнетушитель	Пожарный кран	Система передачи извещения о пожаре Пожарный извещатель	Огнетушитель	Противогаз	Лом пожарный топор лопата	Система оповещения о пожаре Пожарная сигнализация

Таблица 19 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	Ознакомление сварщика с “Инструкцией о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ на предприятии”	Знания сварщика всех правил пожарной безопасности
	Обеспечение первичных средств пожаротушения	Проверка наличия на объекте первичных средств пожаротушения

Таблица 20 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технология сварки	Механизованная ВДУ – 506 CO ₂	Пыль	Вода не используется	Почва не загрязняется, использованные образцы сдаются на металлолом

Таблица 21 – Разработанные организационно – технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Опора мельницы
Мероприятие по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Вентиляция
Мероприятие по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Вода не используется
Мероприятие по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Отходы отправляются на переплавку

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» были приведены характеристики всего технологического процесса, перечислены технологические операции, используемое производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные вещества и материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 14).

Проведена идентификация возникающих профессиональных рисков по осуществляемому производственно-технологическому процессу сварки, выполняемым технологические операции, виды производимых основных и вспомогательных работ. В качестве вредных и опасных производственно-технологических факторов идентифицированы следующие: габариты конструкции, высокая температура металла.

Были разработаны организационно-технические мероприятия, включающие используемые в выпускной квалификационной работе

технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно: еженедельная уборка помещения, зачистка кромок и поверхности образцов, проверка газовых баллонов. Подборка конкретных средств защиты для работников производства (таблица 16).

Были разработаны специальные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического производства. Была проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара, и разработка новых средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности на производстве (таблица17). Были разработаны средства, по обеспечению мер и методов пожарной безопасности (таблица18). Были разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом производстве (таблица 19). Идентифицированы экологические факторы (таблица20) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица21).

Были повышены требования к знаниям и применению техники безопасности работающего персонала на производстве. Рассмотрены все виды безопасности и экологичности технологического предприятия.

Заключение

В бакалаврской выпускной работе был проведён анализ учебных планов для бакалавров, специалистов и магистров. Были выявлены дисциплины, в которых присутствуют темы по механизированной сварки, и сварки тавровых соединений.

Так же проведён анализ оборудования которое присутствует на заводе «ТяжМаш» и анализ проволоки диаметром 1,6 мм для механизированной сварки.

В работе рассматривались возможные способы сварки опоры мельницы из стали 09Г2С. Технологический процесс остался прежним так как предложенная величина проволоки не влияет на него, и на конструкцию. Создание дополнительных конструкции для опоры мельницы отсутствует.

Экономический расчет показал что дополнительные затраты будут произведены только на замещение базовой проволоки на предложенный вариант. Тем самым можно будет избежать лишних затрат на оборудование.

Был разработан план по безопасности жизнедеятельности. Разработаны новые требования и мероприятия.

Список используемой литературы

1. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки / В.С. Виноградов // М. : Высшая школа; Изд. центр «Академия», 1997. – С 319.
2. Глизматенко Д.Л. Сварка и резка металлов / Д.Л. Глизматенко // М.: Высшая школа, 1976. С 448.
3. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. М.: Изд-во стандартов, 1976. С 80.
4. Короткова Г.М. Технологические возможности источников питания для дуговой сварки ОАО «Электромеханика»/ Г.М Короткова // Сб. трудов, посвященный 75-летию ОАО «Электромеханика». – Ржев, 2014.-с. 69 - С 71.
5. Короткова Г.М., Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов / Г.М. Короткова // монография. – Тольятти : ТГУ, 2009 - С 331.
6. Ленивкин В.А. Технологические свойства дуги в защитных газах /В.А. Ленивкин, Н.Г. Дюгеров, Х.Н. Сагиров // монография – М. : НАКС, 2011. - С 367.
7. ГОСТ 26-3 – 87. Сварка в химическом машиностроении. Основные положения. М.: Госстандарт, 1987. С 63.
8. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. // – М. : Машиностроение, 1974. – С 239.
9. Рябов А.О. Регистрация электрических параметров при дуговой сварке / А.О. Рябов, Г.М. Короткова // Студенческие дни науки в ТГУ, Ч.1: Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013 – 73 - С 77.

10. Сато К. Современные источники питания для дуговой сварки с низким разбрызгиванием / К. Сато // Технология сварки, 2008. - №2 – 60 - С 65.

11. Семистенов Д.А., Короткова Г.М. Исследование эксплуатационных характеристик инвертора «Форсаж-302» при механизированной сварке / Д.А. Семистенов, Г.М. Короткова // Сварочное производство, 2012 - 42 - С 45.

12. Чванов А.В. Способы уменьшения разбрызгивания присадочной проволоки при сварке плавящимся электродом / А.В. Чванов, Г.М. Короткова // Студенческие дни науки в ТГУ: Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014 – 39 - С 42.

13. Чванов А.В. Оценка сварочных свойств источников питания для сварки плавящимся электродом в со₂. / А.В. Чванов, Н.И. Щелкова, Д.А. Семистенов, Г.М. Короткова // Студенческие дни науки в ТГУ: Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015 – 33 – С 36.

14. Шейко П.П. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с автоматической стабилизацией параметров режимов / П.П. Шейко, А.М. Жерносеков, Ю.О. Шимановский // Автоматическая сварка, 2004.8 – С 11.

15. Семистенов Д.А. Исследование эксплуатационных характеристик инвертора «Форсаж-302» при механизированной сварке / Д.А. Семистенов, Г.М. Короткова // Сварочное производство, 2012. 42 - С 45.

16. Чванов А.В. Способы уменьшения разбрызгивания присадочной проволоки при сварке плавящимся электродом / А.В. Чванов, Г.М. Короткова // Студенческие дни науки в ТГУ: Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014 – 39 - С 42.

17. Чванов А.В., Оценка сварочных свойств источников питания для сварки плавящимся электродом в со₂. / А.В. Чванов, Н.И. Щелкова, Д.А. Семистенов, Г.М. Короткова // Студенческие дни науки в ТГУ: Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015, 33 – С 36.

18. Короткова Г.М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов // монография. – Тольятти : ТГУ, 2009 – С 331.

19.Ленивкин В.А. Технологические свойства дуги в защитных газах / В.А. Ленивкин, Н.Г.Дюргерова, Х.Н Сагиров: НАКС, 2011 - С 367.

20. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М. : Машиностроение, 1974 – С 239.

21.Рябов А.О, Регистрация электрических параметров при дуговой сварке / А. О. Рябов, Г. М. Короткова //Студенческие дни науки в ТГУ, Ч.1: Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013 – С 73- С 77.

22. Малкин, В.С. Методические указания по дипломному проектированию: для студентов специальности 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство» [Текст] / В.С. Малкин, В.Е. Епишкин, Тол.гос. ун-т. – Тольятти. : ТГУ, 2008 - С 59.

23. Горина, Л.Н. Итоговая государственная аттестация специалиста по направлению подготовки 280100 «Безопасность жизнедеятельности» специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств» [Текст] / Л.Н. Горина, В.А. Девисилов, Тол.гос. ун-т. – Тольятти. : ТГУ, 2007 – С 111.

24. Козлов, А.А. Проектирование механических цехов: учебно-метод. пособие по дисциплине «Проектирование машиностроительных предприятий» [Текст] / А.А. Козлов, Тол.гос. ун-т. – Тольятти. : изд-во ТГУ, 2008 – С 48.

25. Малышев В.И. Проектирование технологии изготовления режущего инструмента: учебно-методич. Пособие по выполнению курсового проекта [Текст] / В.И. Малышев. - Тольятти. : ТГУ, 2010 - С 99.

26. Needham G.C. Plus controlled welding arcs / G.C. Needham // British Welding J. 65, N4. – P. 191 – 197.

27. Farson D. Metal Arc Initiation in Gas Metal Arc welding. / D. Farson, C. Conrardy, J. Talkington // Welding Journal. 1988 № 8. – P. 315 – 321.

28. Lesnevich A. Control of melting rate and metal transfer in gas shielded metal- arc welding. Part 2. Control of melting transfer // Welding Journal. 1958, Vol. 37 . – No. 9 . – P. 418 – 425.

29. Soderstrom E. J. Metal Transfer during GMAW with thin Electrodes and Ar – CO₂, Shielding Gas Mixture / E. J. Sorestrom, P. F. Mendez // Welding Journal. 2008. № 5. – P. 124 – 133.

30. Essers W.G Some aspects of the penetration mechanism in metal / W. G. Essers // Welding Journal. 2008. № 4. – P. 56 – 64.