

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение/ОТСП
Отделение школы (ООП) Электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|--|
| Технология сборки и сварки колонны из стали СтЗсп |

УДК 621.757:621.791:693.814.25

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------|---------|------|
| 3-1В31 | Пя К.В. | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ | Хайдарова А.А. | К.т.н., доцент | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ШИП | Спицын В.В. | К.э.н., доцент | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Мезенцева И.Л. | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| 15.03.01 Машиностроение | Хайдарова А.А. | к.т.н., доцент | | |

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки Машиностроение 15.03.01
 Кафедра Оборудование и технологии сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Хайдарова А.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|----------------------------|
| Бакалаврской работы |
|----------------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 3-1В31 | Пя Константин Викторович |

Тема работы:

| | |
|--|--------------------|
| Технология сборки и сварки колонны из стали СтЗсп | |
| Утверждена приказом директора | 05.04.2018 №2345/С |

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 21.05.2018 г. |
|--|---------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> | <p>Чертеж колонны Необходимо соблюдать требования стандартов: СП 70.13330. 2012, РД 34.15.132-96. За смену необходимо изготавливать не менее двух колонн</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор существующих способов сборки и сварки подобных конструкций. 2. Анализ свариваемости металла конструкции. 3. Выбор способа сварки конструкции. 4. Выбор сварочного оборудования. 5. Технологический процесс сборки и сварки конструкции. <ol style="list-style-type: none"> 5.1. Требования к подготовке (заготовительные операции) 5.2. Требования к сборке 5.3. Требования к сварке 5.4. Требования к контролю качества 6. Заключение |

| | |
|--|---|
| | Приложение. Комплект технологических документов |
| Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Титульный лист 2. Цель и задачи работы 3. Описание сварной конструкции (материал) 4. Выбор способа сварки (сварочные материалы, сварочное оборудование). 5. Карта эскизов на сборочную операцию 6. Карта эскизов на сварочную операцию 7. Маршрутные карты технологического процесса |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> | |
| Раздел | Консультант |
| Технологическая часть | Хайдарова Анна Александровна |
| Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент | Спицын Владислав Владимирович |
| Соц.. | Мезенцева Ирина Леонидовна |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке: | |
| | |
| | |
| | |

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 21.05.2018 г. |
|---|---------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ | Хайдарова А.А. | к.т.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-1В31 | Пя Константин Викторович | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92 с., 7 рис., 34 табл., 14 источника литературы, 15 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: сталь СтЗсп, сварка в среде защитных газов, сварная колонна, технология сборки и сварки, режимы сварки.

Колонна состоит из трех основных частей, определенных их назначением: оголовка, стержня и базы. Оголовок служит опорой, на которую опирается конструкция, нагружающая колонну. Стержень является основным несущим элементом колонны, передающим нагрузку от оголовка к базе. База или башмак колонны передает нагрузку от стержня на фундамент и служит для закрепления колонны в фундаменте.

Предметом исследования является технология сборки и сварки колонны из стали СтЗсп.

Объектом исследования является процесс изготовления колонны из стали СтЗсп.

Цель работы - разработать технологию изготовления колонны из стали СтЗсп с использованием сборочно-сварочных приспособлений и механизированной сварки в среде защитных газов.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2016 и графическом редакторе "Auto CAD 2018" и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualification work 92 pages, 7 figures, 34 tables, 14 sources of literature, 15 sheets of demonstration material (slides).

Key words: St3 steel, welding in shielding gases, welded column, assembly and welding technology, welding modes.

The column consists of three main parts, defined by their purpose: the head, the stem and the base. The headliner serves as a support on which the structure supporting the column rests. The rod is the main supporting element of the column, which transfers the load from the head to the base. The base or shoe of the column transfers the load from the rod to the foundation and serves to secure the column in the foundation.

The subject of the study is the technology of assembly and welding of the column of steel St3.

The object of the study is the process of manufacturing a column of steel St3.

The aim of the work is to develop a technology for manufacturing a column made of St3 steel using assembly and welding devices and mechanized welding in protective gases.

The graduate qualification work of the bachelor is executed in the text editor MicrosoftWord 2016 and the graphic editor " Auto CAD 2018" and is presented on the CD-RW (in the envelope on the back cover).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Обозначения и сокращения

$I_{св}$ – сила тока;

$U_{д}$ – напряжение дуги;

$V_{св}$ – скорость сварки.

КПД – коэффициент полезного действия;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения
- 2 ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- 3 СПП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.
- 4 ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность» гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;
- 5 ГОСТ 12.1.003- 83 нормируемые параметры шума на рабочих местах;
- 6 ГОСТ 12.1.005- нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;
- 7 ГОСТ 12.0.002-74 требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.
- 8 ГОСТ 17.2.3.02- 78 требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Коэффициент наплавки (α_n): это коэффициент, выраженный отношением массы металла, наплавленной за единицу времени горения дуги, отнесенной к единице сварочного тока.

Сварочная ванна: часть металла свариваемого шва, находящаяся при сварке плавлением в жидком состоянии.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 11 |
| 1 Обзор существующих способов сборки и сварки конструкций..... | 13 |
| 2 Анализ свариваемости металла конструкции | 17 |
| 2.1 Оценка технологичности конструкции..... | 19 |
| 2.2 Свариваемость металла конструкции | 22 |
| 3 Выбор способа сварки конструкции | 25 |
| 3.1 Выбор способа сварки | 25 |
| 3.2 Metallургические и технологические особенности сварки в CO ₂ | 28 |
| 3.3 Выбор сварочных материалов | 30 |
| 3.4 Расчет режимов сварки | 33 |
| 3.4.1 Расчет режимов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами..... | 33 |
| 3.4.2 Расчет режимов для сварки плавящимися электродами в среде углекислого газа | 38 |
| 4.Выбор сварочного оборудования | 42 |
| 5 Технологический процесс сборки и сварки конструкции | 47 |
| 5.1 Требования к подготовке (Заготовительные операции) | 47 |
| 5.2 Требования к сборке | 47 |
| 5.3 Требования к сварке..... | 49 |
| 5.4 Требования к контролю качества | 50 |
| 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 54 | |
| 6.1 Потенциальные потребители результатов исследования | 54 |
| 6.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..... | 55 |
| 6.1.2 Технология QuaD | 56 |
| 6.1.3 SWOT-анализ..... | 59 |
| 6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований | 62 |
| 6.3 Планирование научно-исследовательских работ | 63 |
| 6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования | 63 |
| 6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ | 65 |
| 6.4 Бюджет научного исследования | 69 |

| | |
|---|----|
| 6.4.1 Расчет материальных затрат НТИ | 69 |
| 6.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ | 70 |
| 6.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы | 71 |
| 6.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы..... | 73 |
| 6.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..... | 74 |
| 6.4.6 Накладные расходы | 74 |
| 6.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ... | 75 |
| 6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..... | 75 |
| 7 Профессиональная социальная безопасность | 80 |
| 7.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в процессе исследования. | 80 |
| 7.1.1 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде..... | 81 |
| 7.1.2 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, такими как: ультрафиолетовое излучение. | 82 |
| 7.1.3 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов. | 84 |
| 7.1.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха и (или) аэрозольным составом воздуха..... | 84 |
| 7.1.5 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений, вызванным: коротковолновым электромагнитным излучением. | 86 |
| 7.2 Экологическая безопасность..... | 87 |

| | |
|---|----|
| 7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях..... | 88 |
| 7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 89 |
| Заключение | 91 |
| Список используемых источников..... | 92 |

Приложение А- Комплект технологической документации.

Диск CD-RW

В конверте на
обороте обложки.

ФЮРА.02190.00001 Комплект технологической документации.

Файл ВКР Пя К.В.docx в формате Microsoft Word.

Файл Презентация Пя К.В.ppt в формате Microsoft PowerPoint.

Введение

Сварочное производство занимает одно из главных мест в производстве конструкций из металла. Сварные соединения в металлоконструкциях являются достаточно надежными. В различных отраслях производства где применяются конструкции из металла, таких как строительной, нефтегазодобывающей, электроэнергетической, горнодобывающей, химической, машиностроительной и т.д. существенно влияет на безопасность и экономическую эффективность производства. Большая металлоёмкость требует применение высокопроизводительных и надёжных способов сварки.

Большую роль в строительной отрасли играют сварные колонны. Колоннами называются вертикальные опоры, работающие на сжатие. Они применяются в качестве промежуточных опор перекрытий больших пролетов, вертикальных элементов каркасов зданий, опор эстакад и рабочих площадок, опор трубопроводов и т. п.

В зависимости от условий передачи нагрузки различают центрально сжатые и внецентренно-сжатые колонны. Центрально сжатые колонны воспринимают продольную силу, приложенную по оси колонны и вызывающую в ней сжатие, распределенное равномерно по площади поперечного сечения. Внецентренно-сжатые колонны, кроме осевого сжатия, воспринимают еще и изгиб от момента, созданного внецентренным приложением продольного усилия. По конструктивному оформлению различают сплошные колонны, имеющие сплошное поперечное сечение и сквозные или решетчатые колонны, состоящие из отдельных ветвей, соединенных между собой прерывистыми связями.

Колонна состоит из трех основных частей, определенных их назначением: оголовка, стержня и базы. Оголовок служит опорой, на которую опирается конструкция, нагружающая колонну. Стержень является основным несущим элементом колонны, передающим нагрузку от оголовка к

базе. База или башмак колонны передает нагрузку от стержня на фундамент и служит для закрепления колонны в фундаменте.

Предметом исследования является технология сборки и сварки колонны из стали СтЗсп.

Объектом исследования является процесс изготовления колонны из стали СтЗсп.

Цель работы - разработать технологию изготовления колонны из стали СтЗсп с использованием сборочно-сварочных приспособлений и механизированной сварки в среде защитных газов.

1 Обзор существующих способов сборки и сварки конструкций

Одним из видов металлоконструкций являются колонны. Колонны предназначены для создания несущего каркаса здания. Их особенность состоит в работе на сжатие. Колонны передают сжимающие нагрузки на фундамент здания.

По конструкции колонны бывают коробчатого, трубчатого и пространственного вида. Изготавливаются с консолями и без них. Консоли колонн имеют назначение для монтажа на них подкрановых балок и металлоконструкций мостового крана.

Основные элементы колонн - это оголовок, монтажная пятая, консоль, ребра жесткости и тело колонны (стойка) [1].

Монтажная пятая предназначена для монтажа металлоконструкции на фундамент. Ее еще называют основанием колонны. На оголовок колонны устанавливают металлоконструкции кровли.

Ребра жесткости имеют назначение придания металлоконструкции жесткости и надежности. Их устанавливают в местах большой нагрузки на металлоконструкцию.

Тело колонны - это основной рабочий элемент металлоконструкции, работающий на сжатие. Соединения с другими колоннами осуществляется с помощью сварки, болтами или клепками.

Изготавливают колонны на машиностроительных заводах и заводах металлоконструкций.

Основным материалом для изготовления колонн является металлопрокат. Для изготовления колонн используют: уголок, швеллер, двутавр, трубы, листовой металл [1].

Для изготовления колонн применяют ручную дуговую, полуавтоматическую, автоматическую сварку.

Колонны делятся: на сплошные и сквозные сечения.

Сварная конструкция, представленная на рисунке 1, является колонной для изготовления цехового помещения и может быть использована как в качестве угловой, так и в качестве промежуточной колонны.

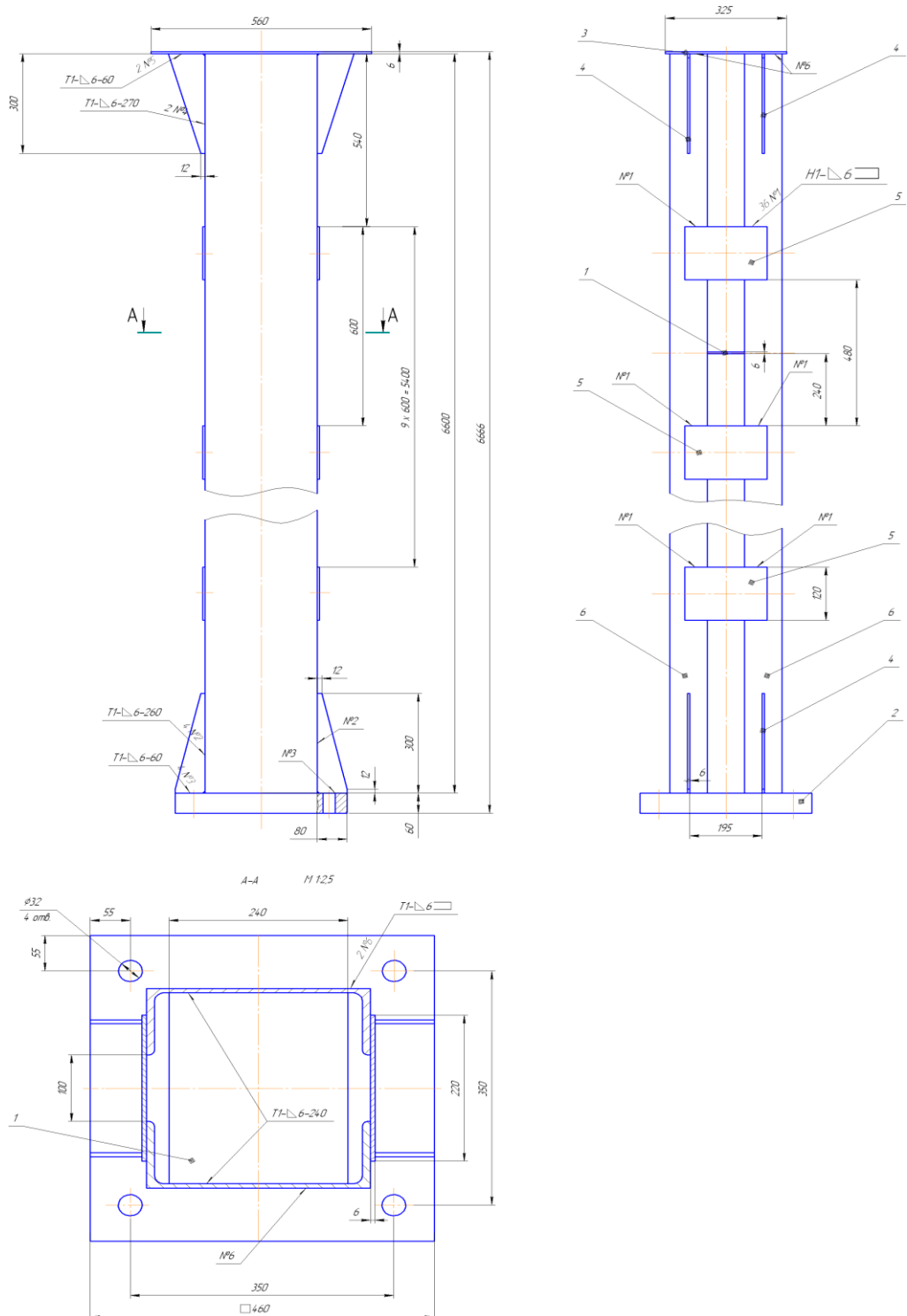


Рисунок 1 – Сварная колонна

1 – внутреннее ребро жесткости; 2 – основание; 3 – оголовок колонны;
4 – ребро жёсткости; 5 – накладки; 6 – швеллера

Изготавливаемая опорная колонна имеет сквозное сечение. Стержень сквозной центрально-сжатой колонны состоит из двух ветвей (швеллеров) 6, связанных между собой пластинами (накладками) 5. Количество пластин определяем согласно проекту 22 шт. (по 11 с каждой стороны). Ребра жесткости 4 устанавливаем по две штуки к широкой полке швеллера, у основания 2 и оголовка стойки 3 [1].

В сквозных колоннах из двух ветвей необходимо обеспечивать зазор между полками ветвей (100 - 150 мм) для возможности окраски внутренних поверхностей.

Расстояние между ветвями опорной колонны позволяет провести окраску и сборку конструкции, так как составляет 100 мм/

Швеллеры устанавливаем полками внутрь, согласно проекту, в сварных колоннах сквозного сечения этот метод является наиболее выгодным, так как в этом случае решетки получаются меньшей ширины, и лучше используется габарит колонны [1].

Решетки, соединяющие ветви, образуют стержень колонны и существенно влияют на устойчивость колонны в целом. Применяются решетки разнообразных систем: из раскосов, из раскосов и распорок и как в нашем случае безраскосного типа в виде планок (рисунок 2).

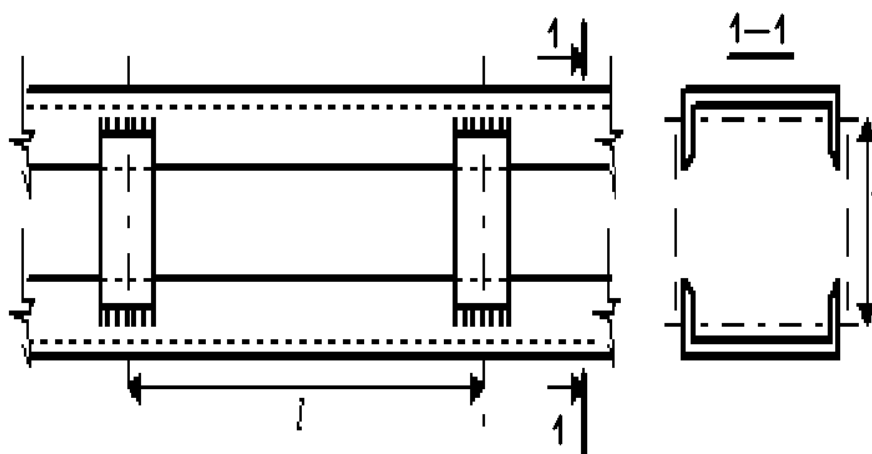


Рисунок 2 – Конструктивная схема сквозного сечения на планках

Планки создают в плоскости грани колонны безраскосную систему с жесткими узлами и элементами, работающими на изгиб, вследствие чего безраскосная решетка оказывается менее жесткой

Безраскосная решетка хорошо выглядит и является более простой, ее часто применяют в колоннах с небольшой расчетной нагрузкой до 2000 - 2500 кН. Нагрузка, прикладываемая к опорной стойке, не превышает 2000 кН

Чтобы сохранить неизменяемость контура поперечного сечения сквозной колонны, ветви колонн соединяют поперечными накладками [1].

2 Анализ свариваемости металла конструкции

Проектируемая опорная колонна изготовлена из швеллера и листовой стали.

Стальные горячекатаные швеллеры общего и специального назначения изготавливают высотой от 50 до 400 мм и шириной полок от 32 до 115 мм по ГОСТ 8240-97 [2].

Швеллера поставляются в основном из стали СтЗсп и стали 09Г2С. Колонна работает в режиме статической нагрузки, и дополнительных требований по прочности к ней не предъявляются, поэтому экономически целесообразнее для ее изготовления конструкции используем сталь СтЗсп.

Для изготовления колонны используется швеллер 30П по ГОСТ 8240-97 [2]. Швеллер определяется рядом параметров (Рисунок 3.)

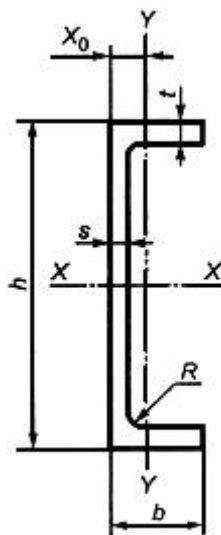


Рисунок 3 – Эскиз швеллера с параллельными гранями полок
Швеллер 30 размеры для класса "п", с параллельными полками:

Высота - 300мм;

Толщина швеллера - 6,5мм;

Длина боковых полок - 100мм;

Толщина боковых полок - 11,0мм.

Листовая сталь используется 2-х толщин: 6 мм для оголовка и 60 мм для основания.

Листовую сталь подразделяют по:

способу производства:

- горячекатаная,
- холоднокатаная;

толщине:

- от 0,5 до 3,9 мм –тонколистовая,
- от 4 до 160 мм –толстолистовая;

видам поставки:

- листы,
- рулоны.

Настоящий стандарт распространяется на толстолистовой горячекатаный прокат из углеродистой стали обыкновенного качества, изготовляемый шириной 500 мм и более, толщиной от 4 до 160 мм включительно согласно ГОСТ 19903-90.

Характеристика материала

Сталь СтЗсп - конструкционная углеродистая обыкновенного качества

Применяется при изготовлении несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах [3].

Таблица 1 – Химический состав в % материала СтЗсп

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | N | Cu | As |
|----------------|---------------|---------------|-----------|------------|------------|--------|----------|--------|---------|
| 0,14 – 0,22 | 0,15 – 0,3 | 0,4 – 0,65 | до 0,3 | до 0,05 | до 0,04 | до 0,3 | до 0,008 | до 0,3 | до 0,08 |

Таблица 2 – Механические свойства при T=20 °C материала СтЗсп

| Сортамент | Размер | σ_b | σ_T | δ_5 | KCU |
|------------------|--------------|------------|------------|------------|----------------------|
| Ст 3 сп | мм | МПа | МПа | % | Дж / см ² |
| Сталь горячекат. | Св 5.0 до 10 | 380-490 | 245 | 25 | 108 |
| | Св 40 до 100 | 370-480 | 225 | 23 | 69 |

Твердость материала СтЗсп: HB 10⁻¹ = 131 МПа.

Таблица 3 – Технологические свойства материала СтЗсп

| | |
|----------------------------------|------------------|
| Свариваемость | без ограничений |
| Флокеночувствительность | не чувствительна |
| Склонность к отпускной хрупкости | не склонна |

Сварка производится без подогрева и без последующей термообработки

2.1 Оценка технологичности конструкции

Согласно требованиям стандартов, отработку изделия на технологичность проводят в определенном порядке. Сначала подбирают и анализируют исходные материалы для оценки технологичности конструкции, уточняют объем выпуска. Затем проводят анализ показателей технологичности, в частности – производственной и эксплуатационной. После этого проводят сравнительную оценку и расчет уровня технологичности конструкции [4].

Оценка технологичности конструкции может быть качественной и количественной. Качественная оценка определяет в основном конструкторно-технологическое достоинство составных частей конструкции (деталей, сборочных единиц) и выражает технологичность, обобщенную на основе производственного опыта исполнителя.

Количественная оценка технологичности конструкции осуществляется с помощью системы показателей, которые используются для сравнительной оценки вариантов конструкции в процессе проектирования изделия, определения уровня технологичности разработанного изделия, накопления статистических данных и прогнозирования технического совершенствования конструкции изделия [4].

Технологичной с точки зрения сборки является конструкция изделия:

- допускающая параллельную и независимую сборку, контроль и испытание отдельных ее сборочных единиц;

- позволяющая осуществлять сборку без пригонки с полной взаимозаменяемостью деталей и сборочных единиц;

- обеспечивающая простоту сборки, доступность к местам монтажа и возможность применения высокопроизводительных методов сборки.

Оценка технологичности конструкций рассматривается в условиях изготовления их на заводе, имеющем полный комплекс современного технологического оборудования.

Технологичная конструкция требует наименьших затрат труда и средств.

В нашем случае габаритная ширина изделия (опорной колонны) включает оголовки и пята, вылет которых не будет сильно превышать размер колонны и позволит вести отгрузку до нескольких штук одновременно. В условиях среднего и мелкосерийного производства колонн конструкция изделия позволяет складировать сменную норму опорных колонн, что в свою очередь позволит сохранить время на транспортировку и не позволит снизить выпуск готовой продукции.

Оценка конструкции изделия на технологичность должна подкрепляться анализом экономических показателей, сопоставлением затрат на его производство и эксплуатацию с аналогичными показателями лучших мировых и отечественных образцов новой техники.

При экономической оценке затрат на производство конструкции учитывают частные (увеличение объема выпуска продукции и сокращение цикла ТПП-технологической подготовки производства), обобщающие (трудоемкость, производительность труда, капитальные вложения, себестоимость продукции и оптовая цена) и результирующие (рост производительности труда, снижение себестоимости, изменение капитальных вложений, приведенные затраты и годовой экономический эффект) показатели [4].

Сквозные колонны экономичны по расходу металла, но трудоемки в изготовлении, так как из-за большого количества сборочных деталей

механизация процесса сборки затруднена. Тем не менее, колонны со сквозным сечением позволяют получить при небольшом сечении ветвей довольно большое сечение самой колонны.

Общий коэффициент использования металла K_{NM} вычисляется по формуле:

$$K_{NM} = \frac{G_D}{G_3}, \quad (1)$$

где G_D - масса готовой детали, г;

G_3 - масса заготовки, г.

Заготовкой является швеллер и листовой прокат, масса которого равна 624840 г. Готовой деталью является колонна, после резки и подготовки кромок, масса которой равна 548760 г.

$$K_{NM} = \frac{548760}{624840} = 0,88 .$$

Коэффициент протяжённости сварных швов $K_{пш}$ вычисляется по формуле:

$$K_{пш} = \frac{L_{ш}}{G_K}, \quad (2)$$

где $L_{ш}$ - длина сварных швов, м;

G_K - масса конструкции, г.

Массу конструкции вычисляем по формуле:

$$G_K = G_D + G_H, \quad (3)$$

где G_H - масса наплавленного металла, кг.

Масса наплавленного металла вычисляется по формуле:

$$G_H = F_H \times L \times \gamma, \quad (4)$$

где L - длина сварного шва, см;

F_H - площадь наплавленного металла (рассчитывается в п.3.4.2), мм²;

γ - плотность металла, г/см³.

Подставим все известные значения в формулы (4), (3) и получим:

$$G_H = 0,225 \times 113 \times 7,8 = 198 \text{ г};$$

$$G_K = 548760 + 198 = 548958 \text{ з.}$$

Сварочная колонна состоит из нескольких сварных швов, суммарная длина которых составляет $L = 113 \text{ см}$, и тогда по формуле (2) получаем:

$$K_{\text{шв}} = \frac{0,113}{548958} = 0,4 \times 10^{-6}.$$

Показатель отношения массы наплавленного металла к массе всей конструкции вычисляется по формуле:

$$m = \frac{G_H}{G_K} \times 100 = \frac{198}{548958} \times 100 = 0,04 \%. \quad (5)$$

Коэффициент использования оборудования по силе сварочного тока вычисляется по формуле:

$$K_{\text{и.об.}} = \frac{I_{\text{ср}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{115}{500} = 0,23. \quad (6)$$

Согласно результатам расчетов, можно считать конструкцию колонны технологичной. А также при использовании современного оборудования и более производительного метода сварки получим более качественную конструкцию.

2.2 Свариваемость металла конструкции

Способность стали к образованию качественного сварного соединения называют свариваемостью, которая определяется внешними и внутренними факторами. К ним помимо химического состава относятся технология сварки (режимы), жесткость сварного узла, а также комплекс требований, предъявляемых к сварному соединению условиями эксплуатации.

Свариваемость является качественной характеристикой и для разных сталей не одинакова. Стали подразделяют по свариваемости на четыре группы [3].

1. Стали с хорошей свариваемостью, при сварке которых качественное сварное соединение получается при обычных режимах всеми видами сварки без предварительного и сопутствующего подогрева.

2. Стали с удовлетворительной свариваемостью - качественное сварное соединение можно получить только в узком диапазоне режимов с применением дополнительных технологических мероприятий (предварительный подогрев конструкции).

3. Стали с ограниченной свариваемостью, при сварке которых удовлетворительное качество сварных соединений достигается в очень узком диапазоне режимов сварки с обязательным предварительным и сопутствующим подогревом при сварке и последующей после сварки термической обработкой.

4. Стали с плохой свариваемостью, при сварке (или после сварки) которых образуются горячие или холодные трещины даже при применении специальных технологических мероприятий. Признаком плохой свариваемости считается также повышенная склонность металла к образованию закалочных структур в зоне сварки.

Наибольшее влияние на свариваемость сталей оказывает углерод. С увеличением содержания углерода, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается. Для сварных конструкций в основном применяют конструкционные низкоуглеродистые, низколегированные, а также легированные стали. Чем выше содержание углерода в стали, тем больше опасность трещинообразования, труднее обеспечить равномерность свойств в сварном соединении. Низкоуглеродистые и низкоуглеродистые низколегированные стали обладают хорошей свариваемостью. Важное требование при сварке рассматриваемых сталей - обеспечение равнопрочности сварного соединения с основным металлом и отсутствие дефектов в сварном шве. Для этого механические свойства металла шва и околошовной зоны должны быть не ниже нижнего предела соответствующих свойств основного металла [2].

При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей при применении соответствующих сварочных материалов металл шва легирован кремнием и марганцем больше, чем основной металл. Поэтому его

механические свойства в большинстве случаев выше, чем у основного металла. В этом случае основное требование при сварке - получение сварного шва с необходимыми геометрическими размерами и без дефектов.

Швы, сваренные из СтЗсп всеми способами сварки, обладают удовлетворительной стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и не склонны к образованию холодных трещин. В этом можно убедиться путём оценки влияния термического цикла сварки на закаливаемость околошовной зоны [5].

Если при подсчете эквивалента углерода окажется, что $C_э < 0,45\%$, то данная сталь сваривается без предварительного подогрева.

Эквивалент углерода определим по формуле:

$$C_э = C_x + C_p, \quad (7)$$

где C_x - химический эквивалент углерода;

C_p - размерный эквивалент углерода.

Химический эквивалент углерода определим по формуле [4]:

$$C_x = C + \frac{1}{9} \cdot Mn + \frac{1}{9} \cdot Cr + \frac{1}{18} \cdot Ni + \frac{1}{2} \cdot Mo, \quad (8)$$

Согласно химическому составу СтЗсп (таблица 1) химический эквивалент углерода равен:

$$C_x = 0,22 + \frac{1}{9} \cdot 0,65 + \frac{1}{9} \cdot 0 + \frac{1}{18} \cdot 0 + \frac{1}{2} \cdot 0 = 0,292 \%$$

Определим размерный эквивалент углерода по формуле:

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_x, \quad (9)$$

где S - толщина свариваемой стали, $S = 6$ мм.

Таким образом,

$$C_p = 0,005 \cdot 6 \cdot 0,292 = 0,0088 \%$$

Следовательно, эквивалентное содержание углерода равно:

$$C_э = 0,292 + 0,0088 = 0,3008 \%$$

Поскольку $C_э$ оказалось меньше 0,45%, то предварительный подогрев для данной марки стали, при её толщине: $S = 6$ мм, не требуется.

3 Выбор способа сварки конструкции

3.1 Выбор способа сварки

Наиболее приемлемыми способами сварки для колонн сквозного сечения являются используемый способ - ручная дуговая сварка покрытыми электродами и выбранный сварка в защитных газах (сварка в CO_2).

Ручная дуговая сварка штучными (покрытыми) электродами (сокращенно РДС) применяется для сварки углеродистых и нержавеющей сталей. Углеродистые стали могут свариваться на переменном и постоянном токе, нержавеющей стали - только на постоянном токе. Ручная электродуговая сварка покрытыми электродами позволяет использовать длинные сварочные кабели (при монтажных и строительных работ), сварочное оборудование для РДС транспортабельно и просто в обращении, а разнообразие марок электродов позволяет сваривать почти любой материал. Толщина металла соединяемых элементов более 2 мм при небольшой протяженности швов [6].

Сущность способа. К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный или переменный сварочный ток. Сварочная горит между металлическим стержнем электрода и основным металлом. Под действием тепла дуги покрытие электрода, стержень и основной металл расплавляются, образуя сварочную ванну. Капли жидкого металла с торца расплавленного электродного стержня переносятся в ванну через дуговой промежуток. Плавящееся покрытие электрода, образует вокруг дуги газовую защиту и жидкую шлаковую ванну. По мере движения дуги, металл сварочной ванны остывает, образуя сварочный шов, покрытый шлаковой коркой [6].

Достоинства способа:

- простота и надежность оборудования;
- возможность сварки во всех пространственных положениях и условиях монтажа;

- возможность сварки в труднодоступных местах;
- возможность сварки различных материалов.

Недостатки способа:

- малая производительность;
- высокая квалификация сварщика при сварке ответственных сварных конструкций;
- вредные и тяжёлые условия труда.

Широкое распространение получили сварка и наплавка в среде углекислого газа (CO_2) – сварка плавящимся электродом (проволокой). Такой способ является самым дешевым при сварке углеродистых и низколегированных сталей и более производительным. Поэтому по объему производства он занимает одно из первых мест среди механизированных способов сварки плавлением [2].

При сварке в защитном газе электрод, зона дуги и сварочная ванна защищены струей защитного газа.

Для сварки используется CO_2 – бесцветный газ, со слабым запахом, в 1,52 раза тяжелее воздуха, нерастворим в твердых и жидких металлах. Выпускают углекислый газ сварочный, пищевой и технический, имеющие соответственно чистоту 99,5, 98,5 и 98,0 %. Для сварки газ поставляют и хранят в сжиженном состоянии под давлением 7 МПа в стальных баллонах объемом 40 л.

Этого количества газа достаточно на 15-20 часов работы. Чтобы влага, содержащаяся в углекислоте, не вызывала разбрызгивание металла при сварке предусмотрен осушитель газа (медный купорос). В качестве редуктора используется обыкновенный кислородный редуктор. Сварка в углекислой среде производится током обратной полярности. Расход углекислого газа 400-500 л/мин. получается узкий и глубокий шов и малая зона термического влияния [6].

Сварку в углекислом газе выполняют только плавящимся электродом на повышенных плотностях постоянного тока обратной полярности.

Сварка в атмосфере защитных газов в зависимости от степени механизации процессов подачи присадочной или сварочной проволоки и перемещения сварочной горелки может быть ручной, полуавтоматической и автоматической.

Область применения сварки в защитных газах охватывает широкий круг материалов и изделий. В углекислом газе сваривают конструкции из углеродистых и низколегированных сталей. Преимущество полуавтоматической сварки в CO_2 с точки зрения ее стоимости и производительности часто приводит к замене ею ручной дуговой сварки покрытыми электродами [7].

Достоинства способа:

- возможность сварки во всех пространственных положениях;
- высокая производительность (в 1,5-2 раза выше, чем у РДС);
- высокая проплавливающая способность;
- значительный спектр свариваемых материалов;
- отсутствие шлаков на поверхности сварочной ванны;
- более лёгкая техника сварки.

Недостатки способа:

- использование дополнительного газового оборудования;
- проблемы сварки в условиях монтажа (сквозняки, ветер, дождь);
- разбрызгивание при крупнокапельном переносе.

Выбор того или иного способа сварки в каждом конкретном случае должен производиться с учетом ряда факторов, главными из которых являются:

- свойства свариваемого металла;
- толщина металла;
- габариты конструкции;
- экономическая эффективность

По сравнению с другими способами, сварка в защитных газах обладает рядом преимуществом:

-высокая степень концентрации дуги, обеспечивающая минимальную зону структурных превращений и относительно небольшие деформации изделия;

-высокая производительность;

-высокоэффективная защита расплавленного металла;

-возможность визуального наблюдения за формированием шва;

-низкая стоимость углекислого газа;

-возможность сварки металлов различной толщины;

-отсутствие операции по удалению шлака;

-возможность сварки в различных пространственных положениях.

Недостатки способа:

-применение газовой аппаратуры;

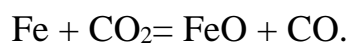
-применение защитных мер против световой и тепловой радиации дуги;

-повышенное разбрызгивание электродного металла.

На основании из выше перечисленных факторов выбираем сварку в среде углекислого газа плавящимся электродом.

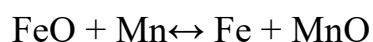
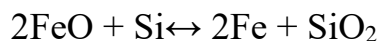
3.2 Metallurgical and technological features of welding in CO₂

Дуговая сварка в защитных газах. Из активных защитных газов наибольшее распространение получил углекислый газ CO₂. Особенность металлургических процессов в этом случае обусловлена его сильным окислительным действием. Газовая среда в дуге, горящей в CO₂, имеет более окислительный характер (33% O₂), чем при горении ее на воздухе (21% O₂). Поэтому наблюдается сильное окисление сварочной ванны по реакции:



Одновременно происходит диссоциация углекислого газа. Атомарный кислород также окисляет в сварочной ванне железо и другие примеси: кремний, марганец, углерод и т. д. Эти реакции происходят как в период перехода капле электродного металла в дуге, так и на поверхности самой ванны. Для управления реакцией окисления, а также пополнения потерь

элементов применяют электродные Проволоки с повышенным содержанием марганца и кремния (Св-08ГС, Св-08Г2С и др.). При использовании этих проволок в зоне понижения температуры в сварочной ванне протекают реакции раскисления:



Образующиеся оксиды марганца и кремния всплывают на поверхность сварочной ванны.

Сварка в углекислом газе

У процесса сварки в углекислом газе есть свои технологические особенности. Ее обычно выполняют на постоянном токе обратной полярности плавящимся электродом. Главными параметрами режима сварки в CO_2 и его смесях являются полярность и сила тока, напряжение дуги, диаметр, скорость подачи, вылет и наклон электрода, скорость сварки, расход и состав защитного газа. Выбирается сварочный ток и диаметр электродной проволоки исходя из толщины свариваемого металла и расположения шва в пространстве. Стабильный процесс сварки с положительными технологическими параметрами можно достичь только в определенном диапазоне силы сварочного тока, зависимой от диаметра и состава электродной проволоки и рода защитного газа. Величина сварочного тока характеризует глубину проплавления и производительность процесса сварки. Величину сварочного тока регулируют изменением скорости подачи сварочной проволоки. Основной параметр режима сварки в CO_2 – это напряжение дуги. При повышении напряжения увеличивается ширина шва, улучшается его формирование, но вместе с этим увеличивается и угар полезных элементов кремния и марганца, повышается чувствительность дуги к магнитному дутью, увеличивается разбрызгивание металла сварочной ванны. Если понижено напряжение дуги, то становится хуже формирование сварочного шва. Оптимальные значения напряжения дуги зависят от величины сварочного тока, диаметра, а также от состава электродной

проволоки и защитного газа. Режим сварки в CO_2 выбирают на основании обобщенных опытных данных. Перед тем, как приступить к работе со сваркой, необходимо настроить расход газа и подождать 20-30 секунд до того, как воздух полностью удалится из шлангов. Перед тем, как зажжётся дуга, необходимо проследить, чтобы вылет электрода из мундштука не был больше 20 - 25 мм. Движение горелки не должно сопровождаться задержкой дуги на сварочной ванне, так как эта задержка вызывает усиленное разбрызгивание металла. Сварка в нижнем положении осуществляется с наклоном горелки под углом 5 - 15° вперед или назад. Желательно вести сварку углом назад, так как при этом обеспечивается более надежная защита сварочной ванны [8].

3.3 Выбор сварочных материалов

Сварочные материалы при сварке опорной стойки принимаются исходя из способа сварки

Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

В ГОСТ 9467 – 75 «Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей» приведено четырнадцать типов электродов для сварки конструкционных сталей. К данным типам электродов относятся также и электроды для сварки низкоуглеродистых сталей.

При сварке конструкций из низкоуглеродистых сталей широко используются электроды с рутил-карбонатным покрытием типа Э46 марки МР-3. Для особо ответственных сварных конструкций используют электроды с фтористо-кальциевым и фтористо-кальциево-рутиловым покрытием типа Э42А марок УОНИ-13/45 и СМ-11, обеспечивающие повышенные пластические свойства и стойкость металла шва против кристаллизационных трещин. Электроды марки СМ-11 в отличие УОНИ-13/45 пригодны для сварки не только постоянным, но и переменным током.

Содержание водорода в металле шва выполненным электродами СМ-11 несколько выше, чем в металле шва выполненным электродами УОНИ-13/45. Сравним сварочно-технологические характеристики электродов приведенных в таблице 4.

Таблица 4 – Сварочно-технологические характеристики электродов

| Сварочно-технологические свойства | Марки электродов | | |
|--|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| | СМ-11 | УОНИ-13/45 | МР-3 |
| Устойчивость дуги | удовлетворит. | удовлетворит. | удовлетворит. |
| Разбрызгивание | обычное, потери 4 - 6 % | умеренное, потери 7 - 8% | малое |
| Формирование шва | удовлетворит. | хорошее | удовлетворит. |
| Отделимость шлаковой корки | удовлетворит. | удовлетворит. | удовлетворит. |
| Склонность металла шва к образованию трещин | малая | малая | малая |
| Типичный коэффициент наплавки | 9,5 г/А·ч | 9,5 г/А·ч | 8,5 г/А·ч |
| Расход электродов на 1кг наплавленного металла | 1,45кг | 1,6 кг | 1,7 кг |

С учётом технологических характеристик, представленных выше, выбираем электроды марки УОНИ-13/45. Эти электроды для ответственных конструкций из углеродистых и низкоуглеродистых сталей, когда к металлу шва предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости, для конструкций, работающих под динамическими нагрузками в условиях отрицательных температур; работающих под давлением, сварка металлов большой толщины. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности [5].

Химический состав наплавленного электродами марки УОНИ 13/55 металла представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав наплавленного металла, %

| Марка электрода | C | Si | Mn | S | P |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| УОНИ 13/45 | 0,08-0,11 | 0,20-0,30 | 0,45-0,80 | ≤0,030 | ≤0,030 |

Выбор сварочных материалов для сварки в CO₂

Сварочная проволока для получения более прочного и качественного шва принимается 3-х видов.

Таблица 6 – Марки проволоки, пригодной для использования при сварке в углекислом газе

| Марка проволоки | Назначение |
|-----------------|---|
| Св-08ГС | Сварка углеродистых и низколегированных сталей токами до 300—400А. |
| Св-08Г2С | Сварка углеродистых и низколегированных сталей токами до 600—750 А. |
| Св-10ХГ2С | Сварка низколегированных сталей повышенной прочности. |

Исходя из состава проволоки, обеспечивающего необходимые свойства шва, и меньшей стоимости принята марка Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 диаметром 1,2 мм. Сварочная проволока должна соответствовать по химическому составу требованиям ГОСТ 2246-70 (таблица 7).

Таблица 7 – Химический состав материала Св-08Г2С, %

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu |
|-------------|---------|-----------|--------|----------|--------|--------|--------|
| 0,05 – 0,15 | 0,7 - 1 | 1,5 – 2,3 | до 0,3 | до 0,025 | до 0,3 | до 0,3 | до 0,3 |

Углекислый газ (CO₂) или углекислота широко распространена в природе. Углекислый газ - не ядовит, бесцветен, имеет едва ощутимый запах. Углекислый газ хорошо растворяется в воде. Углекислоту транспортируют и хранят в стальных баллонах или цистернах большой емкости в жидком состоянии. Углекислота в баллонах находится под давлением 7,5 МПа. В баллоне емкостью 40 л содержится 25 кг CO₂. При испарении 25 кг углекислоты образуется 12750 л газа. Расход газа при сварке изменяется от

1,0 до 1,4 м³/ч. Баллон окрашен в черный цвет с надписью “углекислота” желтого цвета. [9]

Для сварки используют сварочную углекислоту 1 и 2 сортов (99,5 и 99%), которые отличаются лишь содержанием паров воды (соответственно 0178 и 0,515 Н₂О в 1 м³ СО₂).Выбираем углекислоту 1 сорта т.к. концентрация паров воды в ней наименьшая.

3.4 Расчет режимов сварки

3.4.1 Расчет режимов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Типовые узлы сварочной колонны приведены на рисунке 4.

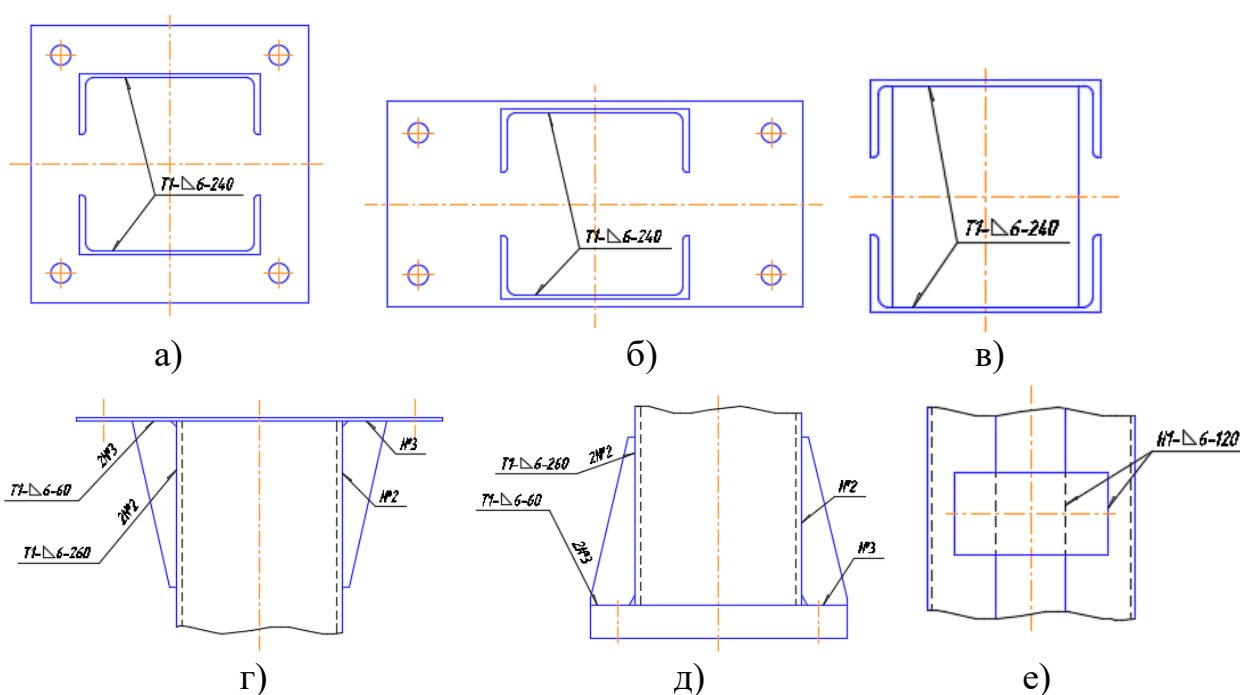
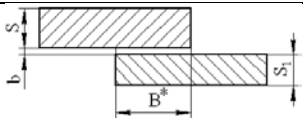
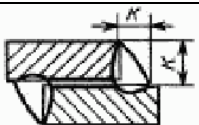
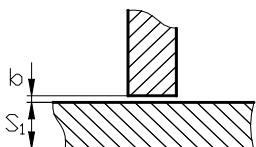
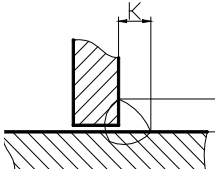


Рисунок 4 – Узлы сварочной колонны: а) швеллеры с основанием колонны; б) швеллеры с оголовком колонны; в) внутреннее ребро жесткости со швеллерами; г) ребра жесткости с оголовком колонны; д) ребра жесткости с основанием колонны; е) накладки со швеллерами

При ручной дуговой сварке установлены следующие геометрические размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва, которые приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Геометрические размеры подготовки кромок при ручной дуговой сварке (ГОСТ 5264-80)

| Условное обозначение | Конструктивные элементы | | s | B | b | |
|----------------------|--|--|------------|------|---------|------------|
| | подготовленных кромок свариваемых деталей | сварного шва | | | Номи н. | Пред. откл |
| H1 |  $S_1 \geq S$ |  | От 5 до 10 | 8-40 | 0 | +1,5 |
| T1 |  $S_1 \geq S$ |  | От 3 до 15 | | 0 | +2 |

Режимом сварки называют совокупность основных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества. При РДС это диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход дуги, число проходов, род тока, полярность.

Расчет режимов ручной дуговой сварки производим согласно [6].

Выбор диаметра электрода.

Для толщины металла от 6 мм для сварки во всех пространственных положениях для катета 6 мм рекомендуется применять электроды диаметром 4 мм.

Общая площадь наплавленного металла:

$$F_n = \frac{K_y \cdot K^2}{2} \quad (10)$$

где K - катет шва;

K_y - коэффициент, учитывающий усиление шва.

Для катета 6 мм $K_y=1,25$

Подставим значения:

$$F_H=1,25 \cdot 6^2/2 = 22,5 \text{ мм}^2 < 30 \text{ мм}^2,$$

следовательно, сварка будет осуществляться за один проход.

При ручной дуговой сварке сила тока выбирается в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j \quad (11)$$

где $d_э$ – диаметр электрода, мм, для катета 6 мм $d_э=4$ мм,

j – допускаемая плотность тока, А/мм² для электродов с основным покрытием $j = 10 - 14,5$, принимаем приближенно среднее $j = 12$ [6].

Подставим значения:

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 12 = 151 \text{ А}.$$

Для дальнейших расчетов принимаем $I_{св}=151$ А.

Определим напряжение на дуге по формуле:

$$U_д = 20 + 0,04 \cdot I_{св} \quad (12)$$

Подставим значения:

$$U_д = 20 + 0,04 \cdot 150 = 26 \text{ В},$$

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} \quad (13)$$

где α_H –коэффициент наплавки($\alpha_H=9,5$ г/А·ч);

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, $\gamma = 7,8$ г/см³;

F_H – площадь поперечного сечения металла, наплавленного за данный проход, см².

Подставим значения:

$$V_{св} = \frac{9,5 \cdot 150}{3600 \cdot 7,8 \cdot 22,5 \cdot 10^{-2}} = 0,23 \text{ см/с} = 8,28 \text{ м/ч}$$

Определим погонную энергию по формуле:

$$q_n = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}} \quad (14)$$

где $I_{св}$ - сварочный ток, А;

U_d – напряжение, В;

$V_{св}$ - скорость сварки, см/с;

$\eta_u = 0,8$ – эффективный КПД, для ручной дуговой сварки (покрытыми электродами на постоянном токе $\eta_u = (0,75 \dots 0,85)$).

Подставим значения:

$$q_n = \frac{150 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,23} = 13565 \text{ Дж / см}$$

Определим глубину проплавления по формуле:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{q_n} \quad (15)$$

Подставим значения:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{13565} = 0,65 \text{ см}$$

Действительные условия ввода теплоты в изделие при ручной дуговой сварке отличаются от расчетной схемы, следовательно, глубина провара определяется по формуле:

$$H = (0,5 \div 0,7)r \quad (16)$$

Подставим значения:

$$H = (0,5 \div 0,7) \cdot 0,65 = 0,33 \div 0,46 \text{ см}$$

С учетом того, что формула (16) является расчетной для стыковых соединений, принимаем глубину провара $H=0,3$ см.

Фактическая форма провара представляет собой полуэллипс, площадь которого можно определить по формуле:

$$F = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2} \quad (17)$$

где a, b - полуоси эллипса.

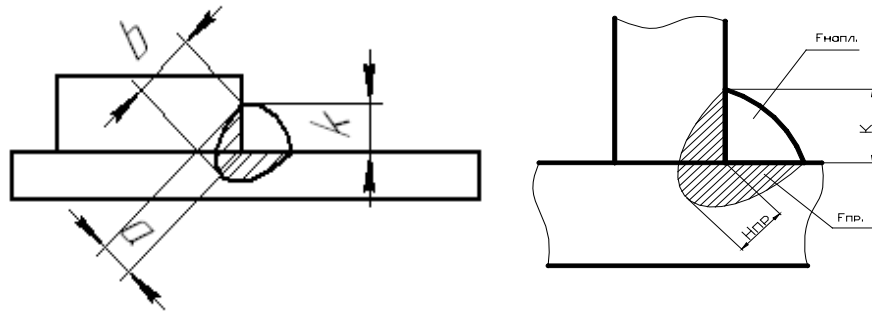


Рисунок 5 – Определение площади проплавления

Полуось b определяется по формуле:

$$b = H + k_p, \quad (18)$$

где H - глубина провара;

k_p - расчетный катет, определяемый по формуле:

$$k_p = k \cdot \sin \alpha, \quad (19)$$

где k - геометрический катет.

Подставим значения:

$$k_p = 6 \cdot \sin 45^\circ = 4,24 \text{ мм.}$$

Подставим значения:

$$b = 3 + 4,24 = 7,24 \text{ мм.}$$

Полуось представим как половину гипотенузы треугольника, а гипотенузу определим по теореме Пифагора:

$$C = \sqrt{k_1^2 + k_2^2}, \quad (20)$$

где k_1, k_2 - геометрические катеты.

Подставим значения:

$$C = \sqrt{6^2 + 6^2} = 8,48 \text{ мм.}$$

Определим полуось a по формуле:

$$a = C/2, \quad (21)$$

Подставим значения:

$$a = 8,48/2 = 4,24 \text{ мм.}$$

Подставим значения:

$$F_{шв} = \frac{3,14 \cdot 7,24 \cdot 4,24}{2} = 48,2 \text{ мм}^2.$$

Площадь наплавки равна 22,5 мм² по формуле (10);

Определим площадь проплавления по формуле:

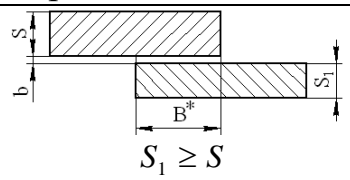
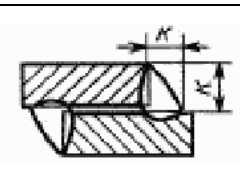
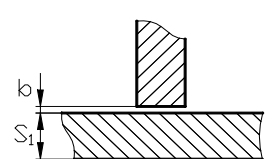
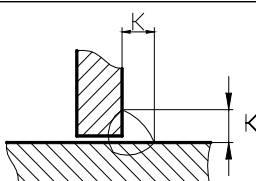
$$F_{пр} = F_{шв} - F_{н}, \quad (22)$$

Подставим значения:

$$F_{пр} = 48,2 - 22,5 = 25,7 \text{ мм}^2.$$

3.4.2 Расчет режимов для сварки плавящимися электродами в среде углекислого газа

Таблица 9 – Геометрические размеры подготовки кромок при сварке плавящимся электродом в среде углекислого газа (ГОСТ 14771-76)

| Условное обозначение сварного соединения | Конструктивные элементы | | S | B | b | |
|--|---|--|----------|------------|--------------|---------------|
| | Подготовленных кромок свариваемых деталей | шва сварного соединения | | | Номин. откл. | Предел. откл. |
| H1 |  $S_1 \geq S$ |  | 5,5 – 10 | 8,0 – 40,0 | 0 | +1,0 |
| T1 |  $S_1 \geq S$ |  | 6,0-0 | 0,8-60 | 0 | +1,5 |

Принимаем диаметр проволоки $d_3 = 1,2$ мм. Катет шва $K = 6$ мм.

Определяем площадь проплавления по формуле:

$$F_{н} = \frac{k_y \cdot k^2}{2} \quad (23)$$

Значения k_y – выбирают в зависимости от катета шва $k_y = 1,25$ [6].

Подставим значения:

$$F_{н} = \frac{1,25 \cdot 6^2}{2} = 22,5 \text{ мм}^2.$$

Определяем силу сварочного тока $I_{св}$:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} j, \quad (24)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм;

j – допустимая плотность тока $j=60-150\text{А/мм}^2$ [6].

Принимаем $j=100\text{А/мм}^2$.

Подставим значения:

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 100 = 115 \text{ А}$$

Принимаем силу сварочного тока $I_{св}=115 \text{ А}$.

Определяем напряжение дуги по формуле:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_э^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (25)$$

Подставим значения:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 115 = 25 \pm 1 \text{ В},$$

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

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_в}{d_э^2}, \quad (26)$$

где $l_в$ – величина вылета.

Определяется по формуле:

$$l_в = (8 \div 12) \cdot d_{эп} \quad (27)$$

Подставим значения:

$$l_в = (8 \div 12) \cdot 1,2 = 9,6 \div 14,4 \text{ мм.}$$

Принимаем $l_в=15\text{мм}$.

Подставим значения:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{115} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 12,5 \text{ г / А} \cdot \text{ч};$$

ψ – коэффициент потерь, определяемый по формуле [6]:

$$\psi = -4,72 + 17 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \quad (28)$$

Подставим значения:

$$\Psi = -4,72 + 17 \cdot 10^{-2} \cdot 100 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 100^2 = 7,8\%.$$

Определяем коэффициент наплавки при механизированных способах сварки в CO_2 по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_p(1 - \Psi).$$

Подставим значения:

$$\alpha_n = 12,5 \cdot (1 - 0,078) = 11,5 \text{ г/А} \cdot \text{ч}.$$

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma}, \quad (29)$$

Подставим значения:

$$V_{св} = \frac{11,5 \cdot 115}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,225} = 0,29 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 10,44 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Определим погонную энергию по формуле:

$$q_n = \frac{\eta_n \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}}; \quad (30)$$

где η_n - эффективный КПД нагрева изделия, который для сварки в среде CO_2 составляет 0,8 – 0,84 .

Подставим значения:

$$q_n = \frac{115 \cdot 25 \cdot 0,82}{0,29} = 7931 \text{ Дж / см}$$

Определим коэффициент формы провара по формуле:

$$\psi_{np} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (31)$$

где k' - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности;

d_3 - диаметр электродной проволоки, мм.

Коэффициент определим по формуле:

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925}; \quad (32)$$

Подставим значения:

$$k' = 0,367 \cdot 100^{0,1925} = 0,89.$$

Подставим значения:

$$\Psi_{np}=0,89 \cdot (19-0,01 \cdot 115) \frac{1,2 \cdot 25}{115} = 4,14.$$

Определим глубину провара по формуле:

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{np}}}, \quad (33)$$

Подставим значения:

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{7931}{4,14}} = 0,32 \text{ см.}$$

Определим ширину шва по формуле:

$$e = \Psi_{np} \cdot H \quad (34)$$

Подставим значения:

$$e = 4,14 \cdot 3,2 = 13,25 \text{ мм.}$$

Определим высоту валика по формуле

$$q = e / \Psi_{\epsilon} = 11,5 / 7 = 1,64 \text{ мм.}, \quad (35)$$

где e - ширина шва;

Ψ_{ϵ} -коэффициент формы усиления (выпуклости) выбирают в пределах 7 – 10.

Определим высоту шва по формуле:

$$C = H + q, \quad (36)$$

Подставим значения:

$$C = 3,5 + 1,64 = 5,14 \text{ мм.}$$

Определим глубину проплавления H'_0 по формуле:

$$H'_0 = C - q'_0, \quad (37)$$

где

$$q'_0 = \sqrt{F_H} \quad (38)$$

Подставим значения:

$$q'_0 = \sqrt{22,5} = 4,7$$

Подставим значения:

$$H'_0 = 5,14 - 4,7 = 0,44$$

Определим площадь шва по формуле:

$$F = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2} \quad (39)$$

где a,b – полуоси эллипса.

$$a = \frac{e}{2}, \quad (40)$$

Подставим значения:

$$a = \frac{11,5}{2} = 5,75 \text{ мм}$$
$$b = c \quad (41)$$

Подставим значения:

$$F = \frac{3,14 \cdot 5,14 \cdot 5,75}{2} = 46,4 \text{ мм}^2.$$

Площадь наплавки равна 22,5 мм² по формуле (4);

Определим площадь проплавления по формуле:

$$F_{\text{пр}} = F - F_n; \quad (42)$$

Подставим значения:

$$F_{\text{пр}} = 46,4 - 22,5 = 23,9 \text{ мм}^2.$$

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{\text{пр}}}{F_n + F_{\text{пр}}}, \quad (43)$$

Подставим значения:

$$\gamma_0 = \frac{23,9}{22,5 + 23,9} = 0,52.$$

4. Выбор сварочного оборудования

Для получения максимальной производительности труда и высокого качества сварных изделий требуется правильный выбор типа оборудования.

Для сварочного производства – это выбор сварочного оборудования, которые отвечали бы следующим требованиям:

- безопасность для здоровья и жизни человека;

- экономичность расхода энергетических ресурсов и расходных материалов;
- многофункциональность;
- высокая скорость производства сварочных операций.
- При выборе сварочного оборудования необходимо ориентироваться не только на его стоимость, но и на практические свойства, такие как:
 - возможность использовать в различных климатических условиях;
 - габаритные размеры;
 - требования к сетям электропитания;
 - наличие точных автоматических или ручных настроек;
 - необходимость в дополнительном оборудовании;
 - рекомендуемые производителем производственные операции.

Сварочное оборудование для организации работ с металлами с использованием защитного газа – это отдельная группа аппаратов, которая может использоваться как в условиях закрытых производств, так и на открытых строительных площадках. Для обеспечения их работы требуются специальные расходные сварочные материалы:

Широкое применение получили многофункциональные сварочные аппараты с инверторным источником питания, с программным обеспечением, импульсные.

Мощные тиристорные промышленные сварочные полуавтоматы предназначены для сварки металлоконструкций проволокой в среде защитных газов и смесей, а так же покрытым электродом. Полуавтоматы отличаются повышенной надежностью и выносливостью. Электронное управление позволяет плавно регулировать параметры сварочного тока и напряжения и обеспечивать стабильность параметров режима в процессе сварки даже при значительных колебаниях напряжения питающей сети.

Силовой трансформатор источника питается от трехфазной сети переменного тока.

Управление сварочным процессом полностью осуществляется с панели подающего механизма. Подающий механизм с 4-х роликовым приводом может быть установлен на турели источника, либо удален от него на расстояние до 40-50 метров.

На передней панели подающего механизма расположены регуляторы скорости подачи проволоки, сварочного тока и напряжения, значения которых можно наблюдать на цифровом индикаторе при установке режимов сварки, а так же их действительное значение в процессе сварки. Имеются переключатели режимов. Подающий механизм рассчитан на стандартные кассеты диаметром 200-300 мм. Заправка сварочной проволоки в горелку осуществляется нажатием одной кнопки. Все модели полуавтоматов могут быть оснащены встроенным или дополнительным блоком водяного охлаждения и соответствующей комплектацией.

Шведская фирма «ESAB» выпускает серию тиристорных выпрямителей LHF 400, LHF 630, LHF 830 для ручной сварки электродами с различными типами покрытия. Полуавтомат «LHL 400 Pipeweld-c», позволяет вести сварку электродами с различными видами покрытия и аргонодуговую неплавящимся электродом.

Выпрямитель имеет падающие внешние вольтамперные характеристики с четырьмя разными наклонами для сварки:

- аргонодуговая неплавящимся электродом;
- электродами с основным видом покрытия;
- электродами с целлюлозным видом покрытия;
- электродами с плохими технологическими свойствами.

Выпрямитель DC-400 в наибольшей степени отвечает требованиям, современных сварочных процессов, так как гораздо компактнее и легче, разница в цене незначительна.

Технические характеристики приведены DC-400 является универсальным выпрямителем, обеспечивающим возможность следующих видов сварки:

- ручная электродами с различными видами покрытия;
- аргонодуговая неплавящимся электродом;
- полуавтоматическая / автоматическая в защитных газах;
- полуавтоматическая / автоматическая порошковой проволокой;
- полуавтоматическая / автоматическая под слоем флюса.

Источник может применяться для воздушно-дуговой строжки угольным электродом диаметром до 8 мм.

Преимущества DC-400:

Большие, удобно расположенные переключатели для быстрого выбора сварочных процессов.

Система контроля форсирования дуги - устанавливает ток короткого замыкания для мягкой дуги или жесткой дуги при падающей вольтамперной характеристике.

Управление дугой - позволяет регулировать уровня искрообразования, текучести металла и формы шва при сварке в среде защитных газов и порошковой проволокой.

Надежные схемы позволяют продлить срок повторяющихся настроек.

±10% компенсации входного (сетевого) напряжения для обеспечения стабильности выходных сварочных характеристик.

Низкопрофильный контур позволяет сэкономить место на полу при установке аппарата.

Проведем сравнение технических характеристик тиристорных выпрямителей аналогичных отечественного и шведского среднего уровня и проведем сравнение технических характеристик.

Технические характеристики тиристорных выпрямителей для сравнения занесены в таблицу 10.

Таблица 10 – Технические характеристики тиристорных выпрямителей

| Наименование параметров | LHL 400 Pipeweld-c | DC 400 LINCOLN |
|--|--------------------|----------------|
| Номинальный сварочный ток при ПВ 60 %, А | 500 | 450 |

Продолжение таблицы 10

| | | |
|--|--|--|
| Пределы регулирования сварочного тока, А | 50-500 | 60-500 |
| Напряжение холостого хода, В | 79 | 54 |
| Номинальное рабочее напряжение, В | 41 | 22-46 |
| Напряжение питающей сети, В | 3×220-380-440 50/60 Гц | 3×220-380-440 50/60 Гц |
| КПД, % | 65 | 72 |
| Масса, кг | 240 | 215 |
| Габаритные размеры, мм | 1060×530×730 | 840×561×698 |
| Категория исполнения | IP21 | IP23 |
| Назначение источника | Ручная сварка покрытыми электродами, аргонодуговая неплавящимся электродом, сварка в среде защитных газов, | Ручная сварка покрытыми электродами, аргонодуговая неплавящимся электродом, сварка в среде защитных газов, сварка под флюсом |
| Цена, руб | 140750 | 207000 |

Принимаем для сварки колонны в среде защитных газов полуавтомат «LHL 400 Pipeweld-c», т.к. он отвечает всем требованиям предъявляемых для сварки изделия, а также меньше по стоимости.

5 Технологический процесс сборки и сварки конструкции

5.1 Требования к подготовке (Заготовительные операции)

Заготовительными операциями являются: правка, разметка деталей, резка, подготовка кромок.

Правка

Правка швеллера и листового проката, если это необходимо производится на правильно-гибочном прессе.

Разметка деталей

Разметка деталей производится мелом по готовым шаблонам.

Резка

Резка осуществляется плазморезом Сварог CUT 160.

Подготовка кромок

После плазменной резки, кромки деталей необходимо обработать на фрезерном станке модели 6М82ГБ. Так как к сборке не предъявляется особых требований к точности, назначается 6 класс чистоты поверхности кромок.

Кромки деталей, подлежащих сварке, и прилегающие к ним участки должны быть очищены от окалины, краски, масла и других загрязнений. Подготовленные к сборке кромки должны быть без вырывов, заусенцев, резких переходов и острых углов [10].

Для очистки от ржавчины, окалины, краски и других загрязнений используется пневматическая щетка УПЩР-1.

5.2 Требования к сборке

Перед сваркой производим сборку конструкции в кондукторе (рисунок б), т.е. установку и фиксацию деталей в предусмотренном проектом положении. Она должна обеспечивать возможность качественной сварки конструкции.



Рисунок 6 – Кондуктор для сборки сварочных колонн

Необходимо выдержать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить детали в проектное положение и закрепить между собой так, чтобы взаиморасположение деталей не нарушилось в процессе сварки, а если необходимо, и транспортировки. Должен быть обеспечен свободный доступ к месту сварки.

Согласно РД 34.15.132-96 [10] длина прихваток должна быть не менее 50 мм и расстояние между ними не более 500 мм. Назначаем длину прихваток 50 ± 10 мм. Катет прихваток равен 3 мм. Запрещается наложение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов.

Прихватки должны выполняться сварщиками, имеющими допуск на сварку подобных изделий, и по возможности теми, кто будет сваривать данное соединение, теми же сварочными материалами, которые будут применяться для сварки основных швов. Прихватки должны быть полностью перекрыты и по возможности переварены при наложении основного шва.

Прихватки выполняются на режимах, рекомендованных для сварки таких швов. Прихватки должны быть зачищены от шлака и

проконтролированы. К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и к основному сварному шву. Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, следует удалять механическим способом.

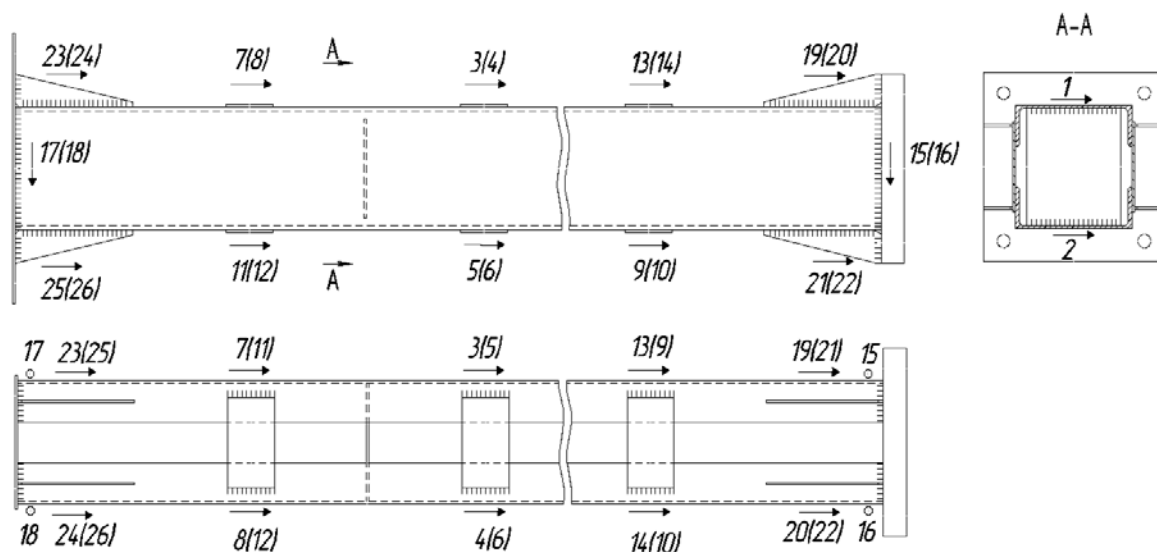


Рисунок 7 – Последовательность наложения швов колонны

Последовательность операций сборки и сварки описана в комплекте технологической документации.

5.3 Требования к сварке

В результате местного нагрева металла, обусловленного воздействием концентрированного источника теплоты, в сварной конструкции возникают временные и остаточные напряжения. Временные сварочные напряжения наблюдаются только в определенный момент сварки в процессе изменения температуры. Напряжения, существующие после окончания сварки конструкции и полного ее остывания, называют остаточными сварочными напряжениями. Они возникают в результате затруднений расширения и сжатия металла при его нагреве и остывании.

Затрудненность расширения и сжатия металла обусловлена тем, что нагретый участок со всех сторон окружен холодным металлом, размеры которого не претерпевают никаких изменений. Реактивные остаточные напряжения возникают в связи с дополнительным закреплением свариваемых деталей, также препятствующим нормальному протеканию процессов расширения и сжатия. Структурные напряжения возникают в конструкции

вследствие структурных превращений участков металла околошовной зоны, нагретых в процессе сварки до температуры выше критических точек.

Возникающие при сварке деформации разделяют на временные, существующие только во времени сварки конструкции, и остаточные, остающиеся после завершения сварки и остывания конструкции. Важное значение для практики имеют остаточные сварочные деформации. В зависимости от характера и формы, размеров свариваемых деталей различают деформацию в плоскости и деформацию из плоскости соединяемых элементов. Величина и характер остаточных деформаций в значительной степени определяют толщиной и свойствами основного металла, режимом сварки, последовательностью наложения швов, конструктивными формами свариваемых деталей и формой шва. Изменение размеров и формы сварной конструкции в некоторых случаях снижает ее работоспособность и портит ее внешний вид. Если остаточные деформации достигают заметной величины, то они могут привести к неисправимому браку. При разработке, технологии сборки и сварки конструкции из данной стали следует учитывать необходимость снижения остаточных деформаций до величины, при которой они не отражаются на работоспособности и внешнем виде конструкции и не затрудняют сварку отдельных элементов [1].

Для устранения возникающих деформаций в колонне предлагается использовать кондуктор для сборки и сварки (рисунок 6). Так же предлагается использовать последовательность сварки (рисунок 7), которая позволит равномерно перераспределить напряжения и избежать деформации колонны.

5.4 Требования к контролю качества

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения. Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4–7 кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света.

При сварке колонны используются угловые швы, наиболее распространенными дефектами таких швов являются:

- непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва;
- наплывы (натеки) и брызги металла;
- незаваренные кратеры;
- скопления и включения пор.

Данные виды дефектов являются недопустимыми. Чаще всего их возникновение связано с неправильно подобранным режимом сварки, низкой квалификацией сварщика или некачественными сварочными материалами.

Сварные соединения, в которых по результатам контроля обнаружены недопустимые дефекты (признанные "не годными") подлежат удалению или ремонту с последующим повторным контролем.

При сварке колонны применяются швы с катетом 6 мм. Допустимые дефекты для данного шва указаны в таблице 11.

Таблица 11 – Нормы допустимых дефектов сварных соединений

| Дефект | Размерный показатель сварного соединения (РП) | Максимальный размер, мм | Число дефектов н 100 мм шва |
|---------------------------------|---|---------------------------|-----------------------------|
| Одиночные включения | От 2,0 до 15 вкл | 0,15 РП+0,5 | - |
| Одиночные скопления | | 1,5(0,15 РП+0,5) | 0,25РП+12 при РП от 2 до 40 |
| Одиночные протяженные включения | | 0,15 РП+5, но не более 14 | 2 |

Недопустимые дефекты подлежат ремонту или вырезке. После все исправленные участки стыков должны быть подвергнуты внешнему осмотру

и удовлетворять установленным требованиям. Повторный ремонт не допускается [10].

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|--------|--------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-1В31 | Пя Константин Викторович |

| |
|--|
| Тема работы |
| Технология сборки и сварки колонны из стали СтЗсп |

| | | | |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Школа | Электронного образования | Кафедра | ОТСП |
| Уровень образования | Бакалавр | Направление/специальность | Машиностроение |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| <p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p> | <p><i>Суть работы, заключается в разработке технологии сборки и сварки колонны обеспечивающие качественную сборку и сварку конструкции.</i></p> |
| <p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p> | |
| <p>3. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p> | |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| <p>1. <i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i></p> | <p><i>Определение потенциального потребителя результатов исследования, оценка сравнительной эффективности проекта, SWOT-анализ</i></p> |
| <p>2. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i></p> | <p><i>Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика</i></p> |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|---|
| <p>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i></p> <p>2. <i>Матрица SWOT</i></p> |
|---|

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|-----------|-------------------------------|------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент | Спицын Владислав Владимирович | К.э.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|--------------------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 3-1В3 | Пя Константин Викторович | | |

6.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Сварочные колонны используются во многих отраслях промышленности. Сегментируем рынок потребления продукции колонн в зависимости от отрасли, размера компании и уровня потребления продукции. Карта представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

| Параметр | | Отрасль | | | |
|-------------------------------|---------|--------------|----------------|----------------|-----------------------|
| | | Строительная | Машиностроение | Промышленность | Транспорт и сообщение |
| Размер компании | Крупные | | | | |
| | Средние | | | | |
| | Мелкие | | | | |
| Уровень потребления продукции | Высокий | | | | |
| | Средний | | | | |
| | Низкий | | | | |

| | | | | | | | |
|---------|--|-------------|--|----------|--|----------|--|
| ПАО РЖД | | ПАО Газпром | | АО Юрмаш | | ОАО ТДСК | |
|---------|--|-------------|--|----------|--|----------|--|

Из таблицы видно, что основными сегментами являются крупные промышленные компании и компании отрасли изготовления транспорта и сообщения. Они обеспечивают высокий уровень потребления продукции из сварных колонн, следовательно, разработка и совершенствование технологии сборки и сварки для этих компаний является наиболее интересной [11].

6.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Согласно обзору литературы, на сегодняшний день рационально использовать несколько способов сварки для изготовления сварных колонн: ручная дуговая, механизированная в защитном газе плавящимся электродом и автоматическая сварка под слоем флюса.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (44)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 13, где мы сравниваем: ф-механизированная сварка; к1-ручная дуговая сварка; к2-сварка под флюсом. Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|--|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Спрос проекта | 0,1 | 5 | 3 | 5 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |
| 2. Удобство в применении | 0,2 | 5 | 4 | 4 | 1 | 0,8 | 0,4 |
| 3. Возможности проекта | 0,15 | 3 | 4 | 5 | 0,45 | 0,6 | 0,75 |
| 4. Универсальность | 0,1 | 4 | 4 | 2 | 0,4 | 0,4 | 0,2 |
| 5. Эффективность применения | 0,1 | 5 | 4 | 4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 |

Продолжение таблицы 13

| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
|---|------|----|----|----|------|-----|------|
| 1. Конкурентоспособность | 0,1 | 2 | 5 | 3 | 0,3 | 0,7 | 0,45 |
| 2. Уровень проникновения | 0,1 | 5 | 4 | 4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 |
| 3. Цена | 0,1 | 4 | 3 | 3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| 4. Квалифицированные | 0,05 | 5 | 5 | 5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Итого | 1 | 38 | 36 | 35 | 4,35 | 4,2 | 3,4 |
| <p><i>Примечание:</i> B_{ϕ} – оценка профессиональных рисков при проведении работ; $B_{к1}$ – прогнозная оценка профессиональных рисков; $B_{к2}$ – оценка ретроспективных профессиональных рисков.</p> | | | | | | | |

Опираясь на полученные данные, можно судить, что модернизированная технология, рассмотренная в дипломной работе, эффективнее, чем методы, применяемые конкурентами.

6.1.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки: динамический диапазон, вес, ремонтпригодность, энергоэффективность, долговечность,

эргономичность, унифицированность, уровень материалоемкости разработки
и др.

Таблица 14 – Оценочная карта конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес крит ерия | Баллы | Макси мальн ый балл | Относ ительн ое значен ие | Средне взвеше нное значен ие |
|--|---------------------|-------|------------------------------|---------------------------------------|--|
| Показатели оценки качества разработки | | | | | |
| 1) Жесткость | 0,1 | 80 | 100 | 0,8 | 0,08 |
| 2) Прочность | 0,1 | 80 | 100 | 0,8 | 0,08 |
| 3) Малая металлоемкость | 0,05 | 100 | 100 | 1 | 0,01 |
| 4) Простота монтажа | 0,1 | 100 | 100 | 1 | 0,1 |
| 5) Безопасность | 0,1 | 100 | 100 | 1 | 0,1 |
| 6) Универсальность | 0,05 | 70 | 100 | 0,7 | 0,035 |
| 7) Эргономичность | 0,05 | 80 | 100 | 0,8 | 0,04 |
| 8) Технологичность | 0,05 | 80 | 100 | 0,8 | 0,04 |
| 9) Надежность | 0,1 | 80 | 100 | 0,8 | 0,08 |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки | | | | | |
| 1) Цена | 0,05 | 60 | 100 | 0,6 | 0,03 |
| 2) Срок эксплуатации | 0,05 | 100 | 100 | 1 | 0,05 |
| 3) Конкурентоспособность | 0,05 | 80 | 100 | 0,8 | 0,04 |
| 4) Срок изготовления | 0,05 | 80 | 100 | 0,8 | 0,04 |
| 5) Наличие сертификата | 0,05 | 80 | 100 | 0,8 | 0,04 |
| Итого: | 1 | | | | 0,67 |

P_{cp} - средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$P_{cp} = 67$ делая выводы такая разработка технологии сборки и сварки колонны считается средне-перспективной.

6.1.3 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 15).

Таблица 15 – SWOT – анализ

| | Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и ресурсоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Простота технологии С4. Минимальное количество отходов производства | Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца Сл3. Необходимость в специалисте для настройки и применения данной системы. |
|---|--|--|
| Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование инфраструктуры предприятия В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4. Использование разработки в промышленных масштабах В5. Повышение стоимости конкурентных разработок | | |
| Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Конкуренция имеющихся технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством | | |

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды (таблицы 16–19).

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта (возможности и сильные стороны проекта)

| | | Сильные стороны проекта | | | |
|----------------------------|----|--------------------------------|----|----|----|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 |
| Возможности проекта | B1 | + | 0 | + | + |
| | B2 | + | + | + | + |
| | B3 | + | – | – | 0 |
| | B4 | + | 0 | 0 | – |
| | B5 | 0 | 0 | – | + |

Вывод по таблице 16: коррелирующие сильные сторон и возможностей проекта – В1С1, В1С3, В1С4, В2С1, В2С2, В2С3. В2С4, В3С1, В3С2, В3С3, В4С1, В4С4, В5С3, В5С4.

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта (возможности и слабые стороны проекта)

| | | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|----------------------------|----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта | B1 | 0 | – | – |
| | B2 | + | – | – |
| | B3 | 0 | 0 | 0 |
| | B4 | + | 0 | 0 |
| | B5 | 0 | + | + |

Вывод по таблице 17: коррелирующие слабых сторон и возможностей проекта – В1Сл2, В1Сл3, В2Сл1, В2Сл2, В2Сл3, В4Сл1, В5Сл2, В5Сл3.

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и сильные стороны проекта)

| | | Сильные стороны проекта | | | |
|-----------------------|----|--------------------------------|----|----|----|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 |
| Угрозы проекта | У1 | – | 0 | + | 0 |
| | У2 | + | – | 0 | + |
| | У3 | 0 | + | – | 0 |

Вывод по таблице 18: коррелирующие сильных сторон и угроз проекта, У1С1, У1С3, У2С1, У2С2, У2С4, У3С2, У3С3.

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта

| Угрозы проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|----------------|----|-----|-----|-----|
| | У1 | 0 | – | – |
| | У2 | 0 | 0 | + |
| | У3 | + | 0 | + |

Вывод по таблице 19: коррелирующие слабых сторон и угроз проекта – У1Сл2, У1Сл3, У2Сл3, У3Сл1, У3Сл3

Выявив соответствия сильных и слабых сторон научно исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 20).

Таблица 20 – SWOT-анализ

| | | |
|--|---|--|
| | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Простота технологии</p> <p>С4. Минимальное количество отходов производства</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Необходимость в специалисте для настройки и применения данной системы.</p> |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры предприятия</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Использование разработки в промышленных масштабах</p> <p>В5. Повышение стоимости</p> | <p>В1С1– разработка технологии, отвечающей стандартам качества</p> <p>В1С3 – высокий спрос на рынке</p> <p>В1С4 – уменьшение издержек</p> <p>В2С1 – ускорение темпов разработки</p> <p>В2С2 - уменьшение выплат по охране труда</p> <p>В2С3 – возможность тестирования технологии на передовом оборудовании предприятия</p> <p>В2С4– уменьшение издержек</p> <p>В3С1 – расширение производства</p> <p>В3С2 – выход на новые рынки</p> <p>В3С3– возможность коммерческой реализации проекта</p> <p>В4С1– оформление патента на</p> | <p>В1Сл2 – проведение испытаний на базе предприятия</p> <p>В1Сл3 – привлечение к проекту студентов старших курсов для стажировки</p> <p>В2Сл1 – уменьшение стоимости разработки прототипа</p> <p>В2Сл2 – проведение испытаний на базе НИ ТПУ</p> <p>В2Сл3 – привлечение к проекту сотрудников предприятия</p> <p>В4Сл1 – практическое применение разработки</p> <p>В5Сл2 – поиск новых инженерных решений</p> <p>В5Сл3 – дополнительные временные затраты на</p> |

| | | |
|--|--|---|
| конкурентных разработок | технологии В4С4 – экономия на материалах В5С3 – поиск новых инженерных решений В5С4 – уменьшение издержек | оттачивание технологического процесса сварки |
| Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Конкуренция имеющихся технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством | У1С1 – реализация проекта в других отраслях У1С3 – создание предприятия на базе ТПУ У2С1 – все известные аналоги сварки при прочих равных имеют более дорогостоящие оборудование. У2С2 – появление расширенной линейки продукции У2С4 – уменьшение себестоимости изготовления У3С2 – уменьшение количество отходов и выбросов в атмосферу У3С3 – привлечение хоз договоров ТПУ на развитие проекта | У1Сл2 – поиск площадки для проведения экспериментов с бартерным условием на технологию У1Сл3 – снижение затрат на выплаты по охране окружающей среды У2Сл3 – проведение всех экспериментальных работ на кафедре ОТСП ТПУ У3Сл1 – разработка прототипа на кафедре ТПУ, усилиями сотрудников кафедры У3Сл3 – привлечение инвестиций от заинтересованных в исследовании компаний |

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ.

Морфологический подход основан на исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество

различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.
2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

Таблица 21 – Морфологическая матрица технологии сборки и сварки колонны

| | 1 | 2 | 3 |
|------------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|
| А. Метод изготовления | Сборочно-сварочный стенд | Сборка по копиру | Сборка в кондукторе |
| Б. Сталь | Ст3сп | Ст4 | 09Г2С |
| В. Способ соединения деталей | Сварное соединение | Сварное соединение | Сварное соединение |
| Г. Способ сварки | Механизированная | Ручная | Автоматическая |
| Д. Сварочное оборудование | LHL 400 Pipeweld-с | DC 400 LINCOLN | Bluveld Mega Mig 500S |
| Е. Сварочные материалы | Эл. Проволока | Электроды | - |

По таблице 21 выбираем сочетание А1Б3В1Г2Д1Е1, так как это является наиболее рациональное решение с точки зрения функциональности и ресурсосбережения технологии.

6.3 Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта,

которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта [12].

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать [12].

Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже [12].

Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Заинтересованные стороны проекта

| Заинтересованные стороны проекта | Ожидания заинтересованных сторон |
|----------------------------------|--|
| Строительная отрасль | Получение комплекта конструкторской документации |
| Машиностроение | |
| Промышленность | |
| Транспорт и сообщение | |

В таблице 23 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 23 – Цели и результат проекта

| | |
|----------------------------------|---|
| Цели проекта: | разработка технологического процесса сборки и сварки в среде защитного газа сварной колонны |
| Ожидаемые результаты проекта: | Получение режимов и технологии сварки колонны |
| Требования к результату проекта: | Требование: |
| | Выполнение поставленных задач |
| | Научное объяснение результатов экспериментов |
| | Заключение о результатах исследования |

Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 24).

Таблица 24 – Рабочая группа проекта

| № п/п | ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте | Функции |
|-------|--|-------------------|---|
| 1 | Хайдарова А.А., к.т.н., доцент кафедры ОЭИ ИНК | Руководитель | Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта |
| 2 | Пя К.В., бакалавр кафедры ОТСП | Исполнитель | Выполнение экспериментальной части |

Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 25 – Ограничения проекта

| Фактор | Ограничения/ допущения |
|---|--|
| 3.1. Бюджет проекта | |
| 3.1.1.Источник финансирования | Финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 862 |
| 3.2. Сроки проекта: | |
| 3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом | — |
| 3.2.2. Дата завершения проекта | 30.05.2018 г. |

В данном разделе были определены основные цели и ожидаемые результаты от разработок, обозначены сроки завершения проекта и назначены главные участники.

6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Работа над ВКР проводилась с 12 января 2018 года по 1 июня 2018 года. В итоге, при пятидневной рабочей неделе с учетом выходных и праздничных дней получается 99 рабочих дней.

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях. Она носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Поэтому для определения ожидаемой продолжительности работ $t_{ож}$ используется метод вероятностных оценок длительности работ. Он основан на использовании трех оценок

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4t_{нв} + t_{\max}}{6}, \quad (45)$$

где t_{\min} – кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимистическая оценка),

t_{\max} – самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка),

$t_{нв}$ – наиболее вероятная продолжительность работы.

Для оценки трудоемкости необходимо разработать перечень работ. Выбор комплекса работ при разработке проекта производится в соответствии с ГОСТ 19.102-77 устанавливающего стадии разработки. Перечень комплекса работ приведен в таблице 26.













Таблица 26 – Комплекс работ по разработке технологического процесса сварки пластины из стали СтЗсп



| Наименование работ | Исполнители | Кол-во чел. | Продолжительность работ, дней | | | |
|--|-------------|-------------|-------------------------------|------------|----------|----------|
| | | | t_{\min} | t_{\max} | $t_{нв}$ | $t_{ож}$ |
| Постановка задачи | Р | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| | И | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Составление, согласование и утверждение технического задания | Р | 2 | 2 | 5 | 4 | 4 |
| | И | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Сбор и изучение научно-технической литературы, нормативно-технической документации | И | 1 | 5 | 8 | 6 | 7 |
| Разработка плана работ | И | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Постановка эксперимента | Р | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | И | | 3 | 6 | 5 | 5 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---|----|----|----|----|
| Подготовка к проведению эксперимента | И | 1 | 5 | 9 | 7 | 8 |
| Проведение эксперимента | И | 1 | 2 | 4 | 3 | 4 |
| Комплексный анализ полученных данных | Р | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| | И | | 10 | 14 | 12 | 13 |
| Оформление отчета об эксперименте | И | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Составление полной работы | И | 1 | 10 | 16 | 12 | 14 |
| Исправление ошибок | И | 1 | 15 | 23 | 18 | 21 |
| Подготовка доклада по исследованию | Р | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 |
| | И | | 2 | 5 | 5 | 5 |
| Итого | Руководитель | | 14 | | | |
| | Студент | | 85 | | | |

Таким образом, общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 14 дн., студент – 85 дн., совместной работы – 10 дн.) равна 99 дн. На основании таблицы 26 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 27).

Таблица 27 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

| № Работ | Вид работ | Исполнители | Т _{кi} , кал. дн. | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | |
|---------|--|-----------------------|----------------------------|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|
| | | | | март | | | апрель | | | май | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | Составление и утверждение технического задания | Руководитель | 4 |  | | | | | | | | | | |
| 2 | Выдача задания на тему | Руководитель | 3 |  | | | | | | | | | | |
| 3 | Постановка задачи | Руководитель | 3 | |  | | | | | | | | | |
| 4 | Определение стадий, этапов и сроков разработки | Руководитель, Студент | 2 | |  | | | | | | | | | |
| 5 | Поиск и изучение материалов по теме | Студент | 31 | |  | | | | | | | | | |
| 6 | Анализ существующего опыта | Студент | 9 | | | |  | | | | | | | |
| 7 | Подбор нормативных документов | Студент | 8 | | | | |  | | | | | | |
| 8 | Согласование полученных данных с руководителем | Руководитель, Студент | 1 | | | | |  | | | | | | |
| 9 | Разработка технологической документации | Студент | 36 | | | | | |  | | | | | |
| 10 | Оценка эффективности полученных результатов | Студент | 4 | | | | | | |  | | | | |
| 12 | Работа над выводом | Студент | 2 | | | | | | | | | |  | |
| 13 | Составление пояснительной записки | Студент | 7 | | | | | | | | | |  | |

 – студент;  – руководитель.

6.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НИИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Определение затрат производится путем составления сметы затрат на разработку технологического процесса. Смета затрат состоит из прямых и накладных расходов, которые включают в себя следующие статьи:

- материальные затраты НИИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

6.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

Перечень стоимости сварочного оборудования и материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Основные материалы

| Наименование | Ед. изм | Кол-во | Цена за ед., руб | Затраты на материалы, руб. |
|---|---------|--------|------------------|----------------------------|
| Invertec V300-I | шт. | 1 | 16 000 | 16 000 |
| Фильтр СЕ, комплект | шт. | 1 | 3 500 | 3 500 |
| Кабель обратной связи | шт. | 1 | 8 000 | 8 000 |
| Адаптер модели К350 | шт. | 1 | 5 300 | 5 300 |
| Концентрический конус для флюса | шт. | 1 | 10 000 | 10 000 |
| Контактный наконечник сопла в сборе для сварки под флюсом | шт. | 1 | 9 400 | 9 400 |
| Механизм подачи МАХsa 22 | шт. | 1 | 11 800 | 11 800 |
| Контроллер для сварки | шт. | | 19 000 | 19 000 |
| Кабель соединительный 15м | шт. | | 13 000 | 13 000 |

| | | | | |
|---|-----------------|-----|--------|--------|
| Высокопрочный контрольный кабель ArcLink® | шт. | | 13 000 | 13 000 |
| Защитный газ | дм ³ | 10 | 77 | 770 |
| Сварочная проволока | кг | 5 | 200 | 1000 |
| Швеллер | кг | 404 | 50 | 20200 |
| Листовая сталь | кг | 231 | 45 | 10395 |
| Итого | | | | 141365 |

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

6.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данном разделе рассмотрены затраты на приобретение специального оборудования (сварочного и компьютерного). Стоимость оборудования указана в таблице 29.

Таблица 29 – Стоимость специального оборудования

| Наименование | Кол-во | Цена ед., руб. | Сумма, руб. |
|---|--------|----------------|-------------|
| 1. Источник питания LHL 400 Pipeweld-c | 1 шт. | 2084922 | 2084922 |
| 2. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045 | 1 шт. | 1042435 | 1042435 |
| Затраты на доставку и монтаж | | | 469103 |
| Итого | | | 3596460 |

Затраты на доставку и монтаж составляют 15% от общей цены оборудования.

$$C_{д.м.} = 0,15 \cdot C_{общ} = 0,15 \cdot 3127357 = 469103 \text{ руб.} \quad (46)$$

где $C_{д.м.}$ – затраты на доставку и монтаж, руб,

$C_{общ}$ – затраты на оборудование, руб.

В данном разделе были определены общая стоимость специального оборудования для выполнения проекта, она составила 3127357 руб., плюс затраты на доставку и монтаж 469103 руб., общие затраты в этом случае равны 3596460 руб.

Амортизационные отчисления определим по формуле:

$$C_A = \sum_{i=1}^n \frac{Ц_B \cdot H_A \cdot g \cdot t}{\Phi_{\text{ЭФ}}}, \quad (47)$$

где n – количество видов единиц оборудования,

$Ц_B$ – балансовая стоимость i -го вида оборудования,

H_A – норма годовых амортизационных отчислений для оборудования,

g – количество единиц i -го вида оборудования,

t – время работы i -го вида оборудования, час,

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

Эффективный фонд времени работы оборудования определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{ЭФ}} = D \cdot H_3, \quad (48)$$

где D – количество рабочих дней в году,

H_3 – норматив среднесуточной загрузки.

$$\Phi_{\text{ЭФ}} = 246 \cdot 8 = 1968 \text{ час.}$$

В нашем случае при разработке использовалось две единицы оборудования – компьютер и сварочный аппарат. Балансовая стоимость сварочного оборудования - $Ц_B = 3127357$ руб. Количество сварочных аппаратов $g = 1$. Время работы за сварочным аппаратом $t = 8$ часа. Норма годовых амортизационных отчислений для сварочного аппарата $H_A = 20\%$.

Тогда амортизационные отчисления на разработку проекта составят:

$$C_A = \frac{3596460 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 8}{1968} = 2924 \text{ руб.}$$

В данном разделе были определены амортизационные отчисления со сварочного оборудования ESAB LHL 400 Pipeweld-c

6.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом [12]. Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $З_{\text{бт}}=6595$ руб/мес, для руководителя (доцента с ПКГ ППС 4) - $З_{\text{бр}}=33162$ руб/мес.

Зарботная плата рассчитывается по формуле 1 [12]:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (49)$$

где $Z_{осн}$ – основная зарботная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная зарботная плата.

Основная зарботная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 2 [12]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (50)$$

где $Z_{осн}$ – основная зарботная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная зарботная плата работника, руб.

Среднедневную зарботную плату можно рассчитать по формуле 3, [12]:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m}{T}, \quad (51)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит $T=26$ дней.

Месячный должностной оклад работника [12]:

$$Z_m = Z_б \cdot k_p, \quad (52)$$

где $Z_б$ – базовый оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Гомска).

Теперь рассчитываем месячную зарботную плату работников проекта:

$$Z_{мт} = 6595 \cdot 1,3 = 8573,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{мп} = 33162 \cdot 1,3 = 43110,6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную зарботную плату:

$$Z_{дн.т} = \frac{8573,5}{26} = 329,75 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн.п}} = \frac{43110,6}{26} = 1658,1 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 99 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$Z_{\text{осн.т}} = 329,75 \cdot 99 = 32645 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн.т}} = 1658,1 \cdot 99 = 164152 \text{ руб.}$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Фонд заработной платы

| Исполнитель | Число исполнителей | Трудоемкость выполнения работы Тисп, д | Заработная плата по тарифной ставке руб./мес. | Среднедневная заработная плата, руб | Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб. | Месячный должностной оклад, руб |
|-----------------------|--------------------|--|---|-------------------------------------|---|---------------------------------|
| Дипломник (техник) | 1 | 99 | 6595 | 329,75 | 32645 | 8573,5 |
| Руководитель (доцент) | 1 | 99 | 33162 | 1658,1 | 164152 | 43110,6 |
| Итого: | 2 | 198 | | | 196797 | |

В данном разделе были определены затраты на фонд заработной платы, который равен 196797 рублей.

6.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [12]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} , \quad (53)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,1 и получаем:

$$З_{\text{доп.т}} = 0,1 \cdot 32645 = 3265 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.п}} = 0,1 \cdot 164152 = 16415 \text{ руб.};$$

В данном разделе был сделан расчет дополнительной заработной платы. Итоговая сумма дополнительной заработной платы участников проекта равна 19680 рублей.

6.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле (54) [11]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (54)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Принимаем $k_{\text{внеб}}=0,302$.

Отчисления с основной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.т}}=0,302 \cdot 196797=59433 \text{ руб.}$$

Отчисления с основной дополнительной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.п}}=0,302 \cdot 19680=5943 \text{ руб.}$$

В данном разделе был сделан расчет отчислений во внебюджетные фонды. Итоговая сумма отчислений равна 65376 рублей.

6.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot \left(\frac{C_{\text{мат}}}{7}\right), \quad (55)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле (55) [11]:

где $k_{накл}$ – коэффициент накладных расходов. Принимаем $k_{накл}=0.16$.

$$C_{накл.г}=0,16 \cdot (141365+2924+196797+19680+65376)/7=9740 \text{ руб.}$$

6.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет сметы затрат на разработку приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Смета затрат на разработку технологического процесса

| Статья затрат | Сумма затрат, руб. |
|----------------------------------|--------------------|
| Материальные затраты НТИ | 141365 |
| Амортизационные отчисления | 2924 |
| Заработная плата | 196797 |
| Дополнительная заработная плата | 19680 |
| Отчисления во внебюджетные фонды | 65376 |
| Накладные расходы | 9740 |
| Итого | 435882 |

В данном разделе были определены основные источники расходов для реализации данного проекта. Всего потребуется 435882 рублей.

6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В нашем исследовании мы можем рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [12]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (56)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В текущем исследовании применялась механизированная сварка в среде защитных газов. В качестве аналогов рассмотрим ручную дуговую сварку плавящимся электродом (аналог 1) и автоматическую сварку под флюсом (аналог 2).

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии | Весовой коэффициент параметра | Текущий проект | Аналог 1 | Аналог 2 |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|----------|----------|
| 1. Производительность процесса сварки | 0.4 | 5 | 1 | 3 |
| 2. Удобство в эксплуатации | 0.1 | 5 | 3 | 4 |
| 3. Энергосбережение | 0.15 | 4 | 2 | 4 |
| 4. Безопасность | 0.15 | 5 | 2 | 4 |
| 5. Стоимость эксперимента | 0.2 | 1 | 5 | 2 |
| Итого | 1 | 20 | 13 | 17 |

По формуле (56) и данным таблицы 32 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_m^p = 0.4 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 5 + 0.2 \cdot 1 = 4,05;$$

$$I_m^{a1} = 0.4 \cdot 1 + 0.1 \cdot 3 + 0.15 \cdot 2 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 5 = 2,3;$$

$$I_m^{a2} = 0.4 \cdot 3 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 2 = 3,2.$$

Из расчётов наглядно видна ресурсоэффективность технологического процесса механизированной сварки в среде защитных газов, по сравнению с другими способами сварки.

Выводы

Проведен технико–экономический анализ усовершенствования технологии сборки и сварки в среде защитного газа сварной колонны.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) применения принципиально новых конструкторских решений;
- 2) унификации сборочных единиц и деталей;
- 3) использование новых заготовок и материалов;
- 4) оптимизация параметров надежности.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности. Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 435882 руб.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса механизированной сварки в среде защитного газа, по сравнению с ручной дуговой сваркой плавящимся электродом и автоматической сваркой под слоем флюса.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| | |
|---------------|--------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-1В31 | Пя Константин Викторович |

| | | | |
|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|
| Школа | Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности | Отделение школы (ООП) | Электронной инженерии |
| Уровень образования | Бакалавр | Направление/специальность | 15.03.01 Машиностроение / ОТСП |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Технология сборки и сварки колонны из стали СтЗсп. |
|--|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| <p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> | <p>На участке изготовления колонны имеют место следующие опасные и вредные факторы производственной среды по ГОСТ 12.0.003-15:</p> <p>1) Опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуются: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;</p> <p>2) Опасные и вредные производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, такими как: ультрафиолетовое излучение;</p> <p>3) Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов;</p> <p>4) опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха;</p> <p>5) опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений, вызванным: коротковолновым электромагнитным излучением.</p> |
|--|--|

| | |
|--|---|
| | |
| 2. Экологическая безопасность: | Для сварочного участка характерны следующие загрязнения окружающей среды: -металлические отходы; -люминесцентные лампы; |
| 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. | Перечень возможных ЧС для Сибири; Возможные ЧС : Морозы, пожар, наводнение. |
| 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | Перечень нормативных документов используемых при проектировании рабочей зоны. |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Мезенцева И. Л. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------|---------|------|
| 3-1В31 | Пя К. В. | | |

7 Профессиональная социальная безопасность

7.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в процессе исследования.

Тема выпускной квалификационной работы: Технология сборки и сварки колонны из стали СтЗсп. В данном дипломном проекте была разработана технология сборки и сварки колонны. Все работы производились в офисных и цеховых помещениях. Основная часть работы производится на сварочном участке, поэтому в данном разделе ВКР рассматриваются вопросы анализа и выявления возможных опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте сварщика. Указываются мероприятия, направленные на снижение и устранение потенциально вредных и опасных факторов производственной среды, мероприятия по противопожарной профилактике, охране окружающей среды и чрезвычайным ситуациям.

На сварочном участке расположено следующее оборудование: полуавтомат LNL 400 Pipeweld; прочий пневмо- и электроинструмент.

На участке изготовление колонны имеют место следующие опасные и вредные факторы производственной среды по ГОСТ 12.0.003-15:

1) Опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;

2) Опасные и вредные производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, такими как: ультрафиолетовое излучение;

3) Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов;

4) опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с

аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха;

5) опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений, вызванным коротковолновым электромагнитным излучением.

7.1.1 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- полуавтомат LNL 400 Pipeweld;
- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 2$ кг) ГОСТ 2310 - 77, шабер, машинка ручная шлифовальная пневматическая ИП 2002 ГОСТ 12364 – 80, молоток рубильный МР – 22.

Шум возникает также при кантовке изделия с помощью подъемно – транспортных устройств (кран мостовой и кран - балка) и при подгонке деталей по месту с помощью кувалды и молотка.

Нормативное значение шума, согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», 80 дБА для цехового помещения.

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [13].

Мероприятия по борьбе с шумом

Для снижения шума, создаваемого оборудованием, это оборудование следует помещать в звукоизолирующие ограждения. Вентиляционное оборудование следует устанавливать на виброизолирующие основания с резиновыми амортизаторами для агрегатов с эластичной муфтой к вентиляторам, а вентиляторы следует устанавливать в отдельные

звукоизолирующие помещения с обшивкой двумя слоями гипсоволокнистых листов с каждой стороны.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники.

7.1.2 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, такими как: ультрафиолетовое излучение.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает пол, стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что ухудшает условия работы.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги. Тепловая радиация на рабочем месте может в целом составлять 0,5-6 кал/см²·мин.

СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливают временные допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих местах от производственных источников с учетом спектрального состава излучения для областей:

- а) длинноволновой - 400-315 нм - УФ-А;
- б) средневолновой - 315-280 нм - УФ-В;
- в) коротковолновой - 280-200 нм - УФ-С.

Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м и периода

облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать:

- а) 50,0 Вт/м - для области УФ-А;
- б) 0,05 Вт/м - для области УФ-В;
- в) 0,001 Вт/м - для области УФ-С.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии Э3 (200-400 А). Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги. Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключая попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 33.

Таблица 33 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

| Наименование средств индивидуальной защиты | Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты |
|--|---|
| Костюм брезентовый для сварщика | ТУ 17-08-327-91 |
| Ботинки кожаные | ГОСТ 27507-90 |
| Рукавицы брезентовые (краги) | ГОСТ 12.4.010-75 |
| Перчатки диэлектрические | ТУ 38-106359-79 |
| Щиток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241 | ГОСТ 12.4.035-78 |
| Куртка х/б на утепляющей прокладке | ГОСТ 29.335-92 |

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы. Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны

иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск.

7.1.3 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380 В. Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

На участке сборки и сварки применяются искусственные заземлители – вертикально забитые стальные трубы (4 шт.) длиной 2,5 метра и диаметром 40 мм. Сопротивление заземляющего устройства должно составлять не более 4 Ом. На участке используется контурное заземление – по периметру площади размещают оценочные заземлители. Для связи вертикальных заземлителей используют полосовую сталь сечением 4x12 миллиметров.

7.1.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха и (или) аэрозольным составом воздуха

При данном процессе сварки в воздух рабочей зоны выделяется до 180 мг/м³ пыли с содержанием в ней марганца до 13,7 процентов, а также СО₂ до 0,5÷0,6 процентов; СО до 160 мг/м³; окислов азота до 8,0 мг/м³; озона до 0,36мг/м³; оксидов железа 7,48 г/кг расходуемого материала; оксида хрома 0,02г/кг расходуемого материала [14].

Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 34 согласно ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Таблица 34 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов

| Название | Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³ | Класс опасности |
|---|--|-----------------|
| Твердая составляющая сварочного аэрозоля | | |
| Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%) | 0,2 | 2 |
| Железа оксид | 6,0 | 3 |
| Кремний диоксид | 1,0 | 2 |
| Хром (III) оксид | 1,0 | 2 |
| Хром (VI) оксид | 0,01 | 1 |
| Газовая составляющая сварочного аэрозоля | | |
| Азот диоксид | 2,0 | 3 |
| Марганец оксид | 0,3 | 2 |
| Озон | 0,1 | 1 |
| Углерода оксид | 20,0 | 4 |
| Фтористый водород | 0,5/1,0 | 2 |

По параметрам острой токсичности Озон и Хром (VI) оксид относятся к 1 классу опасности.

Согласно таблице 34, предельно допустимая концентрация (ПДК) Озона в воздухе рабочей зоны - 0,1 мг/м³. При вдыхании человеком высоких концентраций озона (9 мг/м³) и выше может появиться кашель, раздражение глаз, головная боль, головокружение и за грудиные боли. Возможно появление бронхоспазма и даже начальных стадий отека легких (при многочасовом воздействии высоких концентраций).

Хром (VI) оксид, предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны - 0,01 мг/м³. Токсичен для человека. Начальные формы заболевания проявляются ощущением сухости и болью в носу, першением в горле, затруднением дыхания, кашлем и т.д. При длительном контакте

развиваются признаки хронического отравления: головная боль, слабость, диспепсия, потеря в весе и др. Нарушаются функции желудка, печени и поджелудочной железы. Возможны бронхит, астма, диффузный пневмосклероз. При воздействии на кожу могут развиваться дерматиты, экземы. Соединения хрома обладают канцерогенным действием.

Образующийся при сварке аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью—более 90% частиц, скорость витания частиц $< 0,1$ м/с. Источником выделения вредных веществ также может быть краска, грунт или покрытие, находящиеся на кромках свариваемых деталей и попадающие в зону сварки. Для уменьшения выделения вредных веществ поверхности свариваемых деталей должны при необходимости зачищаться от грунта и покрытия по ширине не менее 20 мм от места сварки.

На участке сборки и сварки изготовления продольной балки применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом – зонтом, открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой, приближено к источнику выделений. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть $0,2 \div 0,5$ метров в секунду.

7.1.5 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений, вызванным: коротковолновым электромагнитным излучением.

Предельно допустимая доза электромагнитного излучения для человека составляет $0,2$ мкТл, согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». На предприятии имеется электроустановка мощностью 110 кВ, в которой уровень электромагнитного излучения достигает таких значений, что его негативное воздействие на организм человека является очень сильным.

В технических средствах защиты используют явления отражения и поглощения энергии излучателя, применяя различные виды экранов и

поглотителей мощности. Благодаря высоким коэффициентам поглощения и почти полному отсутствию волнового сопротивления металлы обладают высокой отражательной и поглощающей способностью и поэтому широко применяются для экранирования.

Защита от СВЧ излучений кроме экранирования самих источников может быть обеспечена поглощающими нагрузками, экранированием рабочих мест и применением индивидуальных средств защиты. Экраны могут быть снабжены поглощающими или интерференционными покрытиями, для улучшения условий поглощения, т.к. в поглощающих покрытиях электромагнитная энергия рассеивается в виде тепловых потерь (материалы для поглощающих покрытий — каучук, пенополистирол, полиуретан и т.п.).

7.2 Экологическая безопасность

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, должно производиться своевременно и организованно.

Для сварочного производства характерны следующие отходы:

- металлические отходы;
- люминесцентные лампы.

Для утилизации металлических отходов используются специальные контейнеры. После наполнения контейнеров, отходы отправляются на переработку.

Для каждого источника загрязнения атмосферы должна быть установлена предельно допустимая норма выброса в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-2014 «Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями». Степень очистки сточных производственных вод должна устанавливаться согласно СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» и должна

отвечать требованиям Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Отходы производства должны подвергаться утилизации и обезвреживанию, организованному хранению в отвалах или захоронению. Особо опасные отходы должны подвергаться захоронению в специальных могильниках, 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».

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Сварочная установка очень сложная система, которая отличается повышенной пожарной опасностью. Она состоит из полуавтомата LHL 400 Pipeweld, оборудования для газовой защиты, приспособления для сборки и сварки колонны.

В ходе работы установки есть вероятность выхода из строя системы охлаждения, что может привести к пожару и даже взрыву. Должны быть проведены и хорошо отработаны следующие превентивные меры при возникновении такой ЧС как пожар:

- прогнозирование пожара;
- порядок информирования вышестоящих организаций при возникновении пожара;
- разработка мероприятий по ликвидации пожара;
- правила поведения персонала при пожаре;
- ликвидация последствий пожара и защита персонала.

Места производства сварочных работ должны быть обеспечены средствами пожаротушения. В сварочном цехе используем следующие огнетушители:

- огнетушитель порошковый ОП-3(з);
- огнетушитель углекислотный ОУ-1.

Сварочный цех, рассматриваемый в данной работе, относится к категории «А» - повышенная взрывопожароопасность.

В нашем участке должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители расположены на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Персонал, отвечающий за проведение ремонтных работ и работ, связанных с устранением последствий пожара должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания.

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Электросварщики, поступающие на работу, должны проходить предварительные и периодические медосмотры в соответствии с СП 1009-73 «Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов».

Согласно « Списка производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день», утвержденного постановлением Госкомтруда СССР и Президиума ВЦСПС от 25 октября 1974 г. №298/ П-22. Электросварщикам при работе в помещении полагается дополнительный отпуск продолжительностью не менее 12 дней.

В помещении где проводятся сварочно-слесарные работы должна находиться аптечка первой медицинской помощи, огнетушитель, ящик с песком.

Помещение должно иметь естественное и искусственное освещение, приточно-вытяжную вентиляцию, оборудоваться системой отопления в зимний период, охлаждаться в летний период.

Расположение вентиляционного отсоса должно быть предусмотрено так, чтобы выделяемые при сварке газы сразу всасывались, не попадая в дыхательные пути сварщика.

Напольное покрытие в помещениях, где производится сварочные работы должна быть ровной, без выбоин, не должна быть скользкой, обладать антистатическими свойствами. Материал пола на сварочном участке должен быть огнестойким (бетон, кирпич, цемент). При окрашивании стен применяют краску светло-серого цвета (желтый крон, титановые/цинковые белила), способную поглощать ультрафиолетовые лучи. В кабине предусматривают местную вентиляцию, воздухообмен которой на каждого рабочего должен составлять 40 куб. м/ч.

Проход между сварочным аппаратом должен быть не менее 1,5 м. Расстояние между стационарным сварочным аппаратом и стеной или колонной – не менее 1 м.

Для отсоса газов и пыли от сварочной дуги располагать зонт.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, была разработана технология сборки и сварки колонны промышленного здания. Были рассмотрены два способа сварки ручная дуговая покрытыми электродами и механизированная сварка в среде углекислого газа. Второй предложенный способ оказался намного эффективней первого, по целому ряду показателей, таким как, затраты времени на сварку, механизация процесса, увеличение производительности и др.

Также в результате работы были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор сварочного оборудования. Выбран кондуктор, позволяющий выполнять сборку и сварку заготовок в нижнем поворотном положении.

Проведен технико–экономический анализ усовершенствования технологии сборки и сварки в среде защитного газа сварной колонны.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности. Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 435882 руб.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса механизированной сварки в среде защитного газа, по сравнению с ручной дуговой сваркой плавящимся электродом и автоматической сваркой под слоем флюса.

Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах предприятия.

Список используемых источников

- 1 Г.А. Николаев. Расчет сварных соединений и прочность сварных конструкций. М.: Высшая школа, 1965 – 452 с.
- 2 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.
- 3 И. Гривняк. Свариваемость сталей. М.: Машиностроение, 1984.- 215с.
- 4 Методика отработки конструкций на технологичность и оценки уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения, М., 1973.
- 5 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.
- 6 Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
- 7 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.
- 8 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.
- 9 ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия
- 10 РД 34.15.132-96 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.
- 11 Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.

12 Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.

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

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