

Реферат

Выпускная квалификационная работа 87 с., 11 рис., 42 табл., 39 источников, 9 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: лестничный марш, ручная дуговая сварка покрытыми электродами, сварка в среде защитных газов.

Цель работы - разработать технологию изготовления лестничного марша.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было разработано унифицированное сварочное приспособление, позволяющее собирать узлы любой сложности и конфигурации.

Выбран более производительный способ сварки, подобраны сварочные материалы, посчитаны режимы сварки, выбрано сварочное оборудование. Проведена оптимизация технологических операций процессов сборки и сварки.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе “КОМПАС-3D V16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work 87 p., 11 Fig., 42 Tab., 39 Sources 9 sheets demonstration material (slides).

Keywords: flight of stairs, manual arc welding with coated electrodes, welding in shielding gases.

Purpose - to develop a technology for the manufacture of staircases.

In the course of the final qualifying work was to develop a standardized welding tool allows collecting sites of any complexity and configuration. Selected welding method chosen welding consumables, welding counted modes, selected welding equipment.

Final qualifying work of the engineer made in Microsoft Word processor 2016 and the graphic editor "KOMPAS-3D V16" and presented in CD-RW drive (in an envelope on the back cover).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	10
1 Описание сварной конструкции	12
1.1 Материал сварной конструкции	14
1.2 Технологическая свариваемость материала.....	15
2 Анализ существующих способов сварки.....	17
2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.....	17
2.2 Сварка в среде защитных газов	18
3 Выбор сварочных материалов	22
3.1 Для ручной дуговой сварки.....	22
3.2 Для механизированной сварки в защитном газе (CO ₂).....	24
4 Технология изготовления сварной конструкции	25
4.1 Расчет режимов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами ...	25
4.2 Для сварки в среде углекислого газа плавящимся электродом.....	29
5 Выбор источника питания.....	37
5.1 Выбор источников питания дуги для ручной дуговой сварки покрытым электродом	37
5.2 Выбор источников питания дуги для механизированной сварки в среде углекислого газа плавящимся электродом	38
6 Технология изготовления изделия	41
6.1 Заготовительные операции.....	41
6.2 Общие требования к сборке и сварки	42
6.3 Разработка технологии сварки ступени лестничного марша	43
6.4 Разработка технологии сварки лестничного марша	44
6.5 Технический контроль качества и исправление брака.....	45
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 48	
7.1 Исходные данные для проведения сравнительного анализа	48
7.2 Достоинства и недостатки сравниваемых процессов производства.....	49
7.3 Сварочные материалы	50

7.4 Режимы сварки	50
7.5 Обоснование выбора оборудования и приспособлений	51
7.6 Определение норм времени на сварку	51
7.7 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	56
7.8 Экономическая оценка эффективности инвестиций	61
8 Социальная ответственность	67
8.1 Производственная безопасность.....	67
8.1.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	67
8.1.2 Освещение.....	68
8.1.3 Шумы и вибрации	69
8.1.4 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция.....	70
8.1.5 Электробезопасность	71
8.1.6 Расчет защитного заземления	74
8.1.7 Пожарная безопасность	77
8.2 Экологическая безопасность.....	78
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	81
Заключение	84
Список используемых источников.....	85

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА. 601820.007 Презентация.

Файл Презентация Гаан.ppt в формате PowerPoint 2016

ФЮРА. 601820.007 Пояснительная записка.

Файл Диплом Гаан. docx в формате Word 2016

Графический материал:

Титульный лист.

демонстрационный
лист

Введение.

демонстрационный

	лист
Общий вид изделий.	демонстрационный
	лист
Материал конструкции, сварочные материалы.	демонстрационный
	лист
Режимы сварки и оборудование.	демонстрационный
	лист
Приспособление для сборки и сварки ступени.	демонстрационный
	лист
Приспособление для сборки и сварки лестничного марша.	демонстрационный
	лист
Сравнительная оценка способов сварки.	демонстрационный
	лист
Выводы.	демонстрационный
	лист

Введение

На современных предприятиях, в промышленных цехах заводов и фабрик достаточно часто используются металлические лестницы. Поскольку производственные здания являются зонами повышенной опасности, ко всем лестничным конструкциям предъявляются повышенные требования по ГОСТ 23118-2012 во время изготовления отдельных элементов, монтажа и эксплуатации [1].

Независимо от типа и места расположения все объекты, которые используются на производстве, должны соответствовать следующим нормам:

- конструкции, которые используются для перемещения работников между этажами зданий, должны отвечать нормам для гражданских зданий и сооружений;

- численность лестничных сооружений и ширина их маршей зависит от количества людей, занятых на производстве. Расчет параметров проводят, исходя из норматива 0,6 м на каждые 100 человек;

- все лестничные марши и площадки должны быть снабжены оградами, поручнями и перилами согласно нормативным документам;

- а этапе проектирования учитываются все возможные нагрузки и габариты перемещаемых грузов для монтажа конструкций с запасом прочности;

- элементы объектов перемещения изготавливаются с учетом условий их будущей эксплуатации (устойчивость к химической или биологической коррозии, повышенной температуре, высокой влажности воздуха и т.д.);

- лестницы и площадки промышленных зданий не должны состоять из элементов, содержащих острые углы, кромки в местах стыков, незачищенные срезы и выступы, которые могут привести к травмированию.

Задача заключается в том, чтобы собрать лестничную конструкцию из металлопроката (швеллер, уголок, лист), а также уменьшить себестоимость

изготовления лестничного марша за счет внедрения более производительного способа сварки и приспособления для сборки.

Цель работы - разработать технологию изготовления лестничного марша.

Для решения поставленной задачи необходимо:

- выбрать материал конструкции;
- подобрать сварочные материалы;
- рассчитать режимы сварки;
- выбрать сварочное оборудование;
- разработать технологию сборки и сварки;
- выбрать приспособление для сборки и сварки;
- рассчитать технико-экономические показатели.

1 Описание сварной конструкции

Назначение лестничных маршей — обеспечение перемещения штатного персонала между этажами в промышленных комплексах и производственных помещениях. По типу расположения данные конструкции делятся на встроенные и вынесенные за пределы сооружения.

Поскольку в чрезвычайных ситуациях основные лестницы могут быть использованы для эвакуации работников, они должны соответствовать всем требованиям к аварийным сооружениям.

Лестничные конструкции служебного назначения

Объекты служебного назначения монтируют с целью обеспечения свободного доступа к рабочему месту или оборудованию. Изготавливают их из металла (швеллера или уголка). В зависимости от места монтажа, стационарные изделия крепят к полу или стенам здания.

Марши могут иметь ширину от 0,6 м до 1 м, устанавливаются с наклоном 60 градусов.

Для обслуживания оборудования используются также передвижные модели: различные типы стремянок и обычные прямые лестницы. Изготовление всех приставных и передвижных изделий регламентируется требованиями ГОСТ 26887-86 [2]. Для контроля их состояния проводятся регулярные проверки и испытания. Самовольное внесение изменений в конструкцию запрещено.

Металлические лестницы промышленные служебного назначения достаточно часто применяются для перемещения груза, различных деталей, материалов, инструментов. В связи с этим данные объекты в обязательном порядке должны быть оборудованы необходимыми ограждениями, отличаться повышенной прочностью, обеспечивать безопасное и удобное перемещение.

Пожарные промышленные лестничные сооружения

Все здания, высота которых превышает 10 м должны быть оборудованы металлическими пожарными лестницами. Их предназначение —

обеспечить свободный доступ спасателям или пожарным в аварийное помещение, осуществить доставку необходимого оборудования для ликвидации последствий аварии, пожара или техногенной катастрофы.

Монтируют конструкцию из металла снаружи здания на глухом участке стены. Ширина марша зависит от высоты здания (для сооружений до 30 м допускается ширина марша 0,6 м, свыше 30 м – 0,7 м). Промежуточные площадки располагают через каждые 8 метров.

В зданиях, имеющих большую площадь, пожарные лестницы располагают через каждые 200 м периметра. К стене металлическую конструкцию крепят при помощи стальных анкеров.

Каждые пять лет специальными сертифицированными организациями проводится обязательная проверка пожарной лестницы, по результатам которой изделие получает допуск на дальнейшую эксплуатацию.

Аварийные промышленные лестницы

В зданиях промышленного назначения, состоящих из двух и более этажей, аварийные лестницы монтируют для эвакуации рабочих и персонала во время чрезвычайных ситуаций. Марши располагаются снаружи, а площадки сообщаются с помещением в местах аварийных выходов или через балконы. По нормам ширина марша должна составлять 0,7 м, его уклон – 45 градусов, а высота поручней – 0,8 м. Для изготовления данных объектов используется сталь. Устойчивость сооружения обеспечивается балками или колоннами. К зданию лестницу крепят при помощи анкеров или кронштейнов.

Конструкция лестницы служебного назначения она представляет собой лестничный марш который состоит из направляющих швеллеров и ступеней. Общий вид лестничного марша показан на рисунке 1.

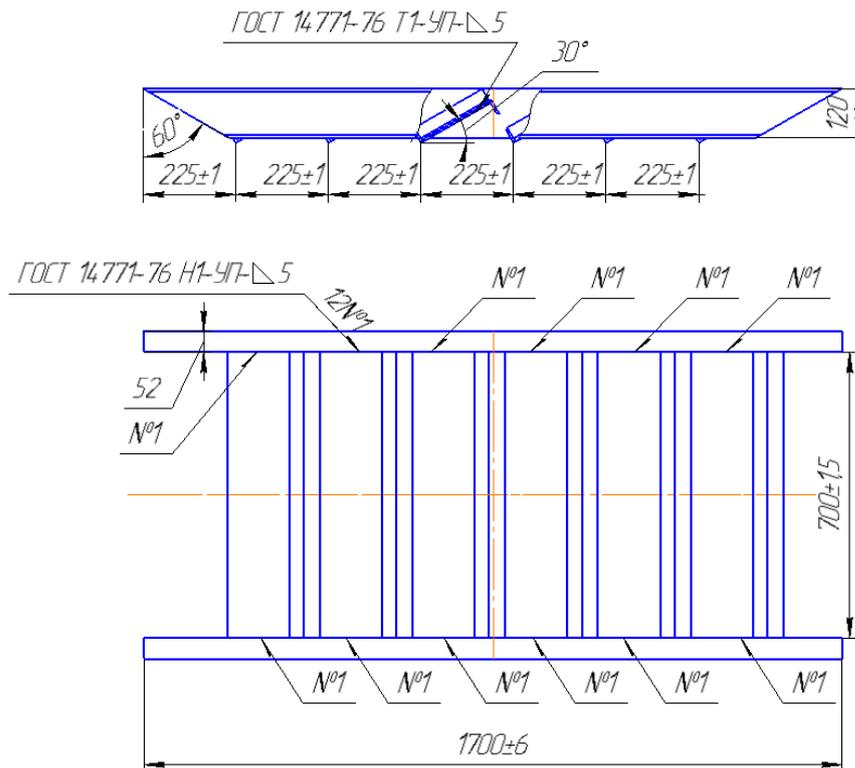


Рисунок 1 - Общий вид лестничного марша ФЮРА.601820.007 СБ
Общий вид ступени показан на рисунке 2.

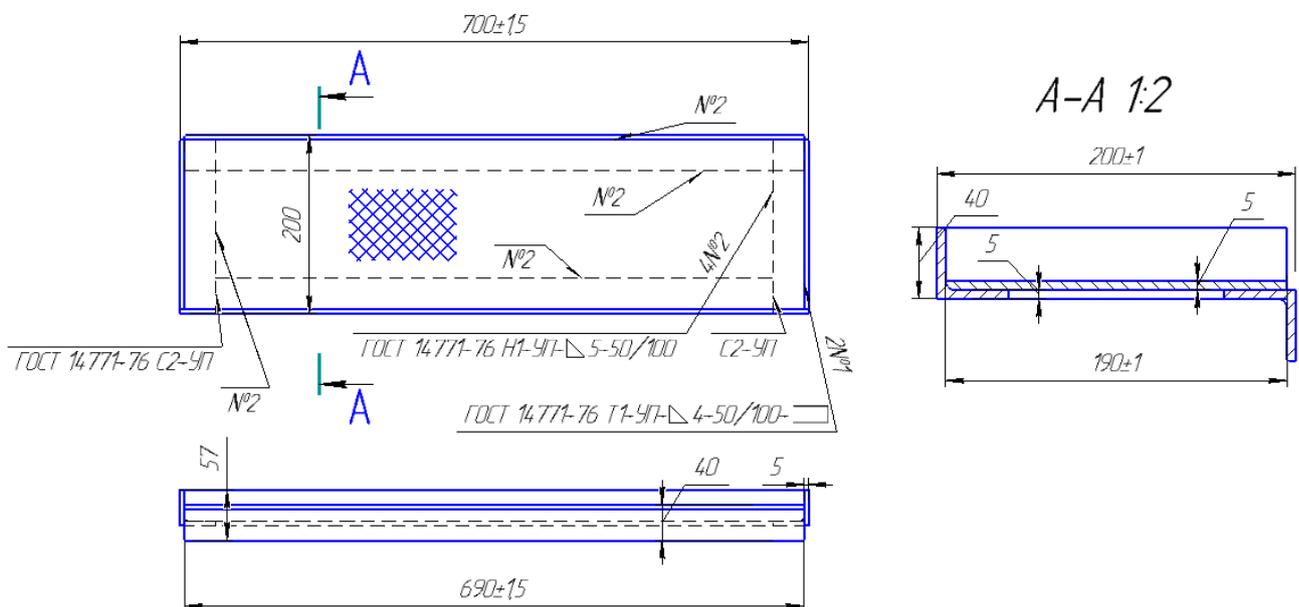


Рисунок 2 - Общий вид ступени лестничного марша ФЮРА.601820.007 ВО

1.1 Материал сварной конструкции

Ст3сп – это низкоуглеродистая сталь обыкновенного качества, поставляемая по ГОСТ 380-71 [10]. Сталь обыкновенного качества

поставляется без термообработки в горячекатаном состоянии. Изготовленные из нее конструкции обычно не подвергаются последующей термообработке [3].

Механические свойства и химический состав стали СтЗсп представлены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Механические свойства стали СтЗсп при температуре T=20 С°

Временное сопротивление $\sigma_{в}$, МПа	Предел текучести $\sigma_{т}$, (МПа) для толщин до 20 мм	Относительное удлинение δ_5 (%), для толщин до 20 мм
380-490	250	26

Таблица 2 – Химический состав стали СтЗсп

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	S	P
0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	до 0,3	до 0,3	до 0,3	до 0,05	до 0,04

Общие технологические свойства:

- Свариваемость – без ограничений.
- Склонность к отпускной способности – не склонна.
- Флокочувствительность – не чувствительна.

1.2 Технологическая свариваемость материала

Свариваемость низкоуглеродистых сталей оценивается как без ограничений.

Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода [16, с.141] для нахождения необходимого подогрева:

$$\Sigma C_s = C_s + C_p, \quad (1)$$

где C_s - химический эквивалент углерода, C_p - размерный эквивалент углерода.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле:

$$C_s = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (2)$$

где C, Mn, Cr, V, Mo, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

$$C_s = 0,18 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,04}{2} = 0,38 ,$$

Определим размерный эквивалент углерода:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_s, \quad (3)$$

где δ – толщина свариваемой стали, мм.

$$C_p = 0,005 \cdot 5 \cdot 0,38 = 0,001 ,$$

Находим полный эквивалент углерода по формуле (1):

$$\Sigma C_s = 0,38 + 0,001 = 0,381 .$$

Полный эквивалент углерода $C_s \leq 0,45$, следовательно, подогрев не требуется.

2 Анализ существующих способов сварки

2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Ручная дуговая сварка – это сварка покрытым металлическим электродом. Является наиболее старой и универсальной технологией дуговой сварки.

Общепринятые обозначения

РДС – ручная дуговая сварка (преимущественно в советской литературе);

MMA – Manual Metal Arc (Welding) – ручная металлическая дуговая сварка;

SMAW – Shielded Metal Arc Welding – металлическая дуговая сварка в защитной атмосфере;

E – международный символ ручной дуговой сварки.

Технология ручной дуговой сварки

Для образования и поддержания электрической дуги к электроду и свариваемому изделию от источника питания подводится сварочный ток (переменный или постоянный).

Если положительный полюс источника питания (анод) присоединен к изделию, говорят, что ручная дуговая сварка производится на прямой полярности. Если на изделии отрицательный полюс, то полярность обратная. Под действием дуги расплавляются металлический стержень электрода (электродный металл), его покрытие и металл изделия (основной металл). Электродный металл в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну, где смешивается с основным металлом, а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

Размеры сварочной ванны зависят от режимов и пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия, конструкции сварного соединения, формы и размера разделки свариваемых кромок и т.д. Они обычно находятся в следующих пределах: глубина до 6 мм, ширина 8–15 мм, длина 10–30 мм.

Длина дуги – расстояние от активного пятна на поверхности сварочной ванны до другого активного пятна на расплавленной поверхности электрода. В результате плавления покрытия электрода вокруг дуги и над сварочной ванной образуется газовая атмосфера, оттесняющая воздух из зоны сварки для предотвращения его взаимодействия с расплавленным металлом. В газовой атмосфере также присутствуют пары легирующих элементов, основного и электродного металлов.

Шлак, покрывая капли расплавленного электродного металла и поверхность сварочной ванны, препятствует их взаимодействию с воздухом, а также способствует очищению расплавленного металла от примесей.

По мере удаления дуги металл сварочной ванны кристаллизуется с образованием шва, соединяющего свариваемые детали. На поверхности шва образуется слой затвердевшего шлака.

Преимущества ручной дуговой сварки:

- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- сравнительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;
- простота и транспортабельность сварочного оборудования.

Недостатки ручной дуговой сварки:

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;
- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;
- вредные условия процесса сварки.

2.2 Сварка в среде защитных газов

При сварке и наплавке в среде защитных газов в зону горения дуги под небольшим давлением подается газ, который вытесняет воздух из этой зоны и защищает сварочную ванну от кислорода и азота воздуха.

В зависимости от применяемого газа сварка разделяется на сварку в активных (CO_2 , H_2 , O_2 , и др.) и инертных (He , Ar , $\text{Ar}+\text{He}$ и др.) газах. Сварку (наплавку) можно осуществлять как плавящимся, так и неплавящимся электродами.

Наибольшее распространение получила сварка в среде углекислого газа (CO_2) – сварка плавящимся электродом (проволокой) с защитой сварочной ванны от воздуха углекислым газом. Такой способ является самым дешевым при сварке углеродистых и низколегированных сталей. Поэтому по объему производства он занимает одно из первых мест среди механизированных способов сварки плавлением.

При сварке (наплавке) в среде углекислого газа (рисунок 3) из сопла горелки 2, охватывающей и поступающую в зону горения дуги электродную проволоку 4, вытекает струя защитного газа 6, оттесняет воздух из сварочной ванны.

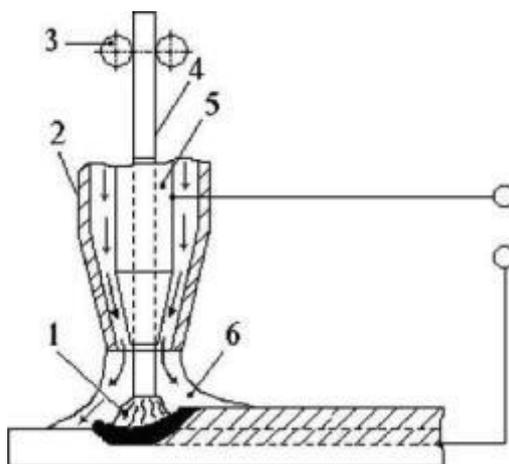


Рисунок 3 - Дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом: 1 – электрическая дуга; 2 – газовое сопло; 3 – подающие ролики; 4 – электродная проволока; 5 – токоподводящий мундштук; 6 – защитный газ

В процессе сварки углекислый газ под действием высоких температур диссоциирует:



В этом случае обеспечивается практически полная защита расплавленного металла от азота воздуха, но сохраняется почти такой же

окислительный характер газовой смеси, каким он был бы при сварке голой проволокой без защиты от атмосферы воздуха.

Следовательно, при сварке и наплавке в среде CO_2 необходимо предусматривать меры по раскислению наплавляемого металла.

Эта задача решается использованием сварочных проволок диаметром 0,8–2 мм, в состав которых входят элементы раскислители. Чаще всего это кремний (0,6–1,0%) и марганец (1–2%). При наличии таких компонентов раскисление окислов железа происходит по реакциям $2 \text{FeO} + \text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{Fe}$ и $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{MnO} + \text{Fe}$.

Образующиеся в процессе раскисления окислы кремния и марганца всплывают на поверхность сварочной ванны и после кристаллизации металла удаляются механическим способом.

Наибольшее распространение при сварке в среде CO_2 нашли электродные проволоки Св-08ГС, Св-10ГС, Св-08Г2С, Св-18ХГС и др.

Кроме проволок сплошного сечения, часто используются порошковые проволоки типа ПП-АН4, ПП-АН5, ПП-АН8, ПП-3Х2В8Т и др.

Если в сварочной проволоке нет достаточного количества раскислителей, то сварка сопровождается большим разбрызгиванием металла, наличием в нем пор после кристаллизации, большой вероятностью образования трещин в наплавленном слое. Сварка в среде CO_2 имеет целый ряд преимуществ: минимальную зону структурных изменений металла при высокой степени концентрации дуги и плотности тока; большую степень защиты сварочной ванны от воздействия внешней среды; существенную производительность; возможность наблюдения за формированием шва; возможность сваривать металл различной толщины (от десятых долей до десятков миллиметров), производить сварку в различных пространственных положениях, механизировать, автоматизировать технологический процесс.

Однако при выборе данного способа сварки и необходимо иметь ввиду и его недостатки:

- сильное разбрызгивание металла при токе больше 500 А, что требует постоянной защиты и очистки сопла горелки; интенсивное излучение открытой мощной дуги, требующее защиты сварщика;
- осуществление сварки практически только на постоянном токе;
- наличие специальной проволоки.
- необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги;
- возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла;
- наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок.

3 Выбор сварочных материалов

3.1 Для ручной дуговой сварки

Для сварки конструкций из стали СтЗсп с пределом прочности до 500 МПа применяются электроды типа Э46 и Э46А [16].

Так как на предприятии ООО «Компания Рамтом» используются сварочные электроды ОК 46.00, то будем рассматривать их в качестве основных для сварки лестничных маршей в соответствии ГОСТ 23120-78 [21].

Сварочные электроды ОК 46.00 предназначены для ручной дуговой сварки углеродистых сталей, на переменном и постоянном токе любой полярности. Сварка производится во всех пространственных положениях.

Электроды для сварки ОК 46.00 являются электродами с рутиловым покрытием. В основе покрытия используется рутиловый концентрат, состоящий из двуокиси титана. Рутиловое покрытие обеспечивает стабильное и мощное горение дуги, малые потери металла на разбрызгивание, легкую отделимость шлаковой корки, отличное формирование шва.

Преимущества электродов для сварки ОК 46.00

Благодаря уникальной рецептуре, строгого контроля качества, высокотехнологического процесса производства электроды для сварки ОК 46.00 характеризуются:

- легким повторным зажиганием дуги;
- пониженной температурой в области сварки, что обеспечивает отличную свариваемость: не допускает образование горячих трещин, перегрева в зоне сварки, вскипания ванны и разбрызгивания;
- хорошей отделимостью шлаковой корки;
- отличным товарным видом швов;
- экономичностью в работе.

Электроды ОК 46.00 применяются в случаях, когда необходимо обеспечить качественное сварное соединение конструкций из углеродистой стали.

Применение сварочных электродов ОК 46.00

Сварочные электроды ОК 46.00 используются по всему миру, во всех отраслях. Электроды ОК 46.00 позволяют повысить скорость выполнения крупномасштабных сварочных работ за счет стабильно высокого качества. Любое пространственное положение сварки и легкий повторный поджиг, позволяет выполнять сварочные работы в ограниченных или стесненных условиях.

Таблица 3 - Химический состав металла сварного шва, наплавленного электродом ОК 46.00

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %
0,08	0,3	0,4	0,02	0,01

Таблица 4 - Механические свойства металла сварного шва, наплавленного электродом ОК 46.00

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см ²
400	510	28	-200 С ⁰

Условия проковки: 80 °С в течение 1 часа.

Таблица 5 – Характеристики электродов ОК 46.00

Тип покрытого электрода по покрытию	С рутиловым покрытием
Тип покрытого электрода по положениям сварки в пространстве	Во всех пространственных положениях
Вес упаковки, кг	5,3
Коэффициент наплавки, г/А·ч	8,5
Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм), кг/ч	1,4
Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	1,7

3.2 Для механизированной сварки в защитном газе (CO₂)

Основной особенностью полуавтоматической сварки в углекислом газе является использование электродных проволок с повышенным содержанием элементов раскислителей, компенсирующих их выгорание в зоне сварки (таких как Mn и Cr). Согласно рекомендации [3, с.107], чаще всего для сварки низкоуглеродистых сталей используют проволоки Св-08Г2, Св-08ГС и Св-08Г2С. Выбираем сварочную проволоку Св-08ГС, т.к. в ней оптимальное соотношение кремния и марганца, а также из экономических соображений.

Химический состав проволоки Св-08ГС и механические свойства металла шва, представлены в таблице 6 и таблице 7 соответственно.

Таблица 6 - Химический состав сварочной проволоки Св-08ГС по ГОСТ 2246-70 [11]

C,%	Cr,%	Si,%	Mn,%	Ni,%	S,%	P,%
Не более 0,1	0,2	0,6-0,85	1,4-1,7	0,25	0,025	0,03

Таблица 7 – Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08ГС

Марка	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %
Св-08ГС	300	500	22	50

Принимаем в качестве защитного газа углекислый газ (CO₂), так как это самый распространенный и дешевый газ. Помимо углекислого газа (в редких случаях), в качестве защитной среды, могут применяться инертные (гелий, аргон) и активные газы (водород, кислород, углекислый газ), а также смеси газов, такие как Ar+CO₂ (25%), Ar+CO₂(25%)+O₂ (5%) и др

Углекислый газ (двуокись углерода) – не ядовит, бесцветен, имеет едва ощутимый запах. Углекислый газ хорошо растворяется в воде. Жидкая углекислота - бесцветная жидкость. При нормальных условиях (0 °С и 760 мм рт. ст.) при испарении 1 кг жидкой углекислоты образуется 509 л газа. Растворимость воды в углекислоте невелика, не более 0,05%. Производится углекислый газ и в твердом виде, так называемый сухой лед. Принимаем для сварки в защитных газах углекислый газ высшего сорта.

Таблица 8 – Состав углекислого газа (сорт высший) ГОСТ 8050-85 [4]

Газ	CO ₂ , %	углеводороды, %	водяных паров, %
CO ₂	99,8	-	0,037

4 Технология изготовления сварной конструкции

4.1 Расчет режимов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества.

При дуговой сварке покрытыми электродами основными параметрами режима сварки являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока и др.

Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно ГОСТ 5264-80 [12]. Конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Рассчитаем основные типы соединений используемых в данном изделии, а именно стыковое и тавровое соединения.

Таблица 9 - Конструктивные элементы сварного соединения по С2 ГОСТ 5264-80 [12]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		e		g		b	
	Подготовка кромок	Шва сварного соединения	Номин мм. не более	Номин мм.	Предел откл. мм.	Номин	Пред. откл.	
C2			8	2	± 1	2	+1 -0,5	

Толщина свариваемого металла (S) 5 мм.

Определяем площадь наплавленного металла по следующей формуле:

$$F_n = b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e, \quad (4)$$

где b – величина зазора, мм;

S – толщина свариваемых пластин, мм;

g – величина усиления шва, мм;

e – ширина валика, мм;

$$F_n = 2 \cdot 5 + 0,75 \cdot 2 \cdot 8 = 22 \text{ мм}^2.$$

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Общую площадь поперечного сечения наплавленного и проплавленного металлов найдем по формуле:

$$F_{\text{и}} = 0,73 \cdot e \cdot (S + g), \quad (5)$$

$$F_{\text{и}} = 0,73 \cdot 8 \cdot (5 + 2) = 40,9 \text{ мм}^2.$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{\text{ПР}} = F_{\text{и}} - F_{\text{Н}}, \quad (6)$$

$$F_{\text{ПР}} = 40,9 - 22 = 18,9 \text{ мм}^2.$$

Площадь поперечного сечения металла, наплаваемого за один проход, для первого прохода:

$$F_1 = d_э \cdot (6 \dots 8) \quad (7)$$

где $d_э$ - диаметр электродного стержня, мм;

$$F_1 = 3 \cdot 8 = 24 \text{ мм}^2$$

Согласно рекомендации [17], сварку выполняем за один проход.

Электроды ОК-46.00 имеют диаметр 3 мм.

Расчет силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока [17]:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j, \quad (8)$$

где $d_э$ - диаметр электродного стержня, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм².

Тогда подставив значения, определяем силу тока:

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 15 = 105 \text{ А},$$

принимаем $I_{\text{св}} = 105 \text{ А}$.

Для приближенного расчета напряжения на дуге воспользуемся выражением:

$$U_д = 20 + 0,04 \cdot I_{\text{св}}, \quad (9)$$

$$U_{\partial} = 20 + 0,04 \cdot 105 = 24 \text{ В}$$

принимаем $U_{\partial} = 24 \text{ В}$.

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого шва и может быть определена по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (10)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч; для электродов ОК-46.00 $\alpha_n = 8,5$ г/А·ч,

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, см²;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см³ (для стали $\gamma = 7,8$ г/см³).

Подставляем значения в формулу (10) и получаем:

$$V_{св} = \frac{8,5 \cdot 105}{3600 \cdot 7,8 \cdot 22 \cdot 10^{-2}} = 0,14 \text{ см/с} = 5 \text{ м/ч}.$$

Значение погонной энергии определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва (Дж·с/см).

$$q_n = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} \cdot U_{\partial} \cdot \eta_u}{V_{св}}, \quad (11)$$

где $q_{эф}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

U_{∂} – напряжений на дуге, В;

η_u – эффективный КПД нагрева изделия дугой, для дуговых методов сварки находится в пределах 0,6...0,9: покрытыми электродами на постоянном токе 0,75...0,85;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги, см/с.

Подставляем значения в формулу (11) и получаем:

$$q_n = \frac{105 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,14} = 14400 \text{ Дж/см};$$

Расстояние r до изотермы плавления определяется выражением:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\pi \cdot V_{св} \cdot c\rho \cdot T_{пл}}}, \quad (12)$$

где q – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Вт;

$c\rho$ – объёмная теплоёмкость, Дж/см³·°С;

$T_{пл}$ – температура плавления металла, °С;

$V_{св}$ – скорость сварки, см/с.

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot 14400}{3,14 \cdot 0,14 \cdot 4,9 \cdot 1500}} = 0,3 \text{ см}$$

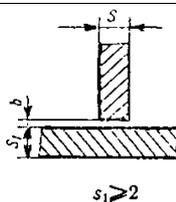
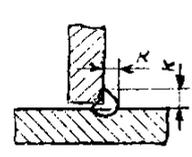
При ручной дуговой сварке глубина провара равна:

$$H_{пр} = (0,5-0,7) \cdot r; \quad (13)$$

$$H_{пр} = (0,5-0,7) \cdot 0,3 = 0,15-0,21 \text{ см},$$

принимаем глубину провара равной 0,2 см.

Таблица 10 - Конструктивные элементы сварного соединения по Т1 ГОСТ 5264-80 [12]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		S	b	
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения		Номин.	Пред. откл.
T1			От 3 до 15	0	+2

Толщина свариваемого металла (S) 5 мм.

Для определения числа проходов при сварке угловых, тавровых и нахлесточных соединений общая площадь поперечного сечения наплавленного вычисляется по формуле:

$$F_n = \frac{K_y \cdot K^2}{2}, \quad (14)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм;

K – катет шва, мм;

K_y – коэффициент, учитывающий усилие шва выбирают в зависимости от катета шва [4]: $K_y=1,25$.

Тогда подставив значения в формулу (14), получим:

$$F_n = \frac{1,25 \cdot 5^2}{2} = 15 \text{ мм}^2$$

Диаметр электрода принимаем 3 мм. Площадь поперечного сечения металла, наплавляемого за один проход, для первого прохода (7):

$$F_1 = 3 \cdot 6 = 18 \text{ мм}^2$$

Сварка катета 5 мм, производится за один проход.

Сила сварочного тока при ручной дуговой сварке определяется в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока по формуле (8):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 16 = 113 \text{ А} ,$$

принимаем $I_{св} = 113 \text{ А}$.

Напряжение дуги определяем по формуле (9):

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot 113 = 25 \text{ В} ,$$

принимаем $U_d = 25 \text{ В}$.

Скорость сварки находим по формуле (10):

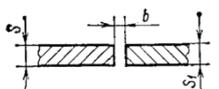
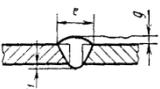
$$V_{св} = \frac{8,5 \cdot 113}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,15} = 0,22 \text{ см / с} = 8,2 \text{ м / ч} .$$

Погонная энергия определяется по формуле (11):

$$q_n = \frac{113 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,22} = 10454 \text{ кДж / см} .$$

4.2 Для сварки в среде углекислого газа плавящимся электродом

Таблица 11 – Конструктивные размеры сварного соединения по С2 ГОСТ 14771-76 [13]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s=s ₁	b		e	g		g ₁	
	подготавливаемых кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин .	Пред. откл.		Номин	Номин	Пред. откл	Номин
C2			5	0	+2,0	12,0	1,5	±0,5	1,5	±1,0

Найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_n = b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e + 0,75 \cdot g_1 \cdot e_1, \quad (15)$$

де b – величина зазора, мм;

S – толщина свариваемых пластин, мм;

g – величина усиления шва, мм;

e – ширина валика, мм;

g_1 – величина усиления обратного валика, мм;

e_1 – ширина обратного валика, мм;

$$F_n = 1 \cdot 5 + 0,75 \cdot 1,5 \cdot 12 + 0,75 \cdot 1,5 \cdot 4 = 23 \text{ мм}^2,$$

Общую площадь поперечного сечения, наплавленного и проплавленного металлов, найдем по формуле:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g + g_1), \quad (16)$$

$$F = 0,73 \cdot 12 \cdot (5 + 1,5 + 1,5) = 70 \text{ мм}^2$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле (6):

$$F_{np} = 70 - 23 = 47 \text{ мм}^2.$$

Толщина свариваемых пластин (S) 5 мм, по рекомендациям [17], сварку выполняем в один проход, следовательно, выбираем силу сварочного тока, обеспечивающую заданную глубину проплавления свариваемых пластин:

$$I_{cs} = \frac{100 \cdot S}{k_h}, \quad (17)$$

где k_h – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки [17].

$$I_{cs} = \frac{100 \cdot 5}{2,1} = 238 \text{ А},$$

принимаем $I_{cs} = 238 \text{ А}$.

Выбираем диаметр электродной проволоки. Ориентировочно он может быть определён по формуле:

$$d_{эл} = 2 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{\pi \cdot j}}, \quad (18)$$

где j – допустимая плотность тока, А/мм².

$$d_{эл} = 2 \cdot \sqrt{\frac{238}{3,14 \cdot 200}} = 1,2 \text{ мм},$$

принимаем $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги

$$U_{\delta} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (19)$$

$$U_{\delta} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 238 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В}$$

принимаем напряжение $U_{\delta} = 27 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_{\delta}}{I_{св}}, \quad (20)$$

где K' – коэффициент, который зависит от рода тока и полярности,

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 238) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{238} = 2,1$$

Для механизированной сварки значения ψ_{np} должны составлять 0,8...4,0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (21)$$

где α_n – коэффициент наплавки.

Для определения коэффициента наплавки α_n при механизированных способах сварки в среде CO₂ воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (22)$$

где α_p – коэффициент расплавления, г/А·ч;

ψ – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (23)$$

Подставим известные значения плотности тока j в формулу (23), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 12,56 \%$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления α_p по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_6}{d_3^2}, \quad (24)$$

величину вылета электрода l принимаем 1,5 см, согласно рекомендации [17].

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{238} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 14 \text{ } \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$$

Тогда коэффициента наплавки α_n согласно формуле (22):

$$\alpha_n = 14 \cdot (1 - 0,126) = 12,2 \text{ } \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$$

Скорость сварки по формуле (21) получаем:

$$V_{св} = \frac{12,2 \cdot 238}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,23} \approx 0,44 \text{ см/с} = 16 \text{ м/ч}$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}}, \quad (25)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, см²;

γ – плотность электродного металла, г/см³.

$$V_{нэл} = \frac{14 \cdot 238}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 10,5 \text{ см/с} = 378 \text{ м/ч}$$

Для проверки правильности расчётов при сварке в углекислом газе определяем глубину проплавления, подставив полученные значения параметров режима в формулу:

$$H = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot e \cdot c\rho \cdot T_{нл} \cdot \psi_{нр} \cdot V_{св}}} = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{нр}}}, \quad (26)$$

где q_n – погонная энергия;

$c\rho$ – объемная теплоемкость;

$T_{пл}$ - температура плавления.

Погонная энергия рассчитывается по формуле:

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_0}{V_{св}}, \quad (27)$$

где η_u – эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе составляет 0,8...0,84, принимаем $\eta_u = 0,8$;

$$q_n = \frac{0,85 \cdot 238 \cdot 27}{0,44} = 12414 \text{ Дж/см}$$

Подставим полученные значения в формулу (28):

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{12414}{2,1}} = 0,58 \text{ см}$$

От заданной глубины проплавления отличается менее чем на 10...15%, следовательно, режимы оптимальны и подобраны верно.

Зная глубину провара и коэффициент формы провара, определяем ширину провара:

$$e = \psi_{пр} \cdot H, \quad (28)$$

$$e = 2,1 \cdot 0,58 = 1,2 \text{ см.}$$

Задавшись оптимальным значением формы выпуклости, т.е. коэффициентом формы усиления $\psi_с$, находим высоту валика. Значения $\psi_с$ выбирают в пределах 7-10. Меньшие значения имеют место при узких и высоких швах. Большие значения соответствуют широким и низким усилениям. Принимаем $\psi_с = 10$, тогда:

$$q = e / \psi_с, \quad (29)$$

$$q = 1,2 / 10 = 0,12 \text{ см.}$$

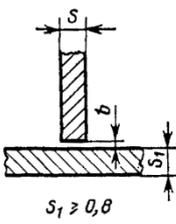
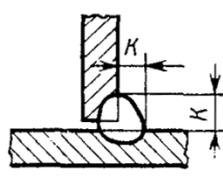
Проверяем площадь наплавки по формуле (15):

$$F_n = 1 \cdot 5 + 0,75 \cdot 1,2 \cdot 12 + 0,75 \cdot 1,2 \cdot 3 = 18,5 \text{ мм}^2.$$

Полученная площадь наплавленного металла практически не отличается по значению от той, которую рассчитали по рекомендациям,

следовательно, используемые режимы наиболее оптимальны для данного соединения.

Таблица 12 – Конструктивные элементы сварного соединения Т1 по ГОСТ 14771-76 [13]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	K, мм	S, мм	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения				Номин.	Пред. откл.
Т1			УП	5	3,2-5,5	0	+ 1,0

Толщина свариваемого металла 5 мм. Зная катет шва, определяют площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле:

$$F_n = \frac{k^2}{2}, \quad (30)$$

где k – катет углового шва.

$$F_n = \frac{5^2}{2} = 12,5 \text{ мм}^2,$$

Согласно рекомендации [17, с.19], сварку выполняем за один проход.

Силу сварочного тока $I_{св}$ рассчитаем по формуле (8):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 226 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле (19):

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 226 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В},$$

принимаем напряжение, $U_d = 27 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара по формуле (20):

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 226) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{226} = 2,2.$$

Для механизированной сварки значения Ψ_{np} должны составлять 0,8...4,0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Подставим известные значения плотности тока j в формулу (23), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 12,56 \%$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления α_p по формуле (24):

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{226} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 14 \text{ э/А}\cdot\text{ч},$$

величину вылета электрода l принимаем 1,5 см, согласно рекомендации [4].

Тогда коэффициента наплавки α_n согласно формуле (22):

$$\alpha_n = 14 \cdot (1 - 0,1256) = 12,2 \text{ э/А}\cdot\text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле (21) получаем:

$$V_{cs} = \frac{12,2 \cdot 226}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,125} \approx 0,79 \text{ см/с} = 28 \text{ м/ч},$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле (25):

$$V_{пл} = \frac{14 \cdot 226}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 10 \text{ см/с} = 360 \text{ м/ч}.$$

Для проверки правильности расчётов определяют глубину проплавления, подставив полученные значения параметров режима в формулу (26):

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{3976}{3,1}} = 0,27$$

Таблица 13 – Режимы сварки

Тип соединения	F _н , мм ²	Катет, мм	Режимы сварки					
			I _{св} , А	U _д , В	V _{св} , м/ч	V _{пэп} , м/ч	Расход газа, л/мин	Диаметр электр. проволоки
ГОСТ 14771-76- С2	8	-	238	27	16	378	10	1,2
ГОСТ 14771-76 -Т1- Δ 5	12,5	5	226	27	28	360	17	
ГОСТ 14771-76-Н1- Δ5	12,5	5	226	27	28	360	17	

5 Выбор источника питания

5.1 Выбор источников питания дуги для ручной дуговой сварки покрытым электродом

В качестве источника питания принимаем, используемый на предприятии ООО «Компания Рамтом», сварочный аппарат Сварог ARC 315 (R14).

Сварочный аппарат Сварог ARC 315 (R14) инверторного типа предназначен для ручной дуговой сварки и наплавки штучным электродом на постоянном токе стальных изделий в производственных и бытовых условиях. Аппарат произведен на базе современной инверторной технологии с использованием мощных транзисторов MOSFET и применению принципа широтно-импульсной модуляции (PWM). Он отличается стабильной, надежной и эффективной работой, портативностью и низким уровнем шума в процессе сварки.

Особенности аппарата ARC 315 это – высокий КПД, низкий уровень потребления энергии, мобильность, превосходные динамические свойства, стабильность горения дуги, низкий уровень напряжения холостого хода, саморегулирование мощности дуги/

Особенности:

- Компактный и экономичный сварочный аппарат.
- Автоматическая защита от перепадов напряжения и тока.
- Хороший поджиг дуги, функция ARC FORCE, автокомпенсация к перепадам сети, защита от перегрева.
- Высокое качество работ, глубокая сварочная ванна, минимальное разбрызгивание металла
- Подходит для сварки всеми видами основных электродов.
- Аппарат эффективно используется в ремонтных работах различного уровня, монтажных работах в строительстве, в индивидуальном хозяйстве и профессиональной сварке.

- Высокая надежность в работе, удобство в эксплуатации и сервисном обслуживании.

Таблица 14 - Технические характеристики аппарата Сварог ARC 315

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Напряжение питающей сети, В	380±15%
Потребляемая мощность, кВт	12,8
Частота питающей сети, Гц	50/60
Напряжение холостого хода, В	69
Диапазон регулирования сварочного тока, А	20–315
Номинальное напряжение, В	33
ПВ, %	60
Потери холостого хода, Вт	80
КПД, %	85
Коэффициент мощности	0,93
Класс изоляции	F
Степень защиты	IP23
Форсаж дуги, А	0–100
Диаметр электрода, мм	1,6–6
Вес, кг	25,3
Габаритные размеры, мм	560×300×490

5.2 Выбор источников питания дуги для механизированной сварки в среде углекислого газа плавящимся электродом

Выбираем сварочный полуавтомат Сварог TECH MIG 3500 (N222).

Промышленный сварочный полуавтомат Сварог TECH MIG 3500 (N222) выносным 4-х роликовым проволокоподающим механизмом под кассету 15 кг. Инверторный сварочный аппарат, предназначенный для полуавтоматической сварки в среде защитного газа (MIG / MAG).

Аппарат построен на базе IGBT транзисторов нового поколения по современной инверторной схеме. Данная технология позволяет получать максимальную мощность и длительное включение аппарата при его

минимальных размерах и массе. Аппарат имеет дополнительные функции такие как прогон проволоки, дожигание сварочной проволоки и пр. позволяющие более комфортно качественно и безопасно работать на нем.

Практичный и мобильный сварочный полуавтомат MIG 350 изготавливается в декомпактном исполнении, в корпусе с выносным 4-х роликовым подающим устройством. Электронная схема управления включает в себя уникальную систему контроля сварочных динамических характеристик; обеспечивает стабильность горения дуги, низкий уровень разбрызгивания металла, прекрасную форму шва, высокую эффективность сварки. Компоновка аппарата позволяет увеличивать радиус его действия не передвигая источник питания, выносная ось катушки позволяет применять сварочную проволоку в евро катушках до 15.

Особенности:

- мягкий старт;
- функция 2/4 такта;
- цифровая индикация параметров;
- надежный 4-х роликовый подающий механизм;
- плавная регулировка сварочного тока и напряжения;
- холостая протяжка проволоки, продувка газа;
- дожигание сварочной проволоки;
- замкнутая система обратной связи;
- встроенный блок стабилизации напряжения;
- размер и вес, экономичный и практичный;
- надежность в работе, удобство в эксплуатации и сервисном обслуживании.

Комплект поставки:

- сварочный инвертор MIG 350 (J1601);
- горелка MB-36 3 метра;
- комплект промежуточных кабелей 5 м;

- обратный кабель КГ 25 с клеммой заземления 350А 3 метра;
- кабельный наконечник ОКС 35-50 (стандарт);
- набор ЗИП для сварочной горелки.

Таблица 15 – Технические характеристики полуавтомат Сварог TECH MIG 3500

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Напряжение питающей сети, В	380±15%
Частота питающей сети, Гц	50
Сила тока, А	20-350
Скорость подачи проволоки, м/мин	1,8-16
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8/1,0/1,2
Количество роликов, шт	4
ПВ, %	60
ПВ 100%, А	250
Коэффициент мощности	0,93
КПД, %	85
Степень защиты	IP23
Габаритные размеры, мм	1100×520×1450
Вес, кг	134,4

6 Технология изготовления изделия

6.1 Заготовительные операции

Заготовительными операциями являются: разметка деталей, наметка по шаблонам, резка.

Технологический процесс изготовления деталей из проката начинается с подбора металла, по размерам и маркам стали, и может включать следующие операции: правку, разметку, резку и обработку кромок, и очистку под сварку.

При изготовлении лестничных маршей необходимы заготовительные операции: разметка и резка.

Разметку следует делать с помощью рулетки и чертилки. В случае, когда количество размечаемых деталей будет больше десяти, рекомендуется разметку проводить по шаблону.

Основной металл до сборки в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги, рыхлого слоя, окалины и других загрязнений, которые могут привести к образованию пор и других дефектов в швах.

Для резки листового проката используем электромеханическую гильотину MetalMaster ETGB. Технические характеристики приведены в таблице 16.

Таблица 16 - Технические характеристики электромеханической гильотины MetalMaster ETGB

Модель	ETG 2060
Рабочая длина, мм	2000
Максимальная толщина листа, сталь ($\sigma_B < 400$ МПа), мм	6
Главный угол реза	2°
Резов в минуту	20
Ограничитель глубины подачи, мм	500
Мощность двигателя, кВт	7,5
Размеры в упаковке, мм	3280x1700x1820
Масса, кг	4100

Для резки уголков и швеллеров используем машину отрезную DEWALT D28720

6.2 Общие требования к сборке и сварки

Для сборочных, сборочно-сварочных и сварочных операций рекомендуется полное (операционное) описание. Описание выполняется в операционной карте, в соответствии с ГОСТ 3.1407-86 [5]. Слесарные и слесарно-сборочные работы - ГОСТ 3.1703-79 [6]. Сварка - ГОСТ 3.1705-81 [7]. Также для описания используемого инструмента - ведомость оснастки по ГОСТ 3.1122-84 [8].

Непосредственно перед сборкой кромки и прилегающие к ним участки на ширину не менее 50 мм должны быть очищены от грязи, краски, масла, ржавчины, влаги, снега и льда.

Все поступающие на сборку конструкции (элементы) и детали должны иметь маркировку и сопроводительную документацию, подтверждающую их приемку отделом (службой) технического контроля. В процессе сборки должно быть исключено попадание влаги, масла и других загрязнений в разделку соединений и на прилегающие поверхности. Сборка элементов (деталей) на сборочной площадке должна производиться на стеллажах или стендах с применением сборочных приспособлений, обеспечивающих требуемую точность сборки.

Для сварки ступени используется прижимное приспособление ФЮРА.601820.007 СБ, поэтому сварку осуществляем без прихваток.

Не допускается переносить и кантовать тяжелые и крупногабаритные конструкции и их элементы, собранные только на прихватках, без применения приспособлений, обеспечивающих неизменяемость их формы. При сборочных работах запрещаются ударные воздействия на сварные конструкции из сталей с пределом текучести 390 МПа (40 кгс/мм²) и менее — при температуре ниже минус 25°С. При совмещении установки временных креплений и прихваток наложение последних следует производить после приварки креплений

К сварке металлоконструкций следует приступать после приемки сборочных работ мастером по сварке или другим ответственным лицом,

а также после проверки условий производства работ и выполнения организационных мероприятий по обеспечению безопасности производства работ.

Сварку конструкций при укрупнении и в проектном положении следует проводить после проверки правильности сборки.

Последовательность выполнения сварных швов должна быть такой, чтобы обеспечивались минимальные деформации конструкции.

Сварка сложных узлов металлоконструкций должна выполняться по технологическим картам или инструкциям, в которых указаны последовательность наложения швов и приемы, обеспечивающие минимальные деформации и остаточные напряжения в конструкции. Сварку необходимо выполнять на стабильном режиме. Допускаемые отклонения принятых значений силы сварочного тока и напряжения на дуге не должны превышать $\pm 5\%$ от номинальных.

6.3 Разработка технологии сварки ступени лестничного марша

Лестничная ступень состоит из 4х уголков 40х40х5 и одной листовой пластины толщиной 5 мм (рисунок 4).

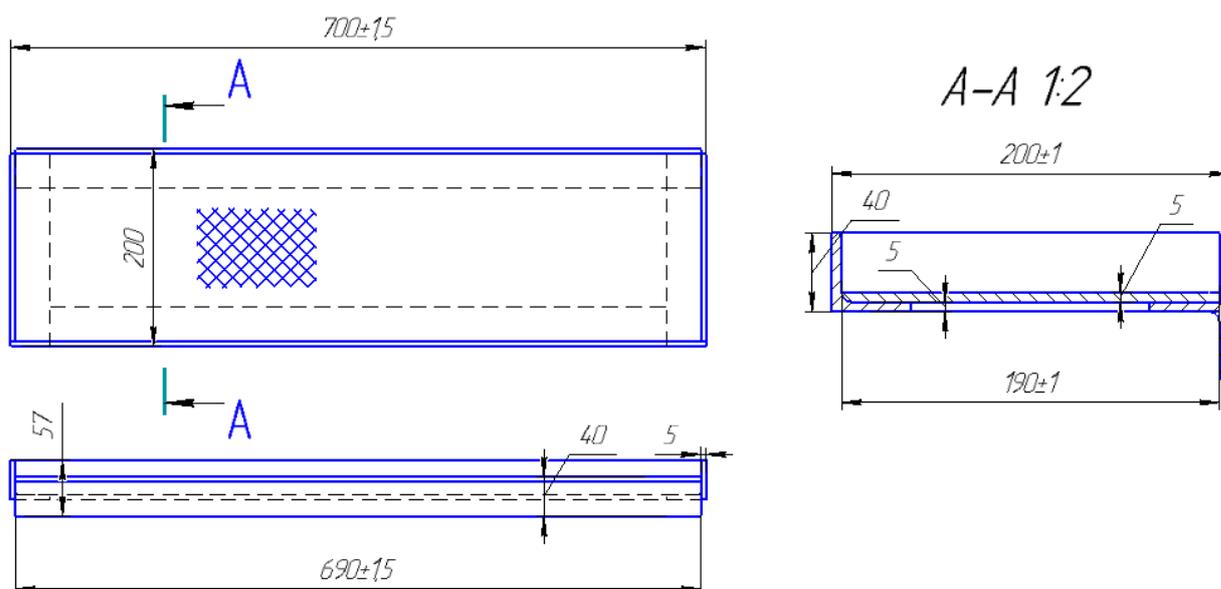


Рисунок 4 - Лестничная ступень

При длине конструкции от 300 мм до 1000 мм, сварка осуществляется от середины к краям (рисунок 5)

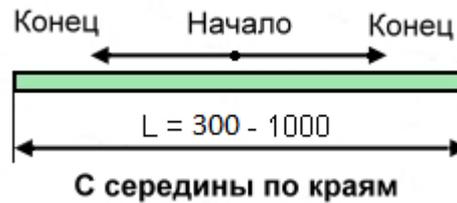


Рисунок 5 – Сварка от середины к краям

Производится сборка нарезанных в размер уголков и листовой пластины, их фиксация в приспособлении и сварка на рассчитанных режимах. Приспособление для сборки и сварки ступени показан на ФЮРА.601820.007 СБ (лист 3)

После завершения сварки одной стороны, ступень переворачивается, фиксируется и обваривается вторая сторона.

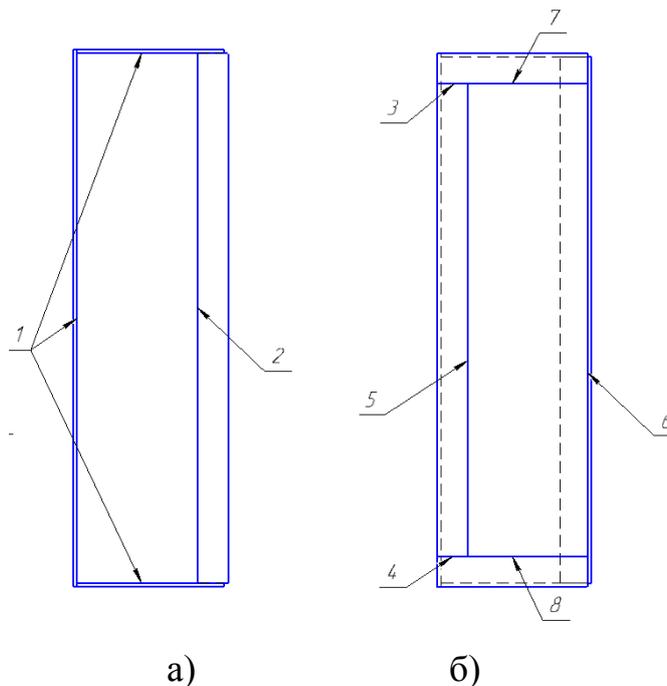


Рисунок 6 – Последовательность сварки ступени

а) лицевая сторона ступени; б) обратная сторона ступени

После окончания сварки необходимо извлечь ступень из приспособления и визуально проконтролировать швы.

6.4 Разработка технологии сварки лестничного марша

Лестничный марш состоит из 2х швеллеров №12 и 5 лестничных ступеней (рисунок 7).

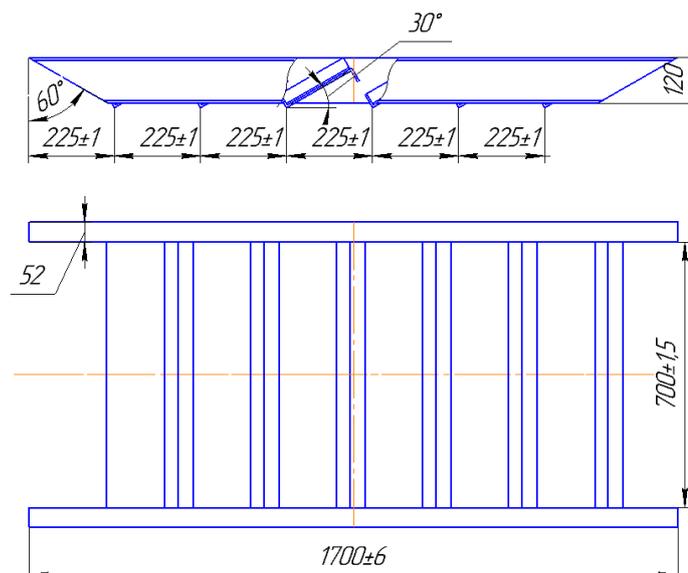


Рисунок 7 – Лестничный марш

Производится установка и фиксация швеллеров и ступеней в приспособлении для сборки марша на ФЮРА.601820.007 СБ (лист 4)

Ступени привариваются к швеллерам под углом 30° . После завершения сварки лестничный марш освобождается из приспособления, все швы должны быть визуально проконтролированы.

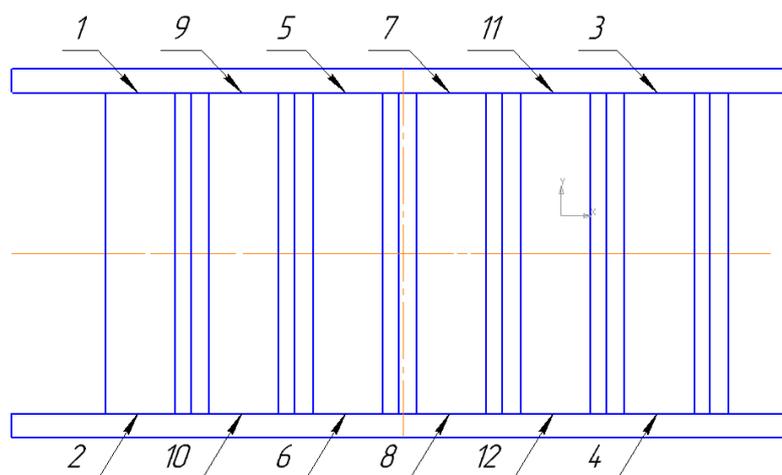


Рисунок 8 – Последовательность сварки лестничного марша

6.5 Технический контроль качества и исправление брака

Качество сварных соединений в значительной мере определяют эксплуатационную надежность и экономичность конструкции. Наличие в сварном соединении дефектов – отклонений от заданных свойств, формы и сплошности шва, свойств и сплошности околошовной зоны, может привести

к нарушению прочности и других эксплуатационных характеристик изделия, а при некоторых обстоятельствах вызвать аварию его в процессе изготовления, монтажа или работы.

Дефекты, появляющиеся в сварном соединении, различаются по месту расположения – наружные (нарушение размеров и формы шва, подрезы, прожоги, наплывы, свищи, незаверенный кратер) и внутренние (трещины, непровары, поры, шлаковые включения, окисные включения). В процессе сварки необходимо осуществлять предварительный и пооперационный контроль, а также контроль качества изделия.

Предварительный контроль включает проверку сборочно-сварочных приспособлений, качество основных и сварочных материалов. Операционный контроль сварочных работ выполняется производственными мастерами службы сварки и контрольными мастерами службы технического контроля (СТК).

Перед началом сварки проверяется:

- наличие у сварщика допуска к выполнению данной работы;
- качество сборки или наличие соответствующей маркировки на собранных элементах, подтверждающих надлежащее качество сборки;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;
- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;

В процессе сварки проверяется:

- режим сварки;
- последовательность наложения швов;
- выполнение специальных требований, предписанных ПТД;
- наличие клейма сварщика на сварном соединении после окончания сварки.

Контроль готовых сварных конструкций выполняют внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов.

Контроль размеров сварного шва и определение величины выявленных дефектов следует производить измерительным инструментом, имеющим точность измерения $\pm 0,1$ мм, или специальными шаблонами для проверки геометрических размеров швов, типа УШС-3. При внешнем осмотре рекомендуется применять лупу с 5-10-кратным увеличением.

Во время сварки могут возникнуть наружные дефекты. Это нарушение размеров и формы шва, подрезы, наплывы, свищи. Также могут появиться и внутренние (трещины, непровары, поры и т.д.), поэтому после сварки осуществляется внешний осмотр, и измерение сварных швов согласно ГОСТ 3242-79 [9].

При обнаружении в швах дефектов, металл в месте дефекта удаляется механическим путем и после зачистки подваривается.

В данном разделе выполняется технико-экономическое обоснование принимаемых инженерных решений. К таким решения относится обоснование выбора рационального процесса сварки изделия из двух сравниваемых вариантов: ручная дуговая сварка покрытыми электродами и механизированная сварка в среде защитных газов сплошной проволокой.

7.1 Исходные данные для проведения сравнительного анализа

Основные параметры сварных швов, а так же общая протяженность швов лестничных маршей определялись по рисунку 9.

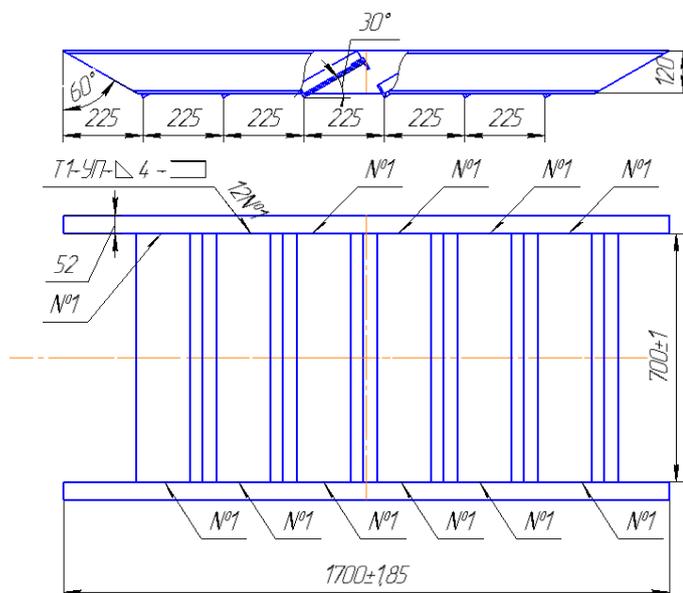


Рисунок 9 - Общий вид лестничных маршей

Общая протяженность всех швов для каждого типа соединения представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Типы соединений и протяженность швов для каждого способа сварки

№	Тип соединения	$F_n, \text{мм}^2$	Длина шва, мм
1	T1- Δ 5 - ГОСТ 5264-80	2,6	13767
2	T1- Δ 4 - ГОСТ 5264-80	10	800
3	T1- Δ 5 - ГОСТ 14771-76	2	13767
4	T1- Δ 4 - ГОСТ 14771-76	8	800

7.2 Достоинства и недостатки сравниваемых процессов производства

Для наглядности приведем достоинства и недостатки рассматриваемых способов сварки. (таблица 18)

Таблица 18 - Достоинства и недостатки двух способов сварки

Ручная дуговая сварка покрытым электродом	Сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения
<p>Преимущества способа:</p> <ul style="list-style-type: none">– простота процесса и оборудования;– возможность сварки в труднодоступных местах и на монтаже;– большой спектр свариваемых материалов;– спектр свариваемых толщин от 2 мм.	<p>Преимуществами сварки в защитных газах являются:</p> <ul style="list-style-type: none">- высокая производительность (приблизительно в 2,5 раза выше, чем при ручной дуговой сварке покрытыми электродами);- простота механизации и автоматизации;- возможность сварки в различных пространственных положениях;- малая зона термического влияния и относительно небольшие деформации изделий в связи с высокой степенью концентрации дуги;- высокое качество защиты, отсутствие необходимости применения зачистки швов при многослойной сварке;- доступность наблюдения за процессам сварки; возможность сварки металла различной толщины (от десятых долей миллиметра до десятков миллиметров).
<p>Недостатки способа:</p> <ul style="list-style-type: none">– не высокая производительность;– большие расходы материалов на огарки и разбрызгивание;– самый тяжёлый способ по технике исполнения;– многофакторность качества.	<p>Недостатками способа:</p> <ul style="list-style-type: none">- открытая дуга, что повышает опасность поражения зрения световым излучением,- необходимость защиты зоны сварки от сквозняков (при струйной защите), что затрудняет применение этого вида сварки в монтажных условиях на открытом воздухе.

7.3 Сварочные материалы

В качестве сварочных материалов используются электроды для ручной дуговой сварки, а для сварки в среде защитных газов: сварочную проволоку и защитный газ. Выбор марок осуществлялся в п.3.1 и 3.2. Приведем сводную таблицу материалов и их стоимости (таблица 19). Цены взяты по состоянию на 2016г., на сайтах компаний производителей.

Таблица 19 – Сварочные материалы

	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	Цена, руб/кг (руб/л)
Электроды	ОК 46.00	-	135
Сварочная проволока	-	Св-08ГС	80,5
Защитный газ	-	Углекислый газ, высший сорт	0,033

7.4 Режимы сварки

Режимы ручной дуговой сварки и сварки в среде защитных газов были посчитаны в разделе п.4.2 и п.4.3. Основные режимы сварки приведены в таблице 20.

Таблица 20 –Режимы РД сварки для используемых типов соединений

№	Тип соединения	F _н , мм ²	Катет, мм	Режимы сварки			
				I _{св} , А	U _д , В	V _{св} , м/ч	α _н , г/А*ч
1	T1-▴2 - ГОСТ 5264-80	2,6	2	80	23	33	8,5
2	T1-▴4 - ГОСТ 5264-80	10	4	80	23	8,7	8,5

Таблица 21 –Режимы механизированной сварки в углекислом газе для используемых типов соединений

№	Тип соединения	F _н , мм ²	Катет, мм	Режимы сварки				
				I _{св} , А	U _д , В	V _{св} , м/ч	V _{нп} , м/ч	α _н , г/Ач
1	T1-▴2 - ГОСТ 14771-76	2	2	120	23	85	245	11,05
2	T1-▴4 - ГОСТ 14771-76	8	4	120	23	21	245	11,05

7.5 Обоснование выбора оборудования и приспособлений

Выбор оборудования для ручной дуговой сварки и сварки в защитных газах производился в п.5.1 и 5.2. Перечень необходимого оборудования для каждого способа сварки представлен в таблице 21 и 22.

Таблица 22 – Оборудование, используемое для ручной дуговой сварки

Наименование	Кол-во	Цена, руб
Сварочный аппарат Сварог ARC 315 (R14)	1	35060
Клемма заземления КЗ–31, 315А	1	150
Маска электросварочная (с наголовником) стеклопластиковая отечественная	1	500
Электрододержатель 400А (ЭД–40М)	1	200
Кабель КГ–50 5м	1	850
Итого		36760

Таблица 23 – Оборудование сварки в среде защитных газов

Наименование	Кол-во	Цена, руб
Сварочный полуавтомат СВАРОГ MIG 350 (J1601).	1	103630
Сварочная горелка	1	3700
Маска электросварочная (с наголовником) стеклопластиковая отечественная	1	500
Кабель силовой КГ-200	1	3000
Баллон с углекислым газом	1	9000
Рукав резиновый диаметром 9,0 мм (3 кл.)	1	600
Регулятор расхода газа У-30П-2(с подогревателем)	1	1200
Итого		121630

7.6 Определение норм времени на сварку

Для дуговой сварки в условиях серийного производства норма времени рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шк}} = [(t_o + t_{\text{вн}}) \times l + t_{\text{в.н.}}] \times K_{\text{об}} + \frac{t_{\text{нз}}}{n}, \quad (31)$$

где $t_{шк}$ - норма штучно-калькуляционного времени, мин/изделие;

t_0 - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{в.ш.}$ - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

l - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{в.и.}$ - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$k_{об}$ - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

$t_{пз}$ - подготовительно-заключительное время, мин/партия;

n - размер партии свариваемых изделий.

Техническое нормирование производится в целях установления необходимых затрат времени на выполнение заданной работы в определенных организационно-технических условиях при полном и эффективном использовании средств в производстве и с учетом опыта передовых рабочих.

Нормирование ручной дуговой сварки и автоматической сварки в среде углекислого газа проводим по методике, изложенной в [11,12].

Рассчитаем основное время для каждого типа соединения:

Таблица 24 - Определение основного времени на сварку

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые способы		Изменения затрат
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
Скорость сварки, м/ч			
Тавровое Δ2	33	85	-
Тавровое Δ4	8,7	21	

Продолжение таблицы 24

Расчетная формула основного времени, м/мин $t_0 = \sum \frac{60}{V_{св}}$	$t_{01} = \frac{60}{33} = 1,8$ $t_{02} = \frac{60}{8,7} = 6,9$	$t_{01} = \frac{60}{85} = 0,7$ $t_{02} = \frac{60}{21} = 3$	-
--	---	--	---

Таблица 25 - Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	Изменение мин/пог.м
Элементы работы	Время на 1м/мин	Время на 1м/мин	
Зачистка свариваемых кромок от налета и ржавчины перед сваркой	0,3	0,3	-
Зачистка сварного шва от окисных пленок	-	0,3	-
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,7	0,4	-
Осмотр и промер шва	0,37	0,3	-
Смена электродов	0,25	-	-
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку автомата	-	0,1	-
Подтягивание проводов	-	0,25	-
Зачистка шва от шлака после выполнения каждого прохода	0,6	-	-
Возврат сварщика в исходное положение	-	0,15	-
Откусывание огарков проволоки	-	0,1	-
Итого	2,2	1,9	+0,3

Таблица 26 - Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	Изменение мин
Элементы работы	Время, мин	Время, мин	
Установка полуавтомата в начале шва, возврат, отключение	-	2,7	-
Установка, снятие и транспортировка изделия	4	4	-
Закрепление, открепление	-	0,5	-
Перемещения сварщика в исходное положение	0,2	-	-
Клеймение шва	0,21	0,21	-
Итого	4,41	7,41	-3

Таблица 27 - Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	Изменение мин
Элементы работы	Время, мин	Время, мин	
Получение производственного задания, документации, указаний и инструктажа мастера, получение инструмента	4	4	-
Ознакомление с работой	2	3	-
Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов	-	4	-
Установка, настройка и проверка режимов сварки	3	3	-
Подготовка рабочего места и приспособлений к работе	2	4	-
Сдача работы	2	2	-
Итого	13	20	-7

Таблица 28 - Штучное время

	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизованная в защитном газе	Изменение мин
Элементы работы	Время, мин	Время, мин	
t_0 – основное время на сварку, мин/м	11,9	8,2	-
$t_{в.ш.}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог.м шва в мин	2,22	1,9	-
l – общая длина швов	$l_1 = 13,767; l_2 = 0,8;$		-
$t_{в.и.}$ -вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования	4,41	7,41	-
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,1	1,12	-
Расчетная формула $T_{шт} = [(t_0 + t_{вш}) \times l + t_{ви}] \times K_{об}$	$t_{шт2} = [(1,8 + 2,22) \times 13,767 + 4,41] \times 1,1 = 65,7$ $t_{шт3} = [(6,9 + 2,22) \times 0,8 + 4,41] \times 1,1 = 12,9$	$t_{шт2} = [(0,7 + 1,9) \times 13,767 + 7,41] \times 1,12 = 48,4$ $t_{шт3} = [(3 + 1,9) \times 0,8 + 7,41] \times 1,12 = 12,7$	

Таблица 29 - Количество смен, необходимое для производства одного изделия

	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизованная в защитном газе	Изменение
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8	-
$T_{шт}$ – штучное время	160	159	-
Расчетная формула: $n = \frac{T_{см} \times 60}{T_{шт}}$	$n = \frac{8 \times 60}{160} \approx 3$	$n = \frac{8 \times 60}{140} \approx 3$	0

Таблица 30 - Штучно-калькуляционное время

	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизованная в защитном газе	Изменение
$T_{шт}$ – штучное время	160	140	-
$t_{п.з.}$ – подготовительно заключительное время	13	20	-

Продолжение таблицы 30

n – размер партии	3	3	-
Расчетная формула $T_{ук} = T_{ум} + \frac{t_{н.з.}}{n}$	$T_{ук} = 160 + \frac{13}{3} = 164$	$T_{ук} = 140 + \frac{20}{3} = 147$	-2

Изменение произошло из-за штучного времени и размера партии.

Таблица 31 – Масса наплавленного металла шва

	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	Изменение
F – площадь наплавленного металла, мм ² Т1-Δ2 Т1-Δ4	2,6 10	2 8	-
l – длина шва, м	$l_1 = 13,767; l_2 = 0,8;$		-
γ – плотность наплаваемого металла	7,8	7,8	-
Расчетная формула, г $G_n = F \times l \times \gamma$	$G_{н1} = 2,6 \times 13,767 \times 7,8 = 279$ $G_{н2} = 10 \times 0,8 \times 7,8 = 62$	$G_{н1} = 2 \times 13,767 \times 7,8 = 215$ $G_{н2} = 8 \times 0,8 \times 7,8 = 50$	-

7.7 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат.

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении РДС и сварки в защитном газе нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала.

Различные затраты на сварку нашего изделия C (руб./изд.·опер) определяются по формуле

$$C = C_{см} + C_{оз} + C_{дз} + C_{сц} + C_{эл} + C_p, \quad (31)$$

где $C_{см}$ – затраты на сварочные материалы, руб ;

$C_{оз}$ – основная зарплата, руб ;

$C_{дз}$ – дополнительная зарплата, руб ;

$C_{сц}$ – отчисление на социальные цели, руб ;

$C_{эл}$ – затраты на электроэнергию, руб ;

C_p – затраты на ремонт, руб.

Таблица 32 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
$g_{нм}$ - масса наплавленного металла, кг/изд	0,792	1,066	-
k_n - коэффициент, учитывающий отношение веса проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08	-
$C_{см}$ – цена электродов, руб/кг сварочной проволоки, руб/кг	135	80,5	-
Расчетная формула $C_{см} = g_{нм} \times k_n \times C_{см}$	$C_{см} = 0,792 \times 135 \times 1,6 = 171$	$C_{см} = 1,066 \times 80,5 \times 1,08 = 73$	+98

Таблица 33 – Затраты на защитный газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	-	10	-
t_0 - основное время на сварку, мин/м	-	$t_{01} = 0,7$ $t_{02} = 3$	-
l - длина сварного шва, м/издел	-	$l_1 = 13,767;$ $l_2 = 0,8;$	-
$C_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	-	0,033	-
Расчетная формула $C_{газ} = \sum_{x=1}^8 (C_{газ} \times g_{газ} \times (t_{0x} \times l_x))$, руб / изд	-	17	-17

$$C_{\text{газ}} = 0,033 \times 10 \times ((3 \times 12,848) + (0,7 \times 13,767) + (3 \times 0,8)) = 17 \text{ руб / изд}$$

Таблица 34 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
Смз - среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	30000	30000	-
F _{МР} - месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц	172	172	-
t _{шк} - калькуляционное время на выполнение операции мин\изд	164	147	-
Расчетная формула $C_3 = \frac{C_{\text{мз}} \times t_{\text{шк}}}{F_{\text{мр}} \times 60}$	$C_3 = \frac{30000 \times 164}{172 \times 60} = 477$	$C_3 = \frac{30000 \times 147}{172 \times 60} = 427$	+50

Изменение затрат на заработанную плату рабочих происходит из-за разницы штучно-калькуляционного времени.

Таблица 35 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
K _{отч} – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы (K _{отч} = 30%)	30%	30%	-
C _з - затраты на заработанную плату рабочих	477	427	-
Расчетная формула $C_{\text{отч}} = \frac{k_{\text{отч}} \times C_3}{100}$	$C_{\text{отч}} = \frac{30 \times 477}{100} = 143$	$C_{\text{отч}} = \frac{30 \times 427}{100} = 128$	+15

Таблица 36 - Затраты на электроэнергию

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
U - напряжение, В;	23	23	-
I - сила тока, А;	80	120	-
t_o - основное время сварки, мин/м;	$t_{o1} = 1,8$ $t_{o2} = 6,9$	$t_{o1} = 0,7$ $t_{o2} = 3$	-
l - длина сварного шва, м/изд	$l_1 = 13,767; l_2 = 0,8;$		-
η - коэффициент полезного действия источника питания	0,8	0,85	-
$C_{эл}$ - стоимость 1квт/ч электроэнергии, руб	3,5	3,5	-
Расчетная формула	10	10	0

$$C_{эм} = \frac{3,5}{0,8 \times 60 \cdot 1000} \times ((23 \times 80 \times 3,2 \times 12,848) + (23 \times 80 \times 1,8 \times 13,767) + (23 \times 80 \times 6,9 \times 0,8)) = 10$$

$$C_{эм} = \frac{3,5}{0,85 \times 60 \cdot 1000} \times ((23 \times 120 \times 3 \times 12,848) + (23 \times 120 \times 0,7 \times 13,767) + (23 \times 120 \times 3 \times 0,8)) = 10$$

Таблица 37 - Затраты на амортизацию оборудования

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/год
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
C_j - цена оборудования соответствующего вида	36760	121630	-
$T_{пи}$ - срок полезного использования оборудования (для сварочного оборудования 5 лет)	5	5	-
Расчетная формула	7352	24326	

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{T_{пи}}, \text{ руб/год}$$

Таблица 38 - Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб\изд
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
C_j - цена оборудования соответствующего вида	36760	121630	-
$k_{рем}$ - коэффициент, учитывающий затраты на ремонт ($k_{рем} \approx 0,2 - 0,3$)	0,25	0,25	-
$t_{шк}$ - штучно-калькуляционное время на выполнение операции мин/изд	164	147	-
$F_{зо}$ - годовой фонд времени работы оборудования, часы $F_{зо} \approx 1971$ часов/год	1971	1971	-
$k_з$ - коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8	-
Расчетная формула $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \times k_{рем} \times t_{шк}}{F_{зо} \times k_з \times 60}$	16	47	-31

Таблица 39- Итоговые текущие затраты по сравниваемым вариантам сварки

Наименование	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб\изд
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе	
1. Сварочные материалы			
Электроды	171	-	+171
Защитный газ	-	17	-17
Сварочная проволока	-	73	-73
2. Основная зарплата	477	427	+50
3. Социальные цели	143	128	+15
5. Электроэнергия	10	10	0
6. Ремонт	16	47	-31
Итого	817	702	+115

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки [6]:

$$Q_{\Gamma} = \frac{F_{ГО} \times k_3 \times 60}{t_{ШК_{\Gamma\Gamma}}}, \quad (32)$$

где $t_{ШК_{\Gamma\Gamma}}$ – норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд.

$$Q_{\Gamma} = \frac{1971 \times 0,8 \times 60}{147} \approx 643 \text{ ед.}$$

Годовой экономический эффект от применения сварки в углекислом газе можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \times \overline{\Delta c} = 115 \times 643 = 73945 \text{ руб/год} \quad (33)$$

где $\overline{\Delta c}$ – Изменение затрат руб\изд;

Итак, более выгоден второй вариант, то есть сварка в углекислом газе. Этот вариант нам обходится дешевле на 115 руб/изд и годовой экономический эффект от применения лучшего варианта составляет 73945 руб/год.

7.8 Экономическая оценка эффективности инвестиций

В процессе производства сварной конструкции возникает потребность в инвестициях (приобретения соответствующего оборудования).

Исходим из того, что ручная дуговая сварка применяется, а предлагается механизированная сварка в углекислом газе.

Необходимо оценить экономическую выгоду данного предложения с учётом полученных инвестиций. Когда возникает ситуация, когда необходимо заменить РДС на механизированную сварку в защитном газе, то появляется необходимость в инвестициях. Экономическая эффективность предлагаемых решений будет сводиться к экономической оценке инвестиций. В соответствии с основами стандарта экономической оценки инвестиций, оценка инвестиций осуществляется путем расчета четырех показателей:

- NPV – чисто текущая стоимость;
- PP – срок окупаемости;

– PI – индекс доходности.

Данный показатель характеризует эффективность инвестиции в абсолютном выражении. Он показывает насколько прирастут доходы предприятия в результате замены существующего процесса на предлагаемый.

Оценку инвестиций в новый процесс следует признать оправданной, если $NPV > 0$.

Количественно показатель NPV может быть установлен по формуле:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{ч_t} + \Delta C_{a_t})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (34)$$

где n – продолжительность расчетного периода, в течение которого предприятие может воспользоваться результатами функционирования предлагаемого (нового) процесса (в дипломной работе величину n можно принять 5 годам);

$\Delta\Pi_{ч_t}$ – изменение чистой прибыли, получаемой в t -м году, руб/год;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t -м году, руб/год;

I_0 – инвестиции, осуществляемые в начальный момент ($t = 0$);

i – ставка дисконтирования, учитывающая плату за привлечение финансовых ресурсов (в дипломной работе в качестве источника финансирования можно предусмотреть собственные средства предприятия, для которых ставка дисконтирования равна примерно 10%).

Изменение чистой прибыли, получаемой в t -м году, определяется по формуле:

$$\Delta\Pi_{ч_t} = \left(\overline{\Delta C_t} \times Q_{Г_t} - \Delta C_{a_t}\right) \times (1 - N_{пр}), \quad (35)$$

где $\overline{\Delta C_t}$ – изменение текущих расходов в t -м году, руб/год;

$Q_{Г_t}$ – годовой объем производства продукции, в t -м году;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t -м году, руб/год;

$N_{\text{пр}}$ – ставка налога на прибыль ($N_{\text{пр}} = 24\%$).

Изменение амортизационных отчислений в t -м году представляет собой разность затрат на амортизацию основных средств, занятых по существующему и предлагаемому варианту в соответствующем году

$$\Delta C_{a_t} = C'_{a_t} - C''_{a_t}, \quad (36)$$

где C'_{a_t} и C''_{a_t} – затраты на амортизацию соответственно по существующему и предлагаемому процессами, руб/год.

Поскольку для сварочного оборудования срок полезного использования устанавливается в интервале 5–7 лет, то можно предположить, что по существующему процессу основные средства себя полностью самортизировали, т.е. $C'_{a_t} = 0$.

Затраты на амортизацию оборудования:

$$C_a = 121630/5 = 24326 \text{ руб/год.}$$

Расчет чистой текущей стоимости представим в виде таблицы 39.

Таблица 40 – Расчет чистой текущей стоимости

Наименование показателей	Расчетный период, годы					
	0	1	2	3	4	5
1. Коэффициент загрузки	0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
2. Годовой объем производства Q_G , ед/год	0	402	483	563	643	804
3. Удельная экономия на текущих издержках $\overline{\Delta C_t}$, руб./ед	0	115	115	115	115	115

Продолжение таблицы 40

4.Годовая экономия на текущих издержках, руб/год (С2·С3)	0	46230	55545	64745	73945	92460
5.Амортизация ΔC_a , руб./год	0	24326	24326	24326	24326	24326
6.Изменение годовой прибыли (С4-С5), руб/год	0	21904	31219	40419	49619	68134
7.Налог на прибыль (24% от С6), руб./год	0	4381	6244	8084	9924	13627
8.Изменение чистой прибыли, руб./год (С6 – С7)	0	17523	24975	32335	39695	54507
9.Чистый денежный поток от операционной деятельности, руб/год (С5+С8)	0	41849	49301	56661	64021	78833
10.Инвестиции, руб.	–	-	-	-	-	-
11.Коэффициент дисконтирования, при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
12.Дисконтированный денежный поток (С9 + С10)С11	-121630	38041	40723	42553	43726	48955
13.Накопленный дисконтированный денежный поток	-121630	-83589	-42866	-314	43413	92368

Чистая текущая стоимость равняется:

$$NPV = \left[\frac{38041}{(1+0,1)^1} + \frac{40723}{(1+0,1)^2} + \frac{42553}{(1+0,1)^3} + \frac{43726}{(1+0,1)^4} + \frac{48955}{(1+0,1)^5} \right] - 121630 = 92368 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости осуществляем по формуле:

$$n_{ок} = n + (D_n / D_{n+1}), \quad (37)$$

где n – расчетное значение срока окупаемости;

D_n – непокрытая часть накопленного денежного потока в год n ;

D_{n+1} – денежный поток в году $n+1$, направленный на возмещение непокрытой части данного потока.

$$n_{ок} = 3 + (314/43726) = 3 \text{ года.}$$

Расчет индекса доходности проведем по формуле:

$$PI = 1 + (NPV/I_0) = (92368/121630) + 1 = 1,8$$

Формально проект признается эффективным если $PI > 1.0$, построим график окупаемости.

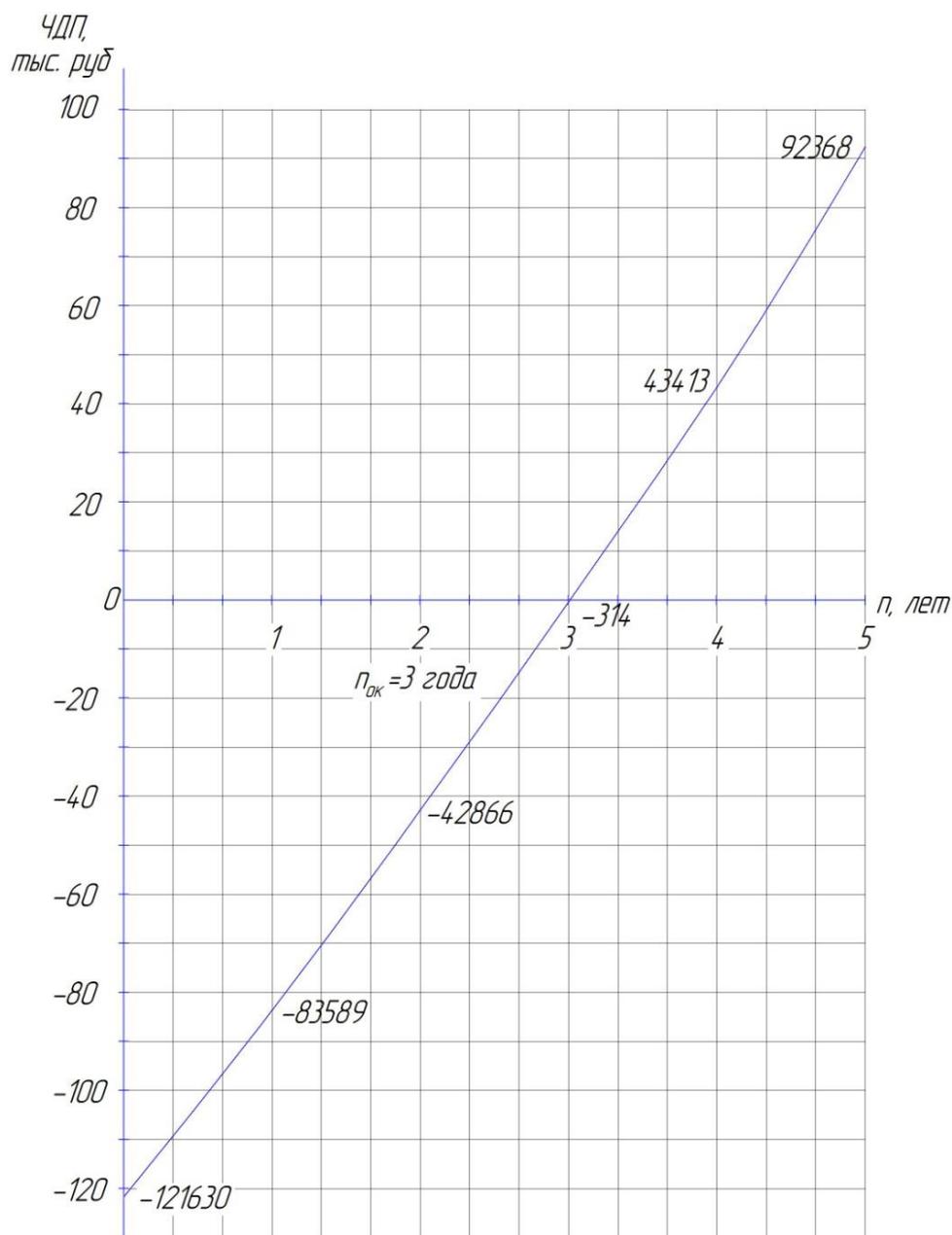


Рисунок 10 – График срока окупаемости инвестиционных затрат

Заключение

Проведен технико–экономический анализ процесса изготовления лестничных маршей.

По затратам на сварку изделия механизированная сварка в среде защитных газов более выгодна, чем ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Она нам обходится дешевле на 115 руб./изд.

Учитывая условия когда РДС имеется на предприятии, а механизированная сварка в углекислом газе будет внедряться, такая ситуация тоже выгодна. Так как срок окупаемости при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PP = 3$ года. Чисто текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет) высокие. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PI = 1,8$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение механизированной сварки в среде углекислого газа выгодно.

8 Социальная ответственность

8.1 Производственная безопасность

Общий размер цеха составляет 200 м². Рабочее место на сварочном участке – лестничных маршей, составляет 30 м². Следует отметить, что площадь одного рабочего места сварщика не должна быть меньше 4,5 м², то есть данная площадь участка.

На участке изготовления лестничных маршей могут иметь место такие опасные и вредные факторы:

- Возможность поражения электрическим током;
- Световое излучение сварочной дуги;
- Наличие в воздухе вредных смесей, пыли;
- Пожарная опасность;
- Слабое освещение рабочего места;
- Отклонение параметров микроклимата от нормативных требований;
- Физические перегрузки.

8.1.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Мощное ультразвуковое или световое излучение сварочной дуги при воздействии на глаза работающего может привести к воспалительному заболеванию глазного яблока (электроофтальмия), при длительном воздействии - к поражению клетчатки глаз (конъюнктивит). Инфракрасные коротковолновые лучи могут вызвать хроническое заболевание - помутнение хрусталика глаза (катаракта). Вредные воздействия лучей сварочной дуги на органы зрения оказывают влияние в радиусе до 10 метров [17].

Кожу защищают обычной рабочей одеждой, лицо и часть шеи - щитком или шлемом. Глаза защищаются специальными темными стеклами - светофильтрами, которые вставляют в щиток или шлем. Эти стекла совсем не пропускают ультрафиолетовые лучи, а инфракрасные пропускают в пределах от 0,1 до 4%, что не оказывает вредного влияния на зрение сварщика.

При заболевании глаз от световой радиации, необходимо немедленно обратиться к врачу, а при невозможности получения быстрой медицинской помощи следует делать примочку глаз слабым раствором пищевой соды.

Помимо ожогов лучами электрической дуги, сварщику могут быть причинены ожоги брызгами расплавленного металла. Чтобы избежать ожогов, необходимо надевать рабочую одежду из плотной брезентовой материи. Одежда не должна иметь складок. Брюки надо носить только на выпуск, чтобы они закрывали ботинки. Чтобы предотвратить прожигание спецодежды брызгами расплавленного металла, ткань пропитывается специальными составами, повышающими ее огнестойкость.

При выполнении сварочных работ в результате выгорания обмазки электрода и элементов легирования повышается загазованность рабочего места для предотвращения этого необходимо устанавливать устройства вытяжной вентиляции в зоне дыхания сварщика. Выбрасывать воздух нужно за пределы рабочих зон. Для удаления газов и пыли применяется как местная вентиляция рабочего места, так и приточно-вытяжная вентиляция всего помещения. Приточный воздух должен поступать рассеяно в рабочую зону помещений, в основном на не сварочные участки, а также там, где вытяжная вентиляция осуществляется посредством местных отсосов. Скорость движения воздуха, на рабочих местах должна быть не более 0,3 м/с [17].

Для обезжиривания металла и сварочных материалов от масляных загрязнений не следует применять трихлорэтилен, дихлорэтан и другие хлорированные углеводороды, так как при соединении их с азотом, присутствующим в атмосфере при дуговой сварке, может образовываться удушливый газ (фосген).

8.1.2 Освещение

Проектирование, устройство и эксплуатация освещения должны выполняться в соответствии с требованиями санитарных правил,

действующих СНиП II-A.9-71 [21], а так же правил устройства электроустановок (ПУЭ) [22].

Во всех производственных помещениях, в которых постоянно пребывает человек, должно быть предусмотрено естественное освещение. Основная задача освещения – создание наилучших условий для видения. В действующих нормах проектирования помещений СНиП II-4-79 задаются как количественная, так и качественная характеристика искусственного освещения.

При определении норм освещенности следует учитывать ряд условий вызывающих необходимость повышения уровня освещенности выбранного по точности зрительной работы. Допустимые коэффициенты пульсации в зависимости от системы освещения и характера выполняемой работы не должна превышать 10-20 % [22]. Цветовая отделка интерьеров помещений и оборудования в сварочных цехах должна соответствовать указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

Объект –цеховое помещение. В данном помещении применяется естественное и искусственное освещение. Норма освещенности должна быть не ниже 150лк. В качестве осветительных приборов применяем люминесцентные светильники марки ЛПП 12-3*54-701 У5.

8.1.3 Шумы и вибрации

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83* и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

На рабочем месте сварщика шумящее оборудование:

- сварочные автоматы;
- стенд для сборки и сварки;
- кран – балка;
- отрезной инструмент.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром. Уровень звукового давления ~ 74 дБА, что не превышает норм 80 дБА (по ГОСТ 12.1.003–83) [18].

8.1.4 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция

Нормы производственного микроклимата установлены систем стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производственной работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения. В таблице 41 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей [17].

Таблица 41 - Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтор. соед.	0,5	2	аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать величин, указанных в таблице 40.

В сварочных цехах на стационарных рабочих постах, а также, где это возможно, на нестационарных постах следует устанавливать местные отсосы.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 41 [17].

Таблица 42 - Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс	V, м/с
Сварка ручная	>0,5
Сварка в защитных газах	<0,3

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшиеся количество вредных веществ (10-20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции [18].

В нашем случае рабочее место сварщика по ПДК, относится к 2 классу опасности.

8.1.5 Электробезопасность

Причины и практические условия возникновения электропоражений:

- прикосновение к оголенным токоведущим частям, находящимся под напряжением. При этом следует отличать проводящую часть электроустановки от ее токоведущей части. Проводящая часть – часть электроустановки, которая может проводить электрический ток. Токоведущая часть – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник;

- прикосновение к корпусам электрооборудования и конструктивно связанных с ними металлическим предметам и сооружениям, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним вследствие повреждения изоляции проводов (кабелей). Указанные корпуса и металлические предметы в соответствии с терминологией, принятой в ПУЭ, относятся к открытым проводящим частям (ОПЧ). Открытая проводящая

часть – доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции. Открытую проводящую часть электроустановки не следует смешивать с понятием сторонняя проводящая часть, т. е. проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки;

- прикосновение к отключенному, но электрически заряженному оборудованию (к конденсаторам, кабелям);

- нахождение в недопустимой близости от места замыкания провода (кабеля) на землю. Например, к оборванному проводу, одним концом лежащему на земле, запрещается приближаться на расстояние менее 8 м во избежание попадания под шаговое напряжение;

- все поражения, связанные с действием электрической дуги и продуктов ее сгорания, а также с влиянием электрических и магнитных полей повышенной напряженности.

Сварщику на своем рабочем месте приходится работать с оборудованием, находящимся под напряжением 220 В и 380 В частотой 50 Гц, поэтому возникает опасность поражения электрическим током. В нашем случае, это сварочный аппарат, УШМ, автоматы для сварки – все это представляет потенциальную угрозу для человека. Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79 [27].

Основными условиями, обеспечивающими устранение электротравм являются:

- а) правильное устройство электроустановок;
- б) обученность электроперсонала;
- в) соблюдение правил по безопасному обслуживанию электроустановок;
- г) надзор за производством работ в электроустановках.

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо следовать следующим правилам техники безопасности:

- необходимо надежно заземлять корпуса источников питания и установок, а также свариваемое изделие;

- запрещено касаться голыми руками (без диэлектрических перчаток) токонесущих частей сварочных установок, а также проводов без изоляции или с поврежденной изоляцией;

- перед началом работ необходимо проверять исправность изоляции сварочных проводов, сварочного инструмента и оборудования, а также надежность всех контактных соединений сварочной цепи;

- при длительных перерывах сварочного процесса источник сварочного тока следует отключать;

- при прокладке сварочных проводов и при каждом их перемещении не допускать: повреждения изоляции, соприкосновения проводов с водой, маслом, стальными канатами, рукавами (шлангами) и трубопроводами с горючими газами и кислородом, а также с горячими трубопроводами;

- нельзя ремонтировать сварочное оборудование и установки, находящиеся под напряжением;

- сварщик не должен самостоятельно подключать источник питания сварочной дуги к силовой сети, или производить в ней ремонт, связанный с работой источника питания. Все эти работы выполняют только электрики цехов.

Все электрооборудование сварочных цехов и участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ). [21] Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок [18]. Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение.

В случае поражения сварщика электрическим током необходимо срочно отключить ток ближайшим выключателем или отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя сухие подручные материалы (шест, доску и др.). После этого положить его на теплую

подстилку и по возможности согреть. Немедленно вызвать медицинскую помощь, учитывая, что промедление свыше 5-6 минут может привести к непоправимым последствиям. При бессознательном состоянии пострадавшего следует освободить от стесняющей одежды и немедленно приступить к искусственному дыханию, также необходимо находиться рядом с пострадавшим до прибытия врача.

В нашем случае помещение для сварщика относится к 2ой группе электробезопасности (ПУЭ) [22], так как на производстве имеются перечисленные факторы опасности.

8.1.6 Расчет защитного заземления

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали.

Заземляющий проводник одним концом присоединяется к корпусу оборудования, а другим концом к заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно закреплено посредством сварки. В качестве материала для выполнения заземлений применяют сталь.

В данном подразделе проведен расчет защитного заземления для оборудования, которое работает под напряжением 380В. Для заземления используем трубы диаметром 45 мм с толщиной стенки равной 3 мм и длиной 2,7 метра, и полосовую сталь сечением 48x4 мм. Заземлители разместим в ряд. Характер грунта в месте установления заземлителей - суглинок. Защитное заземление рассчитываем по методике, изложенной в [42].

В соответствии с рекомендацией, чтобы уменьшить колебания удельного сопротивления грунта, трубчатые заземлители устанавливаем в земле на глубину (от поверхности земли до верхнего конца трубы) равную 70-80 см, а величину расстояния между трубами принимаем равной трем

длинам заземлителя ($a = 8,1$ м) верхние концы заземлителя соединены с помощью полосовой стали. Схема установки приведена на рисунке 10 [42].

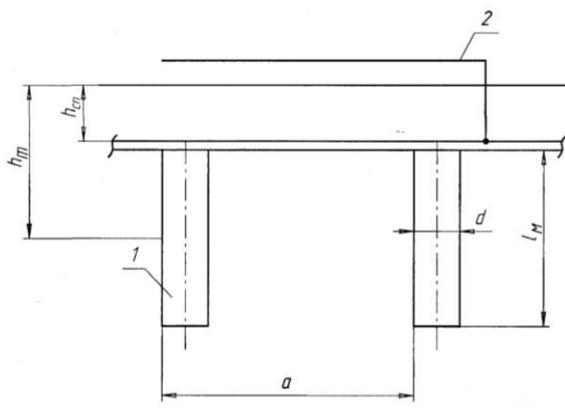


Рисунок 11 – Схема защитного заземления

1 – трубчатый заземлитель; 2 – заземляющая магистраль;

$h_m = 2,5$ м; $h_{cn} = 0,8$ м; $L_M = 3,5$ м; $d = 0,1$ м; $a = 9$ м.

По нормам для нашего случая допускаемое сопротивление заземлителей не более 4 Ом, а удельное сопротивление грунта (суглинок) составляет $\rho_T = 10^4$ Ом, [42].

Учитывая возможное промерзания грунта зимой и просыхания летом, определим расчетные значения удельного сопротивления грунта для полосы ρ_n и ρ_s , которые определяются по формулам [42]:

$$\rho_s = \rho_T \cdot K_s, \quad (38)$$

$$\rho_n = \rho_T \cdot K_n, \quad (39)$$

где K_s, K_n – коэффициенты для соответствующей климатической зоны, значения которых определяем согласно [42, табл. 5];

Для города Томска $K_s = 1,9, K_n = 4,5$

Таким образом подставляя эти значения в формулы, мы получим:

$$\rho_s = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см};,$$

$$\rho_n = 1 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}.,$$

Определяем величину сопротивления растеканию тока от одной забитой в землю трубы по формуле, [42]:

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi \cdot l_M} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_M}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_m + l_M}{4 \cdot h_m - l_M} \right), \quad (40)$$

где l_M – длина электрода, $l_M = 350$ см;

d – диаметр электрода, $d = 10$ см;

h_m – глубина заложения, $h_m = 250$ см;

$$R_3 = \frac{1,9 \cdot 10^4}{6,28 \cdot 350} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 350}{10} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 250 + 350}{4 \cdot 250 - 350} \right) = 39,8 \text{ Ом.}$$

Определяем необходимое число заземлений по формуле, [42]:

$$n = \frac{R_3}{\tau_c}, \quad (41)$$

где τ_c – допустимое сопротивление, $\tau_c = 4$ Ом.

Таким образом, необходимое число заземлений равно:

$$n = \frac{39,8}{4} = 9,97 \text{ шт.}$$

Принимаем количество труб равным $n = 10$ шт.

Определяем длину соединительной полосы по формуле, [42]:

$$l_n = a \cdot (n - 1),$$

$$l_n = 900 \cdot (10 - 1) = 8100 \text{ см.}$$

Определяем величину сопротивления растекания тока от соединительной полосы по формуле, [42]:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{h_{cn} \cdot b}, \quad (42)$$

где ρ_n – удельное расчетное сопротивление грунта для полосы:

$$\rho_n = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

l_n – длина полосы, см;

b – ширина полосы, см;

h_{cn} – глубина заложения полосы в землю, см.

$$R_n = \frac{4,5 \cdot 10^4}{6,28 \cdot 8100} \cdot \ln \frac{2 \cdot 8100^2}{80 \cdot 6} = 10,6 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление системы заземления определяется по формуле, [47]:

$$R_c = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_3 + R_n \cdot \eta_n \cdot n}, \quad (43)$$

где η_3 – коэффициент использования электродов, $\eta_3 = 0,76$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,82$.

$$R_c = \frac{39,8 \cdot 10,6}{39,8 \cdot 0,76 + 10,6 \cdot 0,82 \cdot 10} = 3,49 \text{ Ом.}$$

Проводим проверку выполнения условия: $R_c \leq \tau_c$

$$R_c = 3,49 \text{ Ом} \leq \tau_c = 4 \text{ Ом.}$$

Таким образом, результирующее сопротивление защитного заземления при рассчитанном количестве электродов не превышает допустимого.

Полученная величина при проверке удовлетворяет нормам.

8.1.7 Пожарная безопасность

Причиной возникновения пожаров в сварочных цехах машиностроительных предприятий:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования;
- искры;
- реконструкция установок с отклонением от технологических схем;
- самовозгорание промасленной ветоши и других легко-воспламеняющихся материалов.

Основы противопожарной защиты предприятий определены стандартом ГОСТ 12.1.010-76 "Взрывобезопасность. Общие требования". Этими стандартами возможная частота пожаров и взрывов допускается такой, чтобы вероятность их возникновения в течении года не превышала 10^{-6} , в соответствии с изложенным в [26].

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Пожарная безопасность объекта регламентируется, строительными нормами и

правилами, межотраслевыми правилами пожарной безопасности. Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защитой. Понятие профилактики включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для предотвращения пожара или уменьшение его последствий. В сварочном производстве в цехах сборные конструкции выполняют из негорючего материала и трудногорючего. Здания в сварочном производстве относятся по второй степени огнестойкости сооружений к категории “Г” [26].

Для быстрой ликвидации пожара нормами первичных средств пожаротушения сварочного цеха каждые 200 м² предусматривают один огнетушитель ОУ – 2, ящик с песком емкостью 0,5 м³ и две лопаты. Пожарные краны, стволы и другие средства пожаротушения должны содержаться в исправности и находиться в определенных местах.

8.2 Экологическая безопасность

Окружающая нас природа изменяется в результате человеческой деятельности. С ростом объектов промышленного производства существенно изменяется состав атмосферы, существует опасность глобального потепления климата, разрушается озоновый слой.

Мероприятия по повышению экологической чистоты можно разделить на следующие группы:

- охрана и рациональное использование водных ресурсов;
- охрана и рациональное использование воздушного бассейна.

Первая группа мероприятий направлена на создание сооружений по очистке сточных вод, систем оборотного водоснабжения.

Вторая группа мероприятий связана с сооружением установок для электрической и химической очистки газов, с обработкой и внедрением пылеуловителей, утилизаторов отходов, а так же различного вида установок для вторичного использования отходов производства. Проектируемые и внедряемые в сварочное производство машины, оборудования, технология не

должны в процессе эксплуатации вызывать вредные экологические последствия. При разработке и внедрении технологических процессов предпочтения должны отдаваться безотходным технологиям [26].

Т.к. на предприятии в качестве осветительных приборов приняты люминесцентные лампы, должны быть разработаны меры по их утилизации.

Хранение люминесцентных ламп должно осуществляться в помещении, которое отдельно расположено от производственных цехов. Оно должно соответствовать требованиям правил хранения токсичных отходов и санитарных норм. В нем должна быть налажена система вентиляции.

Полы в помещении должны быть изготовлены из водонепроницаемого материала, который препятствует попаданию вредного металла в окружающую среду. На случай аварийной ситуации в помещении для хранения ламп дневного света должно быть не менее 10 литров воды и запас марганцевого калия.

Отработанные люминесцентные светильники должны быть помещены в плотную тару. В роли ее могут выступать картонные коробки, коробки из ДСП, фанеры, бумажные или полиэтиленовые мешки. В одной картонной коробке должно быть не более 30 единиц продукции. Емкости должны быть расставлены на стеллажах, чтобы обезопасить их от любого механического воздействия. На каждой из них должна быть надпись «Отход 1 кл. опасности. Отработанные люминесцентные лампы».

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Главная задача при чрезвычайных ситуациях – защита населения от возможных средств поражения. Выполнение этой задачи достигается укрытием населения в защитных сооружениях, эвакуацией из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

В современных условиях защита осуществляется путем проведения комплекса мероприятий включающих в себя три способа защиты:

- укрытие людей в защитных сооружениях;
- рассредоточения и эвакуация;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;

Радиоактивное заражение местности, воды и воздушного пространство возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва. Местность считается зараженной при уровне радиации от 0,5 р/час и выше. Заражение предметов, техники и кожных покровов человека измеряется в миллирентгенах в час. Характерной особенностью радиоактивного взрыва является то, что постоянно происходит спад радиации во времени вследствие распада радиоактивных веществ выпавших при ядерном взрыве. Заражения человека радиоактивными веществами ведет к облучению, которое может вызвать лучевую болезнь.

На промышленных объектах здания могут обеспечивать частичную защиту от радиации в случае заражения местности и воздуха.

Предельно допустимая величина зараженности оборудования – 200млр./час [27]. При таком заражении можно пользоваться оборудованием, не подвергаясь опасности поражения.

Дезактивация – это удаление радиоактивных веществ с зараженных объектов, а так же очистка от радиоактивных веществ: воды, пищевых продуктов и т.д. Дезактивация проводится в тех случаях, когда степень заражения превышает допустимые пределы. Дезактивацию территории проводят следующими способами:

- сметанием радиоактивных веществ подметально-уборочными машинами с участков, имеющих стальное или бетонное покрытие;
- смыванием пыли;
- срезанием зараженного слоя грунта толщиной 5 - 10 см;
- засыпкой зараженных участков территории незараженным грунтом слоем 8 – 10 см;
- в зимнее время дезактивацию проводят, убирая снег и лед.

В цехах промышленных предприятий и гаражах, имеющих водостоки и цементный пол, дезактивация проводится обмыванием водой потолка, стен и пола. Станки и оборудование дезактивируются водой или мыльно – содовым раствором, а смазанные части – керосином или бензином, полнота дезактивации проверяется радиометром (внутри не выше 90 мкр/час). Если степень заражения превышает 200 мкр./час, то проведение дезактивации обязательно [24].

При проектировании новых цехов необходимо предусмотреть строительства убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно – техническими приборами, а так же средствами очистки воздуха от отравляющих веществ и биологических аэрозолей. В убежище необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, фильтровентиляционную камеру, медицинскую камеру, санитарные узлы, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход. Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления предприятия и репродуктор, подключенный к городской сети. Канализация и водоснабжение убежища осуществляется на базе городских сетей. В убежищах должно предусматриваться отопление.

В мирное время предусматривается использование убежища под учебный пункт гражданской обороны. Перевод таких помещений на режим чрезвычайных ситуаций должен осуществляться в кратчайший срок [24].

8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При подготовке сборочно-сварочных работ, инженеру сварочного производство необходимо руководствоваться следующими документами:

- Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. МинэнергоРоссии) (7-ое издание)

- СНиП II-А.9-71 "Строительные нормы и правила. Часть II, раздел А. Глава 9. Искусственное освещение. Нормы проектирования"(утв. Госстроем

СССР 29.06.1971)

- СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение. Дата актуализации: 01.11.2014

- ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности

- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

- ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

- ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

- ГОСТ 12.1.010-76 Взрывобезопасность. Общие требования

Работники, выполняющие сварочные работы, должны быть обеспечены специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, санитарно-бытовыми помещениями, а также смывающими и (или) обезвреживающими средствами. Рабочее место сварщика должно быть оснащено необходимым сборочно-сварочным оборудованием и первичными средствами пожаротушения. Стационарные рабочие места должны быть оборудованы системой вытяжной вентиляции в зоне сварки.

При выполнении сварочных работ на ОПО работники должны быть ознакомлены с правилами внутреннего распорядка, характерными опасными и вредными производственными факторами и признаками их проявления, действиями по конкретным видам тревог, другими вопросами, входящими в объёмы вводного инструктажа и первичного инструктажа на рабочем месте. Сведения о проведении инструктажей фиксируются в соответствующих журналах с подтверждающими подписями инструктируемого и инструктирующего.

На выполнение сварочных работ в зонах действия опасных производственных факторов, возникновение которых не связано с характером выполняемых работ, должен быть выдан наряд-допуск. Перечень

таких работ, порядок оформления нарядов-допусков, а также перечни должностей специалистов, имеющих право выдавать и утверждать наряды-допуски, утверждаются техническим руководителем организации, эксплуатирующей ОПО.

Сварочные работы должны выполняться в соответствии с производственно-технологической документацией по сварке, включающей производственные инструкции и технологические карты по сварке, утверждённой техническим руководителем осуществляющими сварочные работы.

При производстве сварочных работ необходимо обеспечить:

- а) идентификацию производственной документации и бланков;
- б) идентификацию использования основного материала;
- в) идентификацию применения сварочных материалов;
- г) идентификацию мест расположения сварных швов в конструкции;
- д) регистрацию сведений о сварщиках, выполняющих сварные швы;
- е) регистрацию мест и результатов исправлений сварных соединений;
- ж) контроль соответствия выполнения процесса сварки

технологическим картам сварки.

Идентификация должна предусматривать маркировку основного и сварочных материалов, технической и технологической документации, обеспечивающую прослеживаемость их применения с целью выявления возможных причин брака при проведении сварочных работ.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был выбран более производительный способ сварки, подобраны сварочные материалы, посчитаны режимы сварки, выбрано сварочное оборудование.

Было выбрано два сварочных приспособления, которые позволяют сократить время сборки ступеней и лестничных маршей.

Проведена оптимизация технологических операций процессов сборки и сварки.

Проведен технико-экономический анализ целесообразности замены способа сварки. По результатам, которого замена РДС на механизированную сварку в среде защитных газов выгоднее на 115 руб./изд. Учитывая условия, когда нужно произвести внедрение сварки в углекислом газе в производство, то срок окупаемости при ставке дисконтирования $i = 10 \%$ и инвестициях в 121630 руб. составляет $PP = 3$ года. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PI = 1,8$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Проведен анализ производства с точки зрения возникновения опасных и вредных ситуаций на производстве, разработаны меры безопасности, позволяющие избежать чрезвычайных ситуаций.

Список используемых источников

- 1 ГОСТ 23118-2012 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия
- 2 ГОСТ 26887-86 Площадки и лестницы для строительного-монтажных работ. Общие технические условия
- 3 Э.Л. Макаров. Сварка и свариваемые материалы. М.: Металлургия, 1991. – 527с.
- 4 ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия
- 5 ГОСТ 3.1407-86 Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки
- 6 ГОСТ 3.1703-79 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы
- 7 ГОСТ 3.1705-81 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Сварка
- 8 ГОСТ 3.1122-84 ЕСТД. Формы и правила оформления документов специального назначения. Ведомости технологические
- 9 ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества
- 10 ГОСТ 380-71 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования
- 11 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия
- 12 ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
- 13 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
- 14 И. Гривняк. Свариваемость сталей. М.: Машиностроение, 1984.- 215с.

15 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.

16 Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. -432 с.

17 Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.

18 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.1/ Под ред. Н.А.Ольшанского. 1978. 504с., ил.

19 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.

20 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. 462с., ил.

21 ГОСТ 23120-78 Лестницы маршевые, площадки и ограждения стальные. Технические условия

22 ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия

23 ГОСТ 15150-69 Климатические исполнения

24 СНиП II-A.9-71 Строительные нормы и правила. Часть II, раздел А. Глава 9. Искусственное освещение. Нормы проектирования"(утв. Госстроем СССР 29.06.1971)

25 СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение. Дата актуализации: 01.11.2014

26 ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности

27 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

- 28 ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
- 29 ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
- 30 ГОСТ 12.1.010-76 Взрывобезопасность. Общие требования
- 31 Белов С.В. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая школа, 1983. – 264 с.
- 32 Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.
- 33 Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. – 376 с.
- 34 Елгазин В.И. Расчет защитного заземления.
- 35 Охрана труда в машиностроении // Под ред. Е.Я. Юдина.- М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
- 36 Безопасность производственных процессов: справочник. С.В. Белов, В.Н. Бринза и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
- 37 А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз, 1962.
- 38 Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.
- 39 Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.