

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**  
 Отделение **электронной инженерии**

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

|  |
|--|
| Тема работы  |
| <b>Технология сборки и дуговой сварки труб диаметром 159 мм из сталей 12X1МФ и X12МФ</b> |

УДК 621.791.75.01.52:621.644.073.5

Студент

| Группа | ФИО                         | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------------|---------|------|
| 1В71   | Лупанов Владимир Евгеньевич |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность        | ФИО                      | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ ИШНКБ | Гордынец Антон Сергеевич | к.т.н, доцент          |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность        | ФИО                           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Маланина Вероника Анатольевна | к.э.н.                 |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность             | ФИО                   | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Адеева Ирина Ивановна | -                      |         |      |

Нормоконтроль

| Должность  | ФИО                          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ | Арышева Галина Владиславовна | к.т.н.                 |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Руководитель ООП | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ       | А.А. Першина | к.т.н.                 |         |      |

Томск – 2021 г.

## Планируемые результаты освоения ООП

| Код компетенции                         | Наименование компетенции  |
|---|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |   |
| УК(У)-1                                 | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач  |
| УК(У)-2                                 | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений  |
| УК(У)-3                                 | Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде   |
| УК(У)-4                                 | Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)   |
| УК(У)-5                                 | Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах  |
| УК(У)-6                                 | Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни   |
| УК(У)-7                                 | Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности  |
| УК(У)-8                                 | Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций   |
| УК(У)-9                                 | Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |   |
| ОПК(У)-1                                | умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования   |
| ОПК(У)-2                                | осознает сущности и значения информации в развитии современного общества  |
| ОПК(У)-3                                | владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации  |
| ОПК(У)-4                                | способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности                               |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |   |
| ПК(У)-1                                 | способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий  |
| ПК(У)-2                                 | способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств  |
| ПК(У)-3                                 | способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование   |
| ПК(У)-4                                 | способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции |
| ПК(У)-5                                 | умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования   |
| ПК(У)-6                                 | умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ   |
| ПК(У)-7                                 | умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения   |
| ПК(У)-8                                 | умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий   |
| ПК(У)-9                                 | способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к  |

|  |   |
|--|---|
|  | использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции   |
| ПК(У)-16   | способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки   |
| ПК(У)-17   | умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов                   |
| ПК(У)-18   | способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения   |
| ПК(У)-19   | способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности   |
| <b>Профессиональные компетенции университета</b> |   |
| ДПК(У)-1   | Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования |
| ДПК(У)-2   | Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования  |
| ДПК(У)-3   | Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению   |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**  
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ А.А. Першина  
 (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                         |
|--------|-----------------------------|
| 1В71   | Лупанов Владимир Евгеньевич |

Тема работы:

|  |                          |
|--|--------------------------|
| <b>Технология сборки и дуговой сварки труб диаметром 159 мм из сталей 12X1МФ и X12МФ</b> |                          |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)  | 25-14/с<br>От 25.01.2021 |

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 10.06.2021 |
|--|------------|

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Эскиз сварной конструкции; материал сварной конструкции; существующий способ сварки; сварочные материалы; перечень нормативной документации.</p> |
|---|---|

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b><br/> <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"> <li>1 Введение</li> <li>2 Материал сварной конструкции</li> <li>3 Характеристика способов сварки</li> <li>4 Выбор сварочных материалов</li> <li>5 Расчет режимов сварки для ручной дуговой сварки покрытыми электродами</li> <li>6 Оценка ожидаемого химического состава металла шва</li> <li>7 Оценка ожидаемых механических характеристик металла шва</li> <li>8 Расчет расхода сварочных материалов</li> <li>9 Технология сборки и сварки</li> <li>10 Выбор источников питания</li> <li>11 Деформации и напряжения при сварке</li> <li>12 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность</li> <li>13 Социальная ответственность</li> </ol> <p>Заключение</p> |
| <p><b>Перечень графического материала</b><br/> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Титульный лист</li> <li>2 Название темы, цель, задачи</li> <li>3 Эскиз изделия</li> <li>4 Формы разделки кромок</li> <li>5 Выбор режимов сварки</li> <li>6 Заготовительная и сборочная операции</li> <li>7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность</li> <li>8 Социальная ответственность</li> </ol>  |
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br/> <i>(с указанием разделов)</i></p>  |   |
| <p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>   | <p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>   |
| <p style="text-align: center;"><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность</b></p>  | <p style="text-align: center;"><b>Маланина Вероника Анатольевна</b></p>   |
| <p style="text-align: center;"><b>Социальная ответственность</b></p>   | <p style="text-align: center;"><b>Авдеева Ирина Ивановна</b></p>  |
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>   |   |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p> | <p style="text-align: right;">26.04.2021</p> |
|--|--|

**Задание выдал руководитель:**

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| <p style="text-align: center;"><b>Должность</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>ФИО</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Ученая степень, звание</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Подпись</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Дата</b></p> |
| <p>Доцент ОЭИ ИШНКБ</p>                             | <p>Гордынец Антон Сергеевич</p>               | <p>к.т.н., доцент</p>  |   | <p>26.04.2021</p>                              |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                         | Подпись | Дата       |
|--------|-----------------------------|---------|------------|
| 1В71   | Лупанов Владимир Евгеньевич |         | 26.04.2021 |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**

Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**

Уровень образования **бакалавриат**

Отделение **электронной инженерии**

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

|                            |
|----------------------------|
| <b>бакалаврская работа</b> |
|----------------------------|

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 10.06.2021 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)                 | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 27.04         | Введение  | 5                                  |
| 28.04         | Материал сварной конструкции  | 5                                  |
| 30.04         | Характеристика способов сварки  | 5                                  |
| 02.05         | Выбор сварочных материалов  | 5                                  |
| 04.05         | Расчет режимов сварки для ручной дуговой сварки покрытыми электродами | 10                                 |
| 06.05         | Оценка ожидаемого химического состава металла шва                     | 5                                  |
| 10.05         | Оценка ожидаемых механических характеристик металла шва               | 5                                  |
| 15.05         | Расчет расхода сварочных материалов                                   | 5                                  |
| 20.05         | Технология сборки и сварки  | 10                                 |
| 24.05         | Выбор источников питания  | 5                                  |
| 26.05         | Деформации и напряжения при сварке                                    | 5                                  |
| 30.05         | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность                           | 10                                 |
| 02.06         | Социальная ответственность  | 10                                 |
| 04.06         | Заключение  | 5                                  |

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

| Должность        | ФИО                      | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|--------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОЭИ ИНШКБ | Гордынец Антон Сергеевич | к.т.н., доцент         |         | 20.04.2021 |

**СОГЛАСОВАНО:**  
**Руководитель ООП**

| Должность  | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата       |
|------------|--------------|---------------------------|---------|------------|
| Доцент ОЭИ | А.А. Першина | к.т.н.                    |         | 20.04.2021 |

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

Студенту:

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                  |
| 1В71          | Лупанов Владимир Евгеньевич |

|                     |              |                        |                         |
|---------------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Школа</b>        | <b>ИШНКБ</b> | <b>Отделение школы</b> | <b>ОЭИ</b>              |
| Уровень образования | бакалавриат  | Направление            | 15.03.01 Машиностроение |

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

|   |  |
|---|--|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Оклад руководителя 21000<br/>Оклад инженера 12000</i>   |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>   | <i>Нормы расхода материалов, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.</i> |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>                                  | <i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %</i>   |

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|   |   |
|---|---|
| 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | <i>Технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения новой техники или технологии выполнения работ</i> |
| 2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>  | <i>Планирование технического проекта. Определение текущих затрат на сварочные работы</i>                          |
| 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>        | <i>Определение эффективности исследования</i>   |

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

|  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i></li> <li>2. <i>Матрица SWOT</i></li> <li>3. <i>Альтернативы проведения НИ</i></li> <li>4. <i>График проведения и бюджет НИ</i></li> <li>5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i></li> </ol> |
|--|

|   |            |
|---|------------|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> | 27.04.2021 |
|---|------------|

**Задание выдал консультант:**

|                  |                               |                               |                |             |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>                    | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| Доцент ОСГН ШБИП | Маланина Вероника Анатольевна | К.Э.Н.                        |                | 27.04.2021  |

**Задание принял к исполнению студент:**

|               |                             |                |             |
|---------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                  | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 1В71          | Лупанов Владимир Евгеньевич |                | 27.04.2021  |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                  |
| 1В71          | Лупанов Владимир Евгеньевич |

|                            |              |                                  |                            |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------|
| <b>Школа</b>               | <b>ИШНКБ</b> | <b>Отделение (НОЦ)</b>           | <b>ОЭИ</b>                 |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавриат  | <b>Направление/специальность</b> | 15.03.01<br>Машиностроение |

Тема ВКР:

|   |   |
|---|---|
| <b>Технология сборки и дуговой сварки труб диаметром 159 мм из сталей 12Х1МФ и Х12МФ</b>  |   |
| <b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>  |   |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения                        | <i>Объект исследования – образцы труб диаметром 159 мм из стали 12Х1МФ и Х12МФ<br/>Рабочая зона - Рабочее место расположено на открытой местности. Технологический процесс включает в себя следующее: слесарные работы по подготовке трубопроводов, настройку сварочного оборудования, а также сварочные работы. Области применения – транспортировка перегретого пара</i>  |
| <b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>   |   |
| <b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>  | <i>ВСН 006-89<br/>Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности<br/>ГОСТ 12.0.003–2015<br/>ГОСТ 12.4.250–2019<br/>ГОСТ 12.4.254–2013<br/>ГОСТ 12.2.003-91<br/>СП 52.13330.2016<br/>Правила устройства электроустановок<br/>ГОСТ 12.1.046-2014<br/>ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ<br/>ГОСТ 12.1.035–81 ССБТ<br/>ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ<br/>ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ<br/>Р 3.5.2.2487–09<br/>ГОСТ Р 57278-2016<br/>ГОСТ Р 22.0.02–2016<br/>РД 153-34.0-03.301-0</i>  |
| <b>2. Производственная безопасность:</b><br>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов<br>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | <i>Рассмотреть следующие опасные факторы:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• статическое электричество</li> <li>• короткое замыкание</li> <li>• Термическая опасность</li> <li>• Ожоги роговицы глаз</li> <li>• движущиеся машины / механизмы;</li> <li>• работа с системами под давлением;</li> </ul> <i>Рассмотреть следующие вредные факторы:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• климат;</li> <li>• Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>• Повышенный уровень шума</li> <li>• Вибрация</li> </ul> |

|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Укусы насекомых и животных</li> </ul> <p>Рассмотреть следующие психофизические факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Высокий уровень интенсивности труда</li> <li>Тяжелая физическая работа</li> <li>Повышенная нагрузка на органы чувств</li> </ul>   |
| <b>3. Экологическая безопасность:</b>            | <p>Рассмотреть загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями, которое связано в большей степени с загрязнением воды, используемой для различных целей производства (для охлаждения оборудования, для термической обработки изделий и др.) и атмосферы. Рассмотреть утилизацию отработанного и вышедшего из строя оборудования</p>  |
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> | <p>Рассмотреть наиболее вероятные чрезвычайные ситуации при проектировании:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Возникновения возгораний и пожаров</li> <li>Метеорологические опасности (наводнения, ураганы и т.п.)</li> <li>Возникновение пожара вследствие короткого замыкания</li> </ul> <p>Наиболее вероятная ЧС – Пожар в следствии короткого замыкания.</p> <p>Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации ее последствий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Заземление оборудования, к которому подведен эл. ток</li> <li>Размещение первичных средств пожаротушения</li> <li>Обеспечение рабочих спецодеждой</li> <li>Проверка исправности рабочего оборудования</li> </ul> |

|  |            |
|--|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 28.04.2021 |
|--|------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность             | ФИО                    | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|-----------------------|------------------------|------------------------|---------|------------|
| Старший преподаватель | Авдеева Ирина Ивановна | -                      |         | 28.04.2021 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                         | Подпись | Дата       |
|--------|-----------------------------|---------|------------|
| 1В71   | Лупанов Владимир Евгеньевич |         | 28.04.2021 |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа бакалавра состоит из 106 страниц, 11 рисунков, 25 таблиц.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, комплект технологической документации, стыковое соединение, технология сборки и сварки, трубопровод, теплоустойчивая сталь 12Х1МФ, теплоустойчивая сталь Х12МФ.

Объектом исследования является технология сборки и сварки труб диаметром 159 мм.

Целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки труб диаметром 159 мм из сталей 12Х1МФ и Х12МФ.

Область применения – трубы из данных сталей можно применять в энергетической промышленности, при работе с температурами 540-580 °С.

В процессе исследования произведено технико-экономическое обоснование целесообразности использования ручной дуговой сварки.

В результате исследования можно сделать вывод, что применение ручной дуговой сварки экономически оправдано.

Проведен анализ вредных и опасных ситуаций на производстве. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения.

В результате исследования были выбраны сварочные материалы и оборудование, определены режимы сварки.

Область применения: Разработанная технология сборки и сварки может применяться при строительстве новых трубопроводов.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

### **Определения**

В данной выпускной квалификационной работе бакалавра использованы следующие определения и термины:

трубопровод – инженерное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

сварка – процесс получения неразъёмного соединения посредством возникновения межатомных связей между свариваемыми деталями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого;

сварное соединение – неразъёмное соединение, выполненное сваркой, оно имеет три характерные зоны, которые образуются в процессе сварки: зона сварного шва, зона сплавления изделий и зона термического влияния, а также основную часть металла, прилегающую к зоне термического влияния;

охрана окружающей среды – это комплекс мероприятий, предназначенных для ограничения отрицательного действия человеческой деятельности на природу;

правила безопасности – совокупность мероприятий, которые субъект должен соблюдать, чтобы исключить или свести к минимуму отрицательный фактор, причиняемый источником повышенной опасности, либо предотвратить причинение ущерба объекту повышенной охраны любым источником опасности.

## Обозначения и сокращения

РДС – ручная дуговая сварка

ЗТВ – зона термического влияния

УШМ – угловая шлифовальная машина

НД – нормативная документация

ПДК – предельно допустимая концентрация

СИЗ – средства индивидуальной защиты

ПДС – предельно допустимый сброс

$\sigma_T$  – предел текучести

$\sigma_B$  – временное сопротивление разрыву

$\delta$  – относительное удлинение

$C_9$  – эквивалентное содержание углерода

$T_{II}$  - температура предварительного подогрева

$d_{\text{Э}}$  - диаметр электрода

$F_1$  – площадь поперечного сечения металла шва

$F_H$  – общая площадь поперечного сечения наплавленного металла

$I_{\text{св}}$  – сила сварочного тока

$U_d$  – напряжение дуги

$n$  - Число проходов

$V_{\text{св}}$  – скорость сварки

$q_{II}$  – погонная энергия

$r$  – глубина проплавления

$H$  – глубина провара

$R$  – концентрация элемента

$V_{\text{охл}}$  – скорость охлаждения

НВ – твердость по Бринелю

$G_H$  – масса наплавленного металла

## Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы следующие стандарты:

1. ГОСТ 16037-80 - Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
2. ГОСТ 4543-71 – Прокат из легированной конструкционной стали.
3. ГОСТ 9467–75 – Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей
4. ГОСТ 9466-75 – Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия.
5. ГОСТ 10052–74 – Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами.
6. ТУ14–ЗР–55–2001 – Трубы стальные бесшовные для паровых котлов и трубопроводов. Технические условия.
7. ГОСТ 12.1.003–83 – Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ – Взрывобезопасность. Общие требования.
9. ВСН 006–89 – Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Сварка.
10. РД 153–34.1–003–01 – РТМ-1с.
11. ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ – Вибрационная безопасность.
12. СП 52.13330.2016 – Естественное и искусственное освещение.
13. ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ – Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
14. ГОСТ 12.1.046–2014 – Нормы освещения строительных площадок.
15. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ – Электробезопасность.

16. Правила устройства электроустановок.
17. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ – Пожарная безопасность.
18. ГОСТ 12.1.019–2017 ССБТ – Электробезопасность.
19. ГОСТ 12.1.035–81 ССБТ – Оборудование для дуговой и контактной электросварки.
20. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ – Шум.
21. СанПиН 1.2.3685–21. – Санитарно–эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
22. РД 153–34.0–03.301–0 – Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.
23. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности – Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением.
24. ГОСТ Р 57278–2016 – Ограждения защитные.

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение  | 20 |
| 1 Обзор литературы справочных данных и технологий   | 21 |
| 1.1 Материал сварной конструкции  | 21 |
| 1.1.1 Состав и свойства стали   | 21 |
| 1.1.2 Основные сведения о свариваемости   | 22 |
| 1.2 Характеристика способов сварки  | 25 |
| 1.2.1 Характеристика ручной дуговой сварки  | 26 |
| 2 Объект и методы исследования  | 28 |
| 2.1 Выбор сварочных материалов  | 28 |
| 2.1.1 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки  | 28 |
| 2.1.1.1. Сварка с последующей термообработкой   | 29 |
| 2.2 Расчет режимов сварки для ручной дуговой сварки покрытыми электродами                           | 30 |
| 2.3 Оценка ожидаемого химического состава металла шва   | 37 |
| 2.3.1 Расчет химического состава металла шва при ручной дуговой сварке покрытыми электродами        | 38 |
| 2.4 Оценка ожидаемых механических характеристик металла шва   | 40 |
| 2.4.1 Расчет механических характеристик металла шва при ручной дуговой сварке покрытыми электродами | 40 |
| 2.5 Расчет расхода сварочных материалов   | 42 |
| 3 Разработка сварочной технологии   | 44 |
| 3.1 Технология сборки и сварки  | 44 |
| 3.2 Выбор источников питания  | 46 |
| 3.2.1 Выбор источников питания дуги для ручной  | 47 |

|  |    |
|--|----|
| дуговой сварки   |    |
| 3.3 Деформации и напряжения при сварке   | 48 |
| 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение  | 51 |
| 4.1 Выполнение SWOT анализа проекта  | 51 |
| 4.2 Оценка конкурентоспособности проекта экспертным методом  | 53 |
| 4.3 Планирование проекта   | 55 |
| 4.4 Составление бюджета проекта  | 59 |
| 4.4.1 Расчет первоначальных инвестиций для разработки и внедрения проекта                                | 59 |
| 4.4.2 Расчет материальных затрат   | 60 |
| 4.4.3 Расчет затрат на заработную плату  | 61 |
| 4.4.4 Расчет затрат на основную заработную плату   | 62 |
| 4.4.5 Расчет затрат на дополнительную заработную плату   | 63 |
| 4.4.6 Расчет амортизационных отчислений  | 64 |
| 4.4.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы)  | 64 |
| 4.4.8 Расчет накладных расходов  | 65 |
| 4.4.9 Формирование бюджета текущих затрат  | 65 |
| 4.5 Оценка эффективности проекта   | 66 |
| 5 Социальная ответственность   | 69 |
| 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности  | 69 |
| 5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства | 69 |
| 5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны  | 70 |
| 5.2 Производственная безопасность  | 72 |
| 5.2.1 Вредные и опасные факторы  | 72 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2.2 Анализ выявленных факторов   | 74 |
| 5.3 Экологическая безопасность   | 87 |
| 5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду  | 87 |
| 5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду   | 88 |
| 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях  | 89 |
| 5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС | 89 |
| Заключение   | 93 |
| Список используемых источников   | 94 |
| Приложение А Комплект технологической документации   | 97 |

## **Введение**

Из всех способов сварки наибольшее распространение получили те, в которых образование неразъемного соединения осуществляется плавлением, а источником тепла служит электрическая дуга. Электрическая дуговая сварка подразделяется на несколько способов, среди которых можно выделить ручную дуговую сварку, а также сварку плавящимся электродом в среде защитных газов.

Главной задачей при разработке технологического процесса сварки плавлением заключается в выборе способа сварки, конструктивного типа соединений и элементов подготовки кромок, определении параметров режима сварки, установлении требований по подготовке деталей под сварку и их сборку, а также в выборе необходимых материалов и оборудования. Кроме этого, необходимо предусмотреть мероприятия по предупреждению или уменьшению сварочных деформаций и установить методы и нормы контроля качества сварных швов. Целью работы является разработка технологии изготовления изделия в соответствии с конструкторской документацией с учетом минимизации трудозатрат, экономии материалов, энергии и прочих ресурсов.

Для разработки технологии дуговой сварки плавлением требуется произвести технологические расчеты необходимые для оценки геометрических размеров и форм, а также механических свойства и химического состава сварного шва.

# 1 Обзор литературы справочных данных и технологий

## 1.1 Материал сварной конструкции

### 1.1.1 Состав и свойства стали

Углеродистая сталь – это сплав железа и углерода. Низколегированная сталь включает углерод и незначительные добавки легирующих элементов, таких как хром, марганец, молибден и т.д., доходящих до 5% от общего содержания элементов. Увеличение содержания углерода, особенно выше ~0,25%, снижает свариваемость. Высокий уровень содержания углерода также снижает коррозионную стойкость сварного шва, что приводит к коррозионным поражениям всего изделия.

Химический состав и механические свойства стали 12Х1МФ приведены в таблицах 1 и 2 соответственно [1].

Таблица 1 – Химический состав стали 12Х1МФ по ГОСТ 4543–71, %

| С         | Cr      | Mo        | Mn      | V         | Cu   | Ni   | P     |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|------|------|-------|
| 0,08–0,15 | 0,9–1,2 | 0,25–0,35 | 0,4–0,7 | 0,15–0,30 | ≤0,2 | ≤0,3 | ≤0,03 |

Таблица 2 – Механические свойства стали 12Х1МФ

| Марка стали  | Механические свойства стали |                  |              |
|--------------|-----------------------------|------------------|--------------|
|              | $\sigma_T$ , МПа            | $\sigma_B$ , МПа | $\delta$ , % |
| Сталь 12Х1МФ | 294                         | 540              | 21           |

Механические свойства данной стали зависят от режимов термообработки, размеров сечения изделий, температуры отпуска.

Химический состав стали Х12МФ приведен в таблице 3 [1].

Таблица 3 – Химический состав стали X12MФ по ГОСТ 4543–71, %

| С         | Cr        | Mo      | Mn        | V        | Cu   | Ni   | P      |
|-----------|-----------|---------|-----------|----------|------|------|--------|
| 1,45–1,65 | 11,0–12,5 | 0,4–0,6 | 0,15–0,45 | 0,15–0,3 | ≤0,2 | ≤0,3 | ≤0,025 |

Технологические свойства сталей 12X1MФ и X12MФ:

Стали марки 12X1MФ и X12MФ характеризуются высоким содержанием хрома и их принято считать коррозионностойкими и теплоустойчивыми. Теплоустойчивыми называют те виды сталей, которые способны на протяжении долгого времени в условиях высоких температур сохранять механическую прочность. Одними из наиболее востребованных марок теплоустойчивых низколегированных сталей являются 12X1MФ и X12MФ. Большим преимуществом таких сталей является хорошая технологичность в отношении обработки давлением. Стали этой марки очень востребованы в машиностроении и дают возможность снизить энергоемкость и трудоемкость при изготовлении деталей. Эти стали характеризуются хорошей коррозионной стойкостью, благодаря чему нашли широкое применение в различных областях промышленности. Они не подвергаются окислению в агрессивных средах. Устойчивость к коррозии они получают благодаря добавлению в сплав хрома. Низкоуглеродистые коррозионностойкие стали активно используют в химической, нефтяной и фармацевтической промышленности [2].

### 1.1.2 Основные сведения о свариваемости

Свариваемость – способность металла свариваться в условиях изготовления, установленных для конкретной, соответствующим образом спроектированной конструкции, и обеспечивать герметичность и прочность этой конструкции.

Важно соблюдать все соответствующие процедуры подготовки к сварке в зависимости от материала, конфигурации сварного шва и требований к обслуживанию. Кроме того, свариваемость материала должна быть установлена с помощью соответствующих лабораторных испытаний, чтобы свести к минимуму склонность к образованию горячих и холодных трещин. О свариваемости, применительно её чувствительности к закаливанию, ориентировочно судят по эквивалентному содержанию углерода.

Для того чтобы рассчитать эквивалентное содержание углерода, следует воспользоваться следующей формулой [3]:

$$C_3 = \left( C + \frac{Mo}{4} + \frac{P}{2} + \frac{(Cr+V)}{5} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{13} + \frac{Ni}{15} \right), \quad (1)$$

где C, Mo, P, Cr, V, Mn, Cu, Ni – Легирующие элементы, содержащиеся в металле, в процентах.

Подставляя значения из таблицы 1 получаем значение эквивалентного углерода для стали 12Х1МФ:

$$C_3 = \left( 0,15 + \frac{0,3}{4} + \frac{0,03}{2} + \frac{1+0,3}{5} + \frac{0,5}{6} + \frac{0,2}{13} + \frac{0,3}{15} \right) = 0,62\%.$$

Подставляя значения из таблицы 3 получаем значение эквивалентного углерода для стали Х12МФ:

$$C_3 = \left( 1,5 + \frac{0,5}{4} + \frac{0,03}{2} + \frac{12+0,3}{5} + \frac{0,5}{6} + \frac{0,2}{13} + \frac{0,3}{15} \right) = 4,2\%.$$

Размерный эквивалент углерода рассчитывается следующим образом:

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_3, \quad (2)$$

где S – толщина свариваемых деталей, равная 8 мм.

Размерный эквивалент углерода для стали 12Х1МФ:

$$C_p = 0,005 \cdot 8 \cdot 0,62 = 0,0248 \%$$

Размерный эквивалент углерода для стали Х12МФ:

$$C_p = 0,005 \cdot 8 \cdot 4,2 = 0,168 \%$$

Суммарный эквивалент углерода рассчитываем следующим образом  $C_3$ :

$$\sum C_3 = C_3 + C_p. \quad (3)$$

Суммарный эквивалент углерода для стали 12Х1МФ

$$\sum C_3 = 0,62 + 0,0248 = 0,6448 \%$$

Суммарный эквивалент углерода для стали Х12МФ

$$\sum C_3 = 4,2 + 0,168 = 4,368 \%$$

Стали с эквивалентом по углероду более 0,45% склонны к образованию трещин при сварке. Но данный критерий не основной для применения стали в сварной конструкции.

В начальный период развития технологии сварки все материалы и сплавы в зависимости от их способности образовывать сварные соединения требуемого и достаточного качества были разделены на материалы с хорошей, удовлетворительной и неудовлетворительной свариваемостью. Для сталей эта характеристика была в основном связана с содержанием в них углерода. Современные знания о природе сварочных процессов позволяют утверждать, что все однородные металлы и сплавы могут образовывать сварные соединения удовлетворительного качества при сварке плавлением. Разница между металлами с хорошей и плохой свариваемостью заключается в том, что для соединения последних требуется более сложная технология сварки (предварительный нагрев, ограничение тепловыделения при сварке, последующая термическая обработка, вакуумная сварка, облицовка кромок и так далее).

Определив полный эквивалент углерода, необходимую температуру предварительного подогрева можно рассчитать по формуле:

$$T_{II} = 350\sqrt{C_3 - 0,25}. \quad (4)$$

Температура предварительного подогрева для стали 12Х1МФ

$$T_{II} = 350\sqrt{0,6448 - 0,25} = 220 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура предварительного подогрева для стали Х12МФ

$$T_{II} = 350\sqrt{4,368 - 0,25} = 710 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температуру предварительного подогрева, рассчитанную по формуле (4) следует проверить и внести необходимые изменения с помощью определения действительных скоростей охлаждения на рассматриваемых режимах сварки и сравнить результаты расчетов с диапазоном допустимых скоростей охлаждения для выбранной марки стали.

## 1.2 Характеристика способов сварки

В данной бакалаврской работе исследуется сварное соединение труб диаметром 159 мм.

Эскиз трубного сварного соединения представлен на рисунке 1.

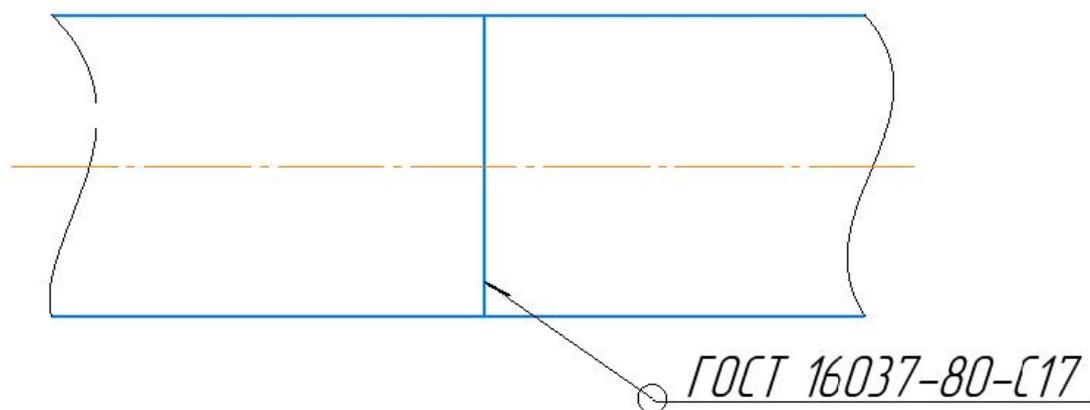


Рисунок 1 – Эскиз трубы

Учитывая, что сварка предполагается в полевых условиях, выбирается ручной дуговой способ сварки.

### 1.2.1 Характеристика ручной дуговой сварки

Ручная дуговая сварка—это тип сварочного процесса с использованием электрической дуги для создания тепла для плавления и соединения металлов. Источник питания создает электрическую дугу между плавящимся или неплавящимся электродом и основным материалом, используя либо постоянный, либо переменный ток [4].

Преимущества данного способа сварки:

- простота процесса;
- простота оборудования;
- сварка в различных пространственных положениях;
- дешевизна процесса;
- сварка в различных условиях (цеховые или монтажные);
- значительный спектр свариваемых материалов;
- возможность сварки в трудно доступных местах.

Недостатки:

- многофакторность качества (человек, оборудование, материалы, технология);
- самый сложный способ сварки по технике исполнения; низкая производительность, по сравнению с механизированной;
- резкая структурная, химическая и механическая неоднородность.

К электроду и свариваемому изделию подводится электрический ток. При замыкании электрода на изделие и дальнейшим отводом электрода на небольшое расстояние возникает электрическая дуга. Дуга имеет большую температуру, которая передается на изделие и электрод. В результате расплавляется электрод, покрытие и основной металл в области горения дуги. Расплавляющийся металл электрода и изделия образуют сварочную ванну, покрытую слоем шлака, образовавшегося в результате плавления покрытия электрода. Шлак защищает металл шва от взаимодействия его с

воздухом. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным основным металлом. По мере смещения дуги, т.е. перемещения вдоль свариваемых кромок, кристаллизация металла сварочной ванны приводит к образованию сварного шва, монолитно соединяющего детали. Сварной шов покрыт закристаллизовавшимся шлаком, который удаляют после сварки.

Сварка покрытыми электродами получила широкое распространение в машиностроении и строительстве благодаря простоте и мобильности оборудования, возможности сварки в любых пространственных положениях и труднодоступных для механизированных способов местах, например при монтаже строительных конструкций. Данным способом можно сваривать материалы различных классов и детали разных габаритов.

Ручная дуговая сварка имеет ряд недостатков, ограничивающих ее применение. Во-первых, данный способ сварки малопроизводителен в отличие от механизированных способов сварки. Это связано с малыми значениями допустимых плотностей токов. С целью повышения производительности рекомендуется использовать электроды, содержащие в покрытии железный порошок, сварку погруженной дугой, а также сварку пучком электродов. Во-вторых, качество получаемых соединений напрямую зависит от навыков сварщика. В-третьих, из-за повышения скорости плавления электрода в результате его разогрева проходящим током, состав и свойства металла шва, а также форма шва изменяются по мере плавления электрода.

## **2 Объект и методы исследования**

### **2.1 Выбор сварочных материалов**

Среди материалов, используемых для сварки плавлением можно выделить: защитные газы, плавящиеся покрытые электроды, сварочную проволоку, неплавящиеся электроды, разные виды флюсов, порошковую проволоку, присадочные прутки.

#### **2.1.1 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки**

Сварочные материалы выбирают, ориентируясь на следующие условия:

- Финансовая целесообразность
- Уровень токсичности
- Качество получаемых швов (отсутствие пор)
- Стойкость получаемых швов к образованию горячих трещин
- Удовлетворение условиям эксплуатации
- Возможность использования в требуемых положениях в

пространстве.

Для ручной дуговой сварки выбор материалов начинают с определения типа электродов. Для сварки стали 12Х1МФ наиболее целесообразно использовать электроды ЦЛ–45. А для сварки стали Х12МФ наиболее целесообразно использовать электроды КТИ – 9.

### 2.1.1.1 Сварка с последующей термообработкой

Для получения равнопрочного соединения необходима термообработка после сварки. При этом для сварки используются электроды того же структурного класса, что и свариваемый материал. По ГОСТ 9467–75 для стали 12Х1МФ подходят электроды типа Э–09Х1МФ. К электродам такого типа относится ЦЛ–45.

Однако при выборе электродов для стали Х12МФ стоит учитывать, что она имеет мартенситную структуру. Поэтому при сварке дополнительно требуется легирование, которое обеспечивает стойкость шва против холодных трещин, к образованию которых склонна данная марка стали. Для стали Х12МФ подходят электроды типа Э–12Х11НМФ. К электродам такого типа относится КТИ–9А.

Обе эти марки электродов имеют основное покрытие повышенной толщины, с их помощью выполняют соединение ручным дуговым свариванием частей и деталей конструкций, изготовленных из высоколегированных теплоустойчивых сталей, включая стали с особыми свойствами. Особенность шва, полученного при использовании данного электрода — стойкость к межкристаллитной коррозии и действию агрессивных сред, что важно для конструкций, работающих в интервале температур от 400 до 600 °С.

Конструктивно эти марки электродов представляют собой металлический стержень, изготовленный из электропроводной проволоки соответствующего химического состава, на котором имеется покрытие основного типа. Толщина его больше диаметра электрода более чем в 1,5 раза. Электроды ЦЛ–45 и КТИ–9А выпускаются разного диаметра и длины. Технические характеристики соответствуют требованиям, изложенным в ГОСТ 9466–75, 9467–75, ГОСТ 10052–74.

Выбор сварочных материалов будет проводиться с учётом получения определённого химического состава металла шва и формирования

благоприятной структуры наплавленного металла для исключения формирования закалочных структур с повышенной твердостью и снижения вероятности формирования трещин в сварном шве.

Состав наплавленного металла при использовании ЦЛ–45 отображен в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав наплавленного металла, % [5]

| C             | Si            | Mn            | Cr       | V             | Mo            | S      | P      |
|---------------|---------------|---------------|----------|---------------|---------------|--------|--------|
| 0,06–<br>0,12 | 0,15–<br>0,40 | 0,50–<br>0,90 | 0,8–1,25 | 0,10–<br>0,30 | 0,40–<br>0,70 | ≥0,025 | ≥0,030 |

Состав наплавленного металла при использовании КТИ – 9 отображен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав наплавленного металла, % [6]

| C     | Si    | Mn            | Cr           | Ni            | V             | Mo            | S      | P      |
|-------|-------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------|--------|
| ≤0,15 | ≤0,70 | 0,50–<br>1,10 | 9,8–<br>11,5 | 0,60–<br>0,90 | 0,20–<br>0,40 | 0,60–<br>0,90 | ≥0,025 | ≥0,035 |

## 2.2 Расчет режимов сварки для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Режим сварки – это совокупность технических характеристик сварки: сила тока, напряжение, скорость сварки, и т.д., определяющих параметры и механические свойства наплавленного металла [7].

Сварка труб с толщиной стенки 8 мм идет в несколько проходов.

Разделка кромок при сварке труб делается по ГОСТ 16037–80.

Расчет параметров режима сварки следует начать с определения конструктивных элементов. Согласно ГОСТ 16037–80 для соединения типа С17 (стыковое соединение со скосом кромок и с расточкой) выполняемого

ручной дуговой сваркой геометрические размеры разделки кромок и размеры сварного шва С17 указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Геометрические размеры разделки кромок и размеры сварного шва согласно ГОСТ 16037–80 [8]

| Условное обозначение сварного соединения | Конструктивные элементы и размеры подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения | $S=S_1$ , мм | b, мм       |             | c, мм       |             | e, мм       |             | g, мм       |             |
|--|---|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  |   |              | номинальное | пред. откл. |
| С17                                      |   | 8            | 2           | +1          | 1           | ±0,5        | 13          | +3          | 1,5         | +1,5<br>-1  |

Для определения режима сварки для начала следует выбрать диаметр электрода, определение которого зависит от толщины соединяемых элементов.

1) Выбор диаметра электрода.

Диаметр электрода для корневого слоя шва следует назначить не более 3 мм. Для заполняющих слоев так же большой диаметр электрода не допустим, так как сварка производится в потолочном нижнем и вертикальном положении.

Необходимый диаметр электрода  $d_э$ , в нашем случае зависит от толщины стенки трубы. Согласно ВСН 006–89 при толщине стенки 8 мм диаметр электрода для сварки корневого слоя шва должен быть 3 мм, а величина зазора между стыкуемыми трубами от 2,0 до 3,0 мм.

Площадь поперечного сечения металла шва получаемого при сварке элементов конструкции встык, при наплавлении за один проход имеет определенные пределы, при которых получаются оптимальные условия формирования шва. Для первого прохода требуемые значения рассчитываются следующим образом [9]:

$$F_1 = (6 \dots 8)d_2, \quad (5)$$

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot 3 = 18 \dots 24 \text{ мм}^2,$$

примем  $F_1 = 24 \text{ мм}^2$ .

Расположение геометрических размеров разделки кромок и размеров сварного шва согласно ГОСТ 16037–80 приведены на рисунке 1.

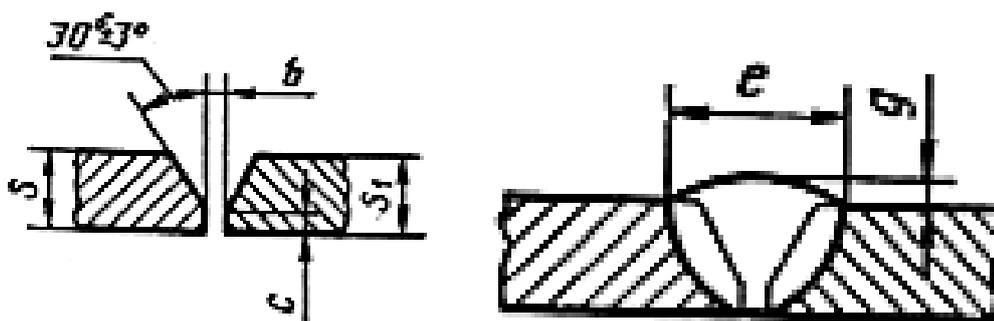


Рисунок 2 – Геометрические размеры свариваемых кромок по ГОСТ 16037–80 [8]

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot 3 = 18 \dots 24 \text{ мм}^2,$$

примем  $F_1 = 24 \text{ мм}^2$ .

Общая площадь наплавки для стыкового соединения рассчитывается по формуле:

$$F_H = (S - c)^2 \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot e \cdot g, \quad (6)$$

где  $F_H$  – общая площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

$S$  – толщина свариваемых деталей, равная 8 мм;

$g$  – высота валика, принимаемая равной  $1,5_{-1}^{+1,5}$  мм;

$e$  – ширина сварного шва равная  $13^{+3}$  мм;

$c$  – высота притупления кромки, равная  $1 \pm 0,5$  мм;

$b$  – расстояние между двумя деталями, равное  $2^{+1}$  мм;

$\alpha$  – угол раздела кромки, равный  $30^\circ \pm 3^\circ$ .

$$F_H = (8 - 1)^2 \cdot 0,577 + 2 \cdot 8 + 0,75 \cdot 13 \cdot 1,5 = 60 \text{ мм}^2.$$

## 2) Расчет силы сварочного тока.

Сила сварочного тока при сварке покрытыми электродами рассчитывается по допускаемой плотности тока и диаметру электрода [10]:

$$I = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j, \quad (7)$$

где  $j$  – допускаемая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>;

$d_3$  – диаметр электродного стержня, мм<sup>2</sup>.

Для электродов с основным покрытием и диаметром 3 мм допускаемая плотность тока будет равна 15 А/мм<sup>2</sup>. Подставляем полученные значения в исходную формулу (4):

Сила сварочного тока для корневого слоя шва:

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

Примем силу сварочного тока  $I_{св} = 100 \text{ А}$ .

Т.е. сила тока должна составлять 100 А. Когда свариваются неповоротные стыки трубопроводов, также следует учитывать положение соединяемых элементов в пространстве. Согласно ВСН 006–89 рекомендуемые значения сварочных токов указаны в таблице 7.

Таблица 7 – Рекомендуемые значения сварочного тока при сварке электродами с основным видом покрытия способом "на подъем" [11]

| Диаметр электродов, мм | Сварочный ток (А) в зависимости от пространственного положения шва |              |                |            |
|------------------------|--|--------------|----------------|------------|
|                        | нижнее   | вертикальное | горизонтальное | потолочное |
| 3,0                    | 70–90  | 60–80        | 60–80          | 60–80      |
| 4,0                    | 120–140  | 110–130      | 110–130        | 110–130    |
| 5,0                    | 140–160  | 130–150      | 130–150        | 150–180    |

### 3) Расчет напряжения на дуге.

При ручной дуговой сварке покрытыми электродами напряжение на дуге изменяется в пределах 20...36 В.

Приблизительное значение напряжения на дуге получают по формуле:

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot I_{CB}. \quad (8)$$

Тогда, подставляя значение сварочного тока в уравнение получаем, следующее значение напряжения для корневого шва:

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot 100 = 24 \text{ В.}$$

Из минусов такого подхода к получению значения тока, можно выделить то, что он не учитывает длину дуги во время сварки, а также толщину наплавленного металла.

Напряжение дуги при ручной дуговой сварке варьируется в относительно узких пределах и выбирается при проектировании сварочных процессов исходя из рекомендаций сертификата на данную марку электродов.

#### 4) Определение числа проходов.

Перед началом определения числа проходов необходимо учесть площадь сечения для первого прохода не должна превышать 30 – 35 мм<sup>2</sup> и последующих 30 – 40 мм<sup>2</sup>.

Число проходов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_n} + 1, \quad (9)$$
$$n = \frac{60 - 24}{24} + 1 = 2,5.$$

Назначаем 2 прохода.

#### 5) Скорость сварки.

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

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H}, \quad (10)$$

где,  $\gamma$  – плотность наплавляемого металла, равная 7,85 г/см<sup>3</sup>;

$\alpha_H$  – коэффициент наплавки равный 12,5 г/А · ч;

$F_{HK}$  – площадь сечения корневого слоя  $= (6-8)d_3 \approx 24 \text{ мм}^2$ ;

$F_{H3}$  – площадь сечения последующих слоев  $= (8-12)d_3 \approx 40 \text{ мм}^2$ .

Скорость сварки для корневого шва:

$$V_{CB} = \frac{12,5 \cdot 100}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,24} = 0,18 \text{ см/с} = 6,48 \text{ м/ч}.$$

Скорость сварки для обеспечения требуемого формирования каждого слоя шва должна находиться в пределах от 4 до 9 м/ч. При скорости сварки менее 4 м/ч, как правило, нарушается нормальное формирование шва и возможно образование пор. При скорости сварки свыше 9 м/ч возрастает опасность несплавления кромок и (даже при оптимальном зазоре между свариваемыми кромками) увеличивается опасность непровара при сварке корневого слоя шва.

б) Расчет погонной энергии при сварке.

Для того чтобы определить количество энергии, вводимое в единицу длины шва требуется определить значение погонной энергии последующей формуле:

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

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

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

$U_{\text{д}}$  – напряжение на дуге, В;

$\eta_u$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой, для дуговых методов сварки находится в пределах 0,6...0,9: покрытыми электродами на постоянном токе 0,75...0,85; на переменном токе КПД имеет значения 0,65...0,75;

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

Погонная энергия для корневого слоя шва:

$$q_n = \frac{100 \cdot 24 \cdot 0,7}{0,18} = 9333,3 \text{ Дж} \cdot \text{см}.$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов приближенно найдем по формуле:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g), \quad (12)$$

где  $e$  – ширина шва, мм;

$S$  – Толщина пластин, мм;

$g$  – Усиление шва, мм.

$$F = 0,75 \cdot 13 \cdot (8 + 1,5) = 92,65 \text{ мм}^2.$$

Находим общую площадь поперечного сечения проплавленного металла:

$$F_{\text{пр}} = F - F_{\text{н}}, \quad (13)$$

$$F_{\text{пр}} = 92,65 - 60 = 32,5 \text{ мм}^2.$$

### 7) Определение глубины проплавления.

При необходимости глубина проплавления при наплавке валика на лист может быть определена с достаточной степенью точности по формуле (14):

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q_n}{\pi \cdot c \cdot \rho \cdot e \cdot T_{пл}}}. \quad (14)$$

Если в формулу подставить значения всех констант для низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей, то получим, что расстояние до изотермы плавления определяется выражением, в котором погонная энергия подставляется в тепловых величинах, Дж/см.

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

для корневого слоя:  $r = 0,005588 \cdot \sqrt{9333} = 0,54$  см.

Так как действительные условия ввода теплоты в изделие при ручной дуговой сварке отличаются от расчётной схемы, то глубина провара определяется по формуле (15).

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

для корневого слоя:

$$H = (0,5 \dots 0,7) \cdot 0,54 = 0,27 \dots 0,378 \text{ см} = 2,7 \dots 3,78 \text{ мм}.$$

## 2.3 Оценка ожидаемого химического состава металла шва

Влияние химических элементов, входящих в основной металл, может быть значительным. Роль химического состава сварочных материалов также очевидна, так как подбором можно регулировать химический состав и механические свойства металла шва в самых широких пределах.

Содержание элементов в сварном шве определяется их содержанием в основном и электродном металле и долями участия этих металлов в образовании шва. В общем виде концентрация какого-либо элемента в металле шва определяется по формуле [12]

$$R_{ш} = R_0 \cdot \gamma + (1 - \gamma) \cdot R_э \pm \Delta R, \quad (17)$$

где  $R_{ш}$  – содержание рассчитываемого элемента, %;  
 $R_0$  – содержание того же элемента в основном металле, %;  
 $(1 - \gamma)$  – доля участия электродного металла в металле шва, %;  
 $R_э$  – содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленным данной маркой электродов или сварочной проволоки, %;  
 $\gamma$  – доля участия основного металла в металле шва;  
 $\Delta R$  – изменение содержания элемента в результате взаимодействия расплавленного металла с газами и шлаком, выгорания и т.д.

### 2.3.1 Расчет химического состава металла шва при ручной дуговой сварке покрытыми электродами

Поскольку, определяя химический состав металла шва, мы используем типичный химический состав наплавленного металла, то значение  $\Delta R$  мы не учитываем.

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma = \frac{F_{пр}}{(F_{пр} + F_н)}, \quad (18)$$

где  $F_н$  — площадь сечения наплавленного металла ( $F_н = 60 \text{ мм}^2$ );  
 $F_{пр}$  — площадь сечения проплавленного металла ( $F_{пр} = 32,5 \text{ мм}^2$ ).

В таком случае:

$$\gamma = \frac{32,5}{(32,5 + 60)} = 0,35.$$

Определяем химический состав металла шва выполненного РДС покрытыми электродами ЦЛ – 45, полученные данные занесем в таблицу 8.

Таблица 8 – Концентрация элементов в металле шва (расчет), %

|  | C     | Si     | Mn    | Cr   | Ni    | Cu   | Mo   | S       | P      |
|--|-------|--------|-------|------|-------|------|------|---------|--------|
| Среднее содержание в основном металле, $[R]_{OM}$          | 0,15  | 0,37   | 0,7   | 1,2  | 0,3   | 0,2  | –    | 0,025   | 0,03   |
| $\gamma_0 \cdot [R]_{OM}$                                  | 0,05  | 0,13   | 0,245 | 0,42 | 0,119 | 0,07 | –    | 0,00875 | 0,0105 |
| Среднее содержание в электродном металле, $[R]_{\text{Э}}$ | 0,06  | 0,15   | 0,5   | 0,8  | –     | –    | 0,4  | 0,025   | 0,03   |
| $(1-\gamma_0) \cdot [R]_{\text{Э}}$                        | 0,039 | 0,0975 | 0,325 | 0,52 | 0     | 0    | 0,26 | 0,016   | 0,02   |
| Среднее содержание в металле шва, $[R]_{\text{Ш}}$         | 0,089 | 0,2275 | 0,57  | 0,94 | 0,119 | 0,07 | 0,26 | 0,02475 | 0,0305 |

Определяем химический состав металла шва выполненного РДС покрытыми электродами КТИ–9А, полученные данные занесем в таблицу 9.

Таблица 9 – Концентрация элементов в металле шва (расчет), %

|  | C    | Si   | Mn     | Cr   | Ni   | Cu    | Mo   | S     | P     |
|--|------|------|--------|------|------|-------|------|-------|-------|
| Среднее содержание в основном металле, $[R]_{OM}$          | 1,45 | 0,4  | 0,45   | 11,0 | 0,35 | 0,3   | 0,6  | 0,025 | 0,03  |
| $\gamma_0 \cdot [R]_{OM}$                                  | 0,5  | 0,14 | 0,1575 | 3,85 | 0,12 | 0,105 | 0,21 | 0,009 | 0,01  |
| Среднее содержание в электродном металле, $[R]_{\text{Э}}$ | 0,15 | 0,7  | 0,5    | 11,0 | 0,6  | –     | 0,6  | 0,03  | 0,035 |

Продолжение таблицы 9

|  |     |       |        |      |      |       |      |       |       |
|--|-----|-------|--------|------|------|-------|------|-------|-------|
| $(1-\gamma_0) \cdot [R]_{\text{э}}$                | 0,1 | 0,455 | 0,325  | 7,15 | 0,39 | –     | 0,39 | 0,02  | 0,023 |
| Среднее содержание в металле шва, $[R]_{\text{ш}}$ | 0,6 | 0,595 | 0,4825 | 11   | 0,51 | 0,105 | 0,6  | 0,029 | 0,033 |

## 2.4 Оценка ожидаемых механических характеристик металла шва

Режимы, обеспечивающие оптимальные геометрические параметры шва, являются необходимым, но недостаточным условием получения качественного сварного соединения. Не менее важным условием рациональности выбранного режима является обеспечение такого термического цикла, который не приведет к получению неблагоприятных структур в металле шва и ЗТВ. В связи с этим, необходимо оценить выбранные ранее режимы сварки с точки зрения влияния на структуру соединения.

Технология сварки закаливающихся сталей зависит от состояния металла перед сваркой и возможностью проведения термообработки после сварки. Так как в задании этот момент не оговорен, то выдвинем условие, что детали в нашем случае перед сваркой термообработаны на высокую прочность (закалка + высокий отпуск), и есть возможность провести термообработку изделия после сварки.

### 2.4.1 Расчет механических характеристик металла шва при ручной дуговой сварке покрытыми электродами

Критическим параметром термического цикла при сварке большинства марок стали является скорость охлаждения  $V_{\text{охл}}$  в интервале

температур наименьшей устойчивости аустенита ( $T_m = 500 - 600$  °С), которая рассчитывается по следующей формуле [13]:

$$V_{\text{охл}} = 2\pi \lambda \cdot c\rho \cdot \frac{(T_m - T_0)^3}{(q_n/\delta)^2}, \quad (19)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Дж/см·с·°С,  $\lambda = 0,35$  Дж/см·с·°С;

$c\rho$  – объемная теплоемкость, Дж/см<sup>3</sup>·°С,  $c\rho = 0,115$  Дж/см<sup>3</sup>·°С;

$T_0$  – начальная температура изделия, с учетом того, что сталь поставляется в термоупрочненном состоянии, начальную температуру примем равной температуре рекомендуемого подогрева для стали 12Х1МФ  $T_0 = 250$  °С, а для стали Х12МФ  $T_0 = 750$  °С;

$q_n$  – погонная энергия сварки, Дж·с/см  $q_n = 9333$ ;

$\delta$  – толщина свариваемых элементов  $\delta = 8$  мм.

Произведем расчет скоростей охлаждения для различных пространственных положений при сварке электродами ЦЛ – 45. Диапазон скоростей охлаждения составит от 36 °С/сек.

Диапазон скоростей охлаждения для стали Х12МФ составит от 0,25 °С/сек

Далее, по полученным величинам определим безразмерные коэффициенты из графика [14], затем произведём расчёт ожидаемых механических характеристик, используя механические характеристики сталей 12Х1МФ (таблица 2) и Х12МФ.

Механические характеристики шва для стали 12Х1МФ:

предел прочности шва, МПа

$$\sigma_{\text{в.ш}} = f(\sigma_{\text{в}})\sigma_{\text{в},0}, \quad (20)$$

$$\sigma_{\text{в.ш}} = 1,4 \cdot 490 = 686 \text{ МПа},$$

предел текучести шва

$$\sigma_{\text{т.ш}} = f(\sigma_{\text{т}})\sigma_{\text{т},0}, \quad (21)$$

$$\sigma_{\text{т.ш}} = 1,7 \cdot 314 = 533,8 \text{ МПа},$$

относительное удлинение шва, %

$$\delta_{\text{ш}} = 0,43\psi_{\text{ш}}, \quad (23)$$

$$\delta_{ш} = 0,8 \cdot 18 = 14,4 \%,$$

твёрдость по Бринелю

$$HB_{ш} = f(\sigma_b) HB_0, \quad (24)$$

$$HB_{ш} = 1,35 \cdot 250 = 337,5.$$

Учитывая, что в литературных источниках и руководящих документах для стали Х12МФ не установлены нормы механических характеристик – предела прочности и предела текучести основного металла, то расчет ожидаемых механических характеристик шва мы проводим только в отношении твердости.

$$HB_{ш} = 1 \cdot 255 = 255.$$

Металл шва и околошовной зоны после сварки имеет пониженную пластичность за счет частичной закалки. Поэтому непосредственно после сварки, в течение нескольких часов, изделие необходимо подвергнуть отпуску. Для восстановления пластических свойств сварного соединения достаточно высокого отпуска при температуре порядка 700 °С, в результате которого снизятся остаточные напряжения. В результате термообработки механические свойства сварного соединения приблизятся к свойствам термообработанного основного металла.

## 2.5 Расход сварочных материалов при ручной дуговой сварке

Для того чтобы рассчитать расход электродов нужно определить массу наплавляемого металла согласно [15]:

$$G_H = F_H \cdot L_{ш} \cdot \gamma, \quad (25)$$

где  $F_H$  – площадь наплавленного металла в поперечном сечении, равная 60 мм<sup>2</sup>;

$L_{ш}$  – длина шва, в нашем случае  $\pi d = 3,14 \cdot 159 = 499,5$  мм;

$\gamma$  – плотность электродного металла = 7,85 г/см<sup>3</sup>.

$$G_H = 60 \cdot 499,5 \cdot 7,85 = 0,235 \text{ кг.}$$

Согласно паспортным данным на электроды ЦЛ – 45 и КТИ–9А,  $K_p$  – коэффициент расхода электродов на один килограмм наплавленного металла составляет 1,4 и 1,6 кг на 1 кг наплавленного металла соответственно.

Т.е. на сварку одного шва потребуется электродов марки ЦЛ–45 общей массой:

$$G_H = K_p \cdot G_H = 1,4 \cdot 0,235 = 0,329 \text{ кг.} \quad (26)$$

А на сварку шва электродами КТИ–9А требуется электродов общей массой:

$$G_H = 1,6 \cdot 0,235 = 0,376 \text{ кг.}$$

### **3 Разработка сварочной технологии**

#### **3.1 Технология сборки и сварки**

Технологию сборки и сварки стыкового соединения труб, следует разрабатывать в соответствии с ведомственными строительными нормами ВСН 006–89.

Перед сборкой необходим визуальный контроль торцов труб на наличие дефектов. В случае их наличия, необходимо произвести ремонт. Также необходим контроль конструктивных размеров подготовки кромок в соответствии с ГОСТ 16037–80 для стыкового соединения С17. Размеры контролируются универсальным шаблоном сварщика (УШС). Далее следует произвести зачистку свариваемых кромок. Зачистка производится шлифмашинками или металлическими щетками на расстоянии 10–15 мм от торца трубы, как снаружи, так и внутри трубы, до металлического блеска [16].

Так как стали 12Х1МФ и Х12МФ относятся к теплоустойчивым сталям и склонны к образованию холодных трещин, то независимо от температуры окружающего воздуха следует провести предварительный подогрев. Как уже рассчитывалось выше, для сварки электродами ЦЛ – 45 температура предварительного подогрева составляет 250°С. А для сварки электродами КТИ – 9А предварительный подогрев составляет 750°С. Применение предварительного подогрева снизит скорость охлаждения и обеспечит достаточную пластичность шву, предотвращая образование холодных трещин.

Неравномерный нагрев в процессе сварки, приводит к возникновению сварочных деформаций и перемещению деталей относительно друг друга. Чтобы этого избежать, свариваемые детали должны быть закреплены в приспособлении или между собой с помощью прихваток. Сборку следует

производить на наружном центраторе. Количество и длина прихваток зависят от диаметра свариваемого трубопровода. Для сварки труб диаметром 159, рекомендуемое количество прихваток не менее 2, длиной 30–50 мм. К качеству выполнения прихваток предъявляются такие же требования, как и к качеству корневого слоя шва. Если были обнаружены дефекты, то прихватки подлежат удалению механическим путем или газопламенной резкой с последующей обработкой кромок. После выполнения прихваток следует произвести запилы краев прихваток, на глубину, позволяющую полностью переплавить начальное несплавление и конечный кратер прихватки. Выполняются прихватки на тех же режимах и теми же электродами, что и корневой проход шва.

Ввиду чувствительности сталей 12Х1МФ и Х12МФ к концентраторам напряжений, недопустимо порообразование в процессе сварки. Поэтому электроды перед сваркой необходимо прокалывать согласно техническим рекомендациям для них.

Сварку стыка следует производить на ранее рассчитанных режимах. Следует использовать специальные технологические приемы, обеспечивающие увеличение времени пребывания металла шва и околошовной зоны в субкритическом интервале температур и автотермообработку закаленных зон участков, прилегающих к шву. К таким приемам относятся выполнение сварки каскадом, блоками, короткими или средней длины участками. Смысл автотермообработки заключается в тепловложениях от последующего каждого слоя к ранее наложенному и частичного отпуска закалочных структур.

После окончания сварки стыка следует очистить шов от шлака и провести визуальный контроль на наличие дефектов, таких как несплавления, подрезы, шлаковые включения и поверхностные поры. Если к стыку предъявляются требования высокого качества, то следует провести радиографический контроль. При наличии дефектов следует произвести ремонт стыка.

Перед проведением контроля изделие необходимо подвергнуть отпуску, чтобы предупредить образование холодных трещин и снять напряжения. Интервал между сваркой и отпуском не должен превышать нескольких часов. В противном случае данная мера может оказаться бесполезной. Высокий отпуск является основной термической операцией, позволяющей существенно снизить остаточные сварочные напряжения. Температура отпуска зависит от предела текучести стали. В нашем случае для стали 12Х1МФ температура отпуска составляет 750°С, а для стали Х12МФ отпуск составляет 550°С. Для наибольшего снижения остаточных напряжений назначаем длительный отпуск порядка 1–1,5ч.

### **3.2 Выбор источников питания**

Основная функция сварочного источника питания заключается в преобразовании электрической энергии в тип тока, подходящий для выполняемой сварки. При выборе наилучшего источника питания для наших сварочных систем необходимо учитывать много факторов.

Электрическая дуга – это, по сути, короткое замыкание между положительной и отрицательной сторонами цепи в воздушном зазоре. Обычно это включает в себя создание воздушного зазора между проводящими материалами, который достаточно мал, чтобы напряжение в цепи могло перескочить. Процесс дуговой сварки состоит в поддержании этой дуги. Сварочный источник питания позволяет в контролируемых условиях создавать гладкие, непрерывные валики сварного шва из структурно прочных металлов.

Сварочный источник питания позволяет сварщику контролировать следующие элементы потока тока:

- Напряжение: Мера электрического давления, необходимая для преодоления сопротивления и запуска потока тока. Это примерно синоним

длины дуги, так как чем больше зазор между электродом и заготовкой, тем больше напряжения потребуется для совершения скачка.

- **Сила тока:** Мера частоты электронов, проходящих мимо точки. Чем выше сила тока, тем больше электрической энергии поступает в точку и тем больше в ней тепла.

- **Полярность:** Это относится к направлению, в котором текут электроны. В большинстве электрических систем отрицательное направление является, тем к которому текут электроны, а положительное представляет собой источник электронов. Это называется прямой полярностью. Большинство типов сварочных источников питания позволяют менять полярность либо с помощью переключателя, либо вручную заменяя провода заземления и электрода.

### **3.2.1 Выбор источников питания дуги для ручной дуговой сварки**

В связи с тем, что выбраны электроды, сварку которыми необходимо проводить на постоянном токе, источником питания должен быть выпрямитель, с возможностью подключения к переносному генератору, используемому для сварки в полевых условиях.

В нашем случае следует выбрать однопостовой источник питания, основываясь на способе сварки и на материале свариваемых изделий. Для ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей следует выбрать источник питания, который создает условия для протекания процесса сварки с минимальным разбрызгиванием и легким установлением режима сварки. Требуемые технические показатели может обеспечить выпрямитель однопостовой ДУГА 318 М1. Так же он наиболее выгоден по стоимости, по сравнению с другими аналогичными по характеристикам источниками питания.

Таблица 10 – Технические характеристики выпрямителя.

| <b>Технические характеристики</b> | <b>ДУГА 318 М1</b> |
|-----------------------------------|--------------------|
| Напряжение сети, В                | 220 1ф/380 2ф      |
| Количество постов, шт:            | 1                  |
| Номинальный сварочный ток, А:     | 300                |
| Режим работы (ПВ), %:             | 60                 |
| Габариты, мм:                     | 400x280x360        |
| Напряжение холостого хода, В:     | 60–75              |
| Управление:                       | Ступенчатое        |
| Вес, кг:                          | 41                 |
| Пределы регулирования тока, А:    | 25–300             |
| Потребляемая мощность, кВа:       | 8,3                |

Для регулирования тока необходимо оборудовать балластный реостат. По обеспечению необходимых свойств выбираем реостат балластный РБ–302. В таблице 11 указаны характеристики выбранного реостата балластного.

Таблица 11 – Технические характеристики реостата балластного

| Параметр                         | Значение    |
|----------------------------------|-------------|
| Регулирование сварочного тока, А | 60 – 315    |
| Габариты, мм                     | 605x370x500 |
| Масса, кг                        | 26          |

### **3.3 Деформации и напряжения при сварке**

Проекты связанные с использованием сварочных процессов неизбежно испытывают, по крайней мере, некоторую степень деформации сварки, что является результатом расширения и сжатия металла шва и основного металла. Рекомендуется избегать чрезмерных деформаций. Сварочные деформации могут угрожать структурной целостности или эстетике вашего проекта. В зависимости от типа и размера деформаций и материалов доступны различные методы коррекции для устранения деформации сварного шва.

Виды сварочных деформаций:

Основной причиной деформаций при сварке является применение высокой температуры.

Поперечная усадка: Усадка возникает в результате сокращений, которые проходят перпендикулярно сварному шву. Этот тип деформации проходит вертикально через поперечное сечение сварного шва и происходит параллельно сварному шву.

Продольная усадка: Эта деформация возникает в результате сил, параллельных сварному шву, а усадка происходит перпендикулярно сварному шву.

Угловая деформация: Эта деформация, форма поперечной усадки, как правило, наиболее часто встречается. Это происходит, когда более сильные сжимающие силы на одной стороне нейтральной оси вызывают изгиб материала в этом направлении.

Изгиб и растягивание: Когда сварной шов не сбалансирован вдоль нейтральной оси поперечного сечения, продольная усадка в сварных швах изгибает сечение в изогнутую форму.

Выпуклость: Часто возникающая в тонких металлических конструкциях.

Методы механической Коррекции:

Удары молотком и прессование являются основными механическими коррекциями деформации сварного шва. Выпрямление включает в себя использование механической силы с помощью молотка, клина, пневматического инструмента, машинного прессы или аналогичного инструмента, чтобы выпрямить деформированную область.

Методы тепловой коррекции:

При тепловой коррекции тепло создает локальное напряжение, которое достаточно высоко, чтобы при охлаждении компонент возвращался в форму. Этот метод, также известный как выпрямление пламени, применяется следующими методами:

Точечный нагрев: Этот метод устраняет изгиб в тонких листовых конструкциях. Деформация корректируется путем приложения тепла к пятнам на выпуклой стороне. Многие маленькие пятна значительно эффективнее, чем несколько больших.

Линейный нагрев: Нагрев детали по прямой линии вдоль сварного соединения на противоположной стороне от сварного шва часто исправляет угловые деформации.

Клиновидный нагрев: Клиновидные формы нагреваются для исправления деформаций в более крупных сложных конструкциях.

При выполнении сварки стыковых соединений труб 12Х1МФ и Х12МФ можно сделать следующие рекомендации: выполнить предварительный подогрев до соответствующих температур, что предотвратит резкие перепады температур и снизит скорость охлаждения металла; сварку вести на умеренных режимах, что приведет к увеличению концентрации теплоты и сужению зоны пластических деформаций и минимизирует перегрев зоны термического влияния; после сварки, провести термообработку шва, высокий отпуск при температуре 750°С, для полного снятия остаточных напряжений.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологии сборки и сварки трубопровода диаметром 159 мм из стали 12Х1МФ и Х12МФ» выполняется в рамках научно–исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в исследовании и разработке процесса дуговой сварки плавящимся электродом.

### **4.1 Выполнение SWOT анализа проекта**

SWOT – strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT–анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT–анализ используется для определения слабых и сильных сторон проекта, таблица 12.

Таблица 12 – SWOT–анализ

|                 |  | Внутренние факторы  |  |
|-----------------|--|---|--|
|                 |  | Сильные стороны проекта:  | Слабые стороны проекта:  |
| Внешние факторы |  | <p>1. Использование недорогого оборудования</p> <p>2. Возможность усовершенствования оборудования</p> <p>3. Не требует особых условий при проведении работ</p> <p>4. Не требуется большое количество рабочих при проведении работ</p> | <p>1. Требуется высокая квалификация рабочего</p> <p>2. Высокие требования к качеству сварных соединений</p> <p>3. Неблагоприятные условия труда рабочих</p> |
|                 | <p><b>Возможности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможность перехода в массовое производство</li> <li>• Механизируемая автоматизация процесса</li> </ul> | <p>Уменьшение расходов на специалистов (обучение, заработная плата, страхование, транспортировка).</p>  | <p>Необходимость в профессиональном отборе специалистов и материалов. Зависимость сварных соединений от качества оборудования.</p>                           |

Продолжение таблицы 12

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>Угрозы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выход из строя дорогостоящего оборудования</li> <li>• Авария, приводящая к загрязнению окружающей среды</li> <li>• Отсутствие спроса из-за особенностей метода</li> </ul> | <p>Уменьшение влияния человеческого фактора, повышающего вероятность аварийности.</p> | <p>Необходимо проводить работы вдали от экономических центров.</p> <p>Очень дорогостоящее оборудование и его обслуживание.</p> <p>Недостаток определенных материалов на рынке.</p> |
|--|---|--|

Таким образом, по результатам SWOT – анализа можно заключить, что технология сварки трубопроводов обладает большим количеством сильных сторон и возможностей, которые можно будет реализовать в будущем.

#### 4.2 Оценка конкурентоспособности проекта экспертным методом

Конкурентоспособность представляет собой комплексное свойство объекта, включающее его качественные, экономические, маркетинговые и инновационные особенности, характеризующее способность обеспечивать успех объекту на рынке. Данные для оценки конкурентоспособности вносятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Оценка конкурентоспособности

| Способ сварки           | Цена оборудования |     | Качество соединения |     | Сложность |     | Расходный материал |     | Скорость сварки |     | Мобильность способа |     | Сумма |
|-------------------------|-------------------|-----|---------------------|-----|-----------|-----|--------------------|-----|-----------------|-----|---------------------|-----|-------|
|                         |                   |     |                     |     |           |     |                    |     |                 |     |                     |     |       |
| Ручная дуговая сварка   | 9,5               | 2,2 | 7,5                 | 1,7 | 8,5       | 1,2 | 5,5                | 0,8 | 5,5             | 1,0 | 9,5                 | 0,9 | 7,6   |
| Механизированная сварка | 6,5               | 1,5 | 9                   | 2,1 | 8,5       | 1,2 | 6,5                | 0,9 | 7,5             | 1,4 | 7,5                 | 0,7 | 7,6   |
| Роботизированная сварка | 2                 | 0,5 | 9,5                 | 2,2 | 6,5       | 0,9 | 8                  | 1,1 | 9,5             | 1,7 | 1,5                 | 0,1 | 6,5   |
| Важность                | 5                 |     | 5                   |     | 3         |     | 3                  |     | 4               |     | 2                   |     | 22    |
| Вес                     | 0,2272            |     | 0,2272              |     | 0,136     |     | 0,136              |     | 0,182           |     | 0,091               |     |       |

Таким, образом, на основании всего выше сказанного можно сделать вывод, что одним из наиболее предпочтительных способов сварки является роботизированная сварка магистралей. Но низкая мобильность способа делает ее использование практически невозможным.

Сильными сторонами механизированной сварки являются качество соединения и простота использования. Но, к сожалению, она проигрывает ручной дуговой в стоимости и мобильности, одними из важнейших факторов, что делает ее менее предпочтительной.

Следовательно, выбирается ручная дуговая сварка. Её сильными сторонами являются: стоимость оборудования, мобильность и сложность в использовании. Также для ее реализации не требуется использовать

высококвалифицированных работников, что делает данный способ еще более предпочтительным.

### 4.3 Планирование проекта

Прежде чем начать работу над проектом, необходимо провести планирование этапов работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также привести сроки выполнения каждого этапа. Структура работ и распределение занятости исполнителей приведены в таблица 14.

Таблица 14 – Табличная модель работ

| № | Наименование                        | Продолжительность<br>в днях | Ресурсы                  |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | Составление технического задания    | 5                           | Руководитель             |
| 2 | Анализ литературы                   | 15                          | Инженер                  |
| 3 | Подбор необходимых документов       | 10                          | Инженер,<br>руководитель |
| 4 | Проведение необходимых расчетов     | 15                          | Инженер                  |
| 5 | Выбор подходящего оборудования      | 5                           | Инженер                  |
| 6 | Разработка технической документации | 10                          | Инженер                  |

Продолжение таблицы 14

|   |                        |    |                          |
|---|------------------------|----|--------------------------|
| 7 | Обсуждение результатов | 10 | Руководитель,<br>инженер |
| 8 | Вывод по цели          | 5  | Инженер                  |

Далее, используя данные таблицы 14, следует построить график Ганта.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Диаграмма Ганта отображена в таблице 15.

Таблица 15 – Диаграмма Ганта

| № | Вид работ                              | Исполнитель              | T <sub>к</sub><br>кол-во<br>дней | Продолжительность выполнения работ |   |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
|   |  |                          |                                  | Март                               |   |   | Апрель |   |   | Май |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|   |  |                          |                                  | 1                                  | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Составление<br>технического<br>задания | Руководитель             | 5                                | X                                  |   |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Анализ<br>литературы                   | Инженер                  | 15                               |                                    | + |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Подбор<br>необходимых<br>документов    | Инженер,<br>руководитель | 10                               |                                    |   | + |        |   |   |     |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Проведение<br>необходимых<br>расчетов  | Инженер                  | 15                               |                                    |   |   |        | + |   |     |   |   |  |  |  |  |  |  |  |



– Руководитель



– Инженер



## 4.4 Составление бюджета проекта

### 4.4.1 Расчет первоначальных инвестиций для разработки и внедрения проекта

В этом разделе необходимо определить сумму инвестиций для осуществления инженерного проекта. Итоговые данные целесообразно обобщить в форме таблицы 16.

Таблица 16 – Объекты и направления инвестиций

| Наименование объекта   | Кол-во | Цена за единицу, руб. | Общая стоимость, руб. |
|--|--------|-----------------------|-----------------------|
| Сварочный выпрямитель ДУГА 318 М1  | 1      | 18900                 | 18900                 |
| Газосварочная горелка инжекторная<br>БАМЗ ГВМ-1                                  | 1      | 2225                  | 2225                  |
| Реостат балластный РБ-302  | 1      | 6000                  | 6000                  |
| Бензиновый генератор<br>КАЛИБР БЭГ-5500А(5000 Вт)                                | 1      | 36800                 | 36800                 |
| Организационные расходы на<br>перевозку оборудования к месту<br>проведения работ | 1      | 25000                 | 25000                 |
| УШМ ELITECH МШУ 0912   | 1      | 2340                  | 2340                  |
| Всего инвестиций   | 4      | Итого: 88925          |                       |

#### 4.4.2 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат для сварки сталей 12Х1МФ и Х12МФ приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

| Наименование материала                              | Единицы измерения | Количество | Цена за 1 ед., руб. | Затраты, руб. | 12Х1МФ | Х12МФ |
|---|-------------------|------------|---------------------|---------------|--------|-------|
| Электроды для сварки ЦЛ – 45 Ø 3,0мм                | 1 кг              | 1          | 285                 | 285           | +      | -     |
| Электроды для сварки ЦЛ – 45 Ø 3,0мм                | 1 кг              | 1          | 920                 | 920           | -      | +     |
| Сварочная маска «Хамелеон» марки FOXWELD или AURORA | 1 шт.             | 1          | 6500                | 6500          | +      |       |
| Костюм сварщика со спилком                          | 1 комплект        | 1          | 4483                | 4483          | +      |       |
| Костюм брезентовый ОП утепленный плотность          | 1 комплект        | 1          | 2417                | 2417          | +      |       |

Продолжение таблицы 17

|   |         |   |                                   |       |   |
|---|---------|---|-----------------------------------|-------|---|
| Краги особо прочные, с подкладкой, 35 см,           | 1 пара  | 1 | 459                               | 459   | + |
| Баллон пропановый ВБ–2                              | 1 шт.   | 1 | 2080                              | 2080  | + |
| Ботинки мужские кожаные Неогард для сварочных работ | 1 пара  | 1 | 3387                              | 3387  | + |
| Комплект инструментов сварщика универсальный КСУ    | 1 набор | 1 | 10500                             | 10500 | + |
| Абразивные круги LUGAABRASIV                        | 1 набор | 1 | 295                               | 295   | + |
| Итого для 12Х1МФ: 30405 руб.                        |         |   | Итого для стали Х12МФ: 31041 руб. |       |   |

#### 4.4.3 Расчет затрат на заработную плату

В данную статью включается заработная плата всех сотрудников, непосредственно участвующих в разработке и реализации проекта.

Расходы на заработную плату состоят из двух частей: основная и дополнительная заработная плата.

#### 4.4.4 Расчет затрат на основную заработную плату

Для заполнения таблицы 18, в частности графы должность, количество человек, количество рабочих дней, следует обратиться к разделу «Планирование проекта». Примерный оклад необходимо посмотреть в сети Интернет. Районный коэффициент для Томска составляет 1,3.

Таблица 18 – Исходные данные для расчета основной заработной платы

| № п/п | Должность    | Количество человек | Режим работы | Количество рабочих дней (Тр) | Оклад (Зок) | Районный коэффициент (Кр) |
|-------|--------------|--------------------|--------------|------------------------------|-------------|---------------------------|
| 1     | Руководитель | 1                  | 8 ч          | 25                           | 21000       | 1.3                       |
| 2     | Инженер      | 1                  | 8 ч          | 70                           | 12000       | 1.3                       |

Расчет основной заработной платы ведется по формуле:

$$Зосн = Здн \cdot Тр, \quad (27)$$

где  $Здн$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$Тр$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни.

Расчет среднедневной заработной платы ведется по формуле:

$$Здн = \frac{Зм \cdot Кр}{Fд}, \quad (28)$$

где  $Зм$  – заработная плата работника за месяц, руб,

$Fд$  – количество дней в течение месяца, раб. дни,

$Fд$  для 6–дневной рабочей недели принять равным 26,

$$Здн = \frac{21000 \cdot 1.3}{26} = 1050,$$

$$Здн = \frac{12000 \cdot 1.3}{26} = 600.$$

Расчет основной заработной платы ведется по формуле:

$$Зосн = Здн \cdot Тр, \quad (29)$$

где  $Здн$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$Тр$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни.

$$Зосн = 1050 \cdot 25 = 26250,$$

$$Зосн = 600 \cdot 70 = 42000.$$

Расчет основной заработной платы сведена в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы за период работы над проектом

| Должность    | Здн, руб. | Тр  | Зосн, руб. |
|--------------|-----------|-----|------------|
| Руководитель | 1050      | 250 | 26250      |
| Инженер      | 600       | 70  | 42000      |

#### 4.4.5 Расчет затрат на дополнительную заработную плату

Затраты по дополнительной заработной плате учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет затрат на дополнительную заработную плату ведется по следующей формуле:

$$Здоп = Зосн \cdot Кдоп, \quad (30)$$

где  $Зосн$  – затраты на основную заработную плату;

$Кдоп$  – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12–0,15).

$$Здоп = 26250 \cdot 0,12 = 3150,$$

$$Здоп = 42000 \cdot 0,12 = 5040.$$

#### 4.4.6 Расчет амортизационных отчислений

Амортизация представляет собой процесс постепенного переноса стоимости основных средств и нематериальных активов на выпускаемую с их помощью продукцию. Начисление амортизации осуществляется для накопления денежных средств с целью полного восстановления (реновации) основных средств и нематериальных активов. Отчисления, предназначенные для возмещения стоимости изношенной части основных средств и нематериальных активов, называются амортизационными.

Амортизация учитывается, при стоимости оборудования, свыше 40 тыс. рублей. Так как в нашем проекте отсутствует оборудование стоимостью выше 40 тысяч рублей расчет амортизации не производится.

#### 4.4.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы)

Страховые взносы – это обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Расчет страховых отчислений ведется по следующей формуле:

$$Зотч = (Зосн + Здоп) \cdot Котч, \quad (31)$$

где  $Зосн$  – затраты на основную заработную плату;

$Здоп$  – затраты на дополнительную заработную плату, принимаем равными 0;

$Котч$  – доля отчислений на страховые взносы (0,3).

$$Зотч = (26250 + 3150) \cdot 0,3 = 8820,$$

$$Зотч = (42000 + 5040) \cdot 0,3 = 14112.$$

Полученные значения вносятся в таблицу 20.

Таблица 20 – страховые взносы на работников

| Должность    | Зосн, руб. | Зотч, руб. |
|--------------|------------|------------|
| Руководитель | 26250      | 8820       |
| Инженер      | 42000      | 14112      |

#### 4.4.8 Расчет накладных расходов

Накладные расходы – это прочие расходы, не относящиеся к предыдущим статьям. Например, оплата услуг связи, электроэнергии, отопления, канцелярские товары, реклама, охрана и т.д.

Расчет накладных расходов ведется по формуле:

$$\text{Знакл} = \text{Зосн} \cdot \text{Кнакл}, \quad (32)$$

где  $\text{Зосн}$  – затраты на основную заработную плату;

$\text{Кнакл}$  – коэффициент накладных расходов 0,8.

$$\text{Знакл} = \text{Зосн} \cdot 0,8 = 21000,$$

$$\text{Знакл} = \text{Зосн} \cdot 0,8 = 33600.$$

#### 4.4.9 Формирование бюджета текущих затрат

Рассчитанная величина текущих затрат является основой для формирования бюджета затрат проекта. Бюджет текущих затрат на проект приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета текущих затрат

| Наименование   |        | Сумма, руб. | Удельный вес, % |
|--|--------|-------------|-----------------|
| Материальные<br>затраты                                    | 12X1МФ | 30405       | 15,4            |
|  | X12МФ  | 31041       |                 |
| Затраты на заработную плату<br>(основная и дополнительная) |        | 76440       | 42              |

Продолжение таблицы 21

|                   |        |        |      |
|-------------------|--------|--------|------|
| Страховые взносы  |        | 22932  | 12,6 |
| Накладные расходы |        | 54600  | 30   |
| Общий бюджет      | 12Х1МФ | 184377 | 100  |
|                   | Х12МФ  | 185013 |      |

Данный проект позволил составить бюджет проекта, выражаемый в количественных показателях и отражающий затраты для достижения цели проекта. Был произведен необходимый расчет первоначальных инвестиций, необходимых для разработки и внедрения проекта и расчет текущих затрат на проект.

#### 4.5 Оценка эффективности проекта

Эффективность проекта показывает соответствие затрат и результатов проекта интересам и целям участников, а также интересам государства и населения.

Эффективность проекта определяется с помощью интегрального показателя по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (33)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 22).

Таблица 22 – Исходные данные для расчета показателей эффективности проекта

| Параметры/объект исследования                                   | Весовой коэффициент параметра | До внедрения проекта | После внедрения проекта |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Упрощает процесс транспортировки веществ повышенной температуры | 0.25                          | 3                    | 7                       |
| Повышение уровня экологической безопасности                     | 0.1                           | 4                    | 5                       |
| Уменьшения влияния человеческого фактора                        | 0.15                          | 3                    | 4                       |
| Способствует стабильности производства                          | 0.2                           | 4                    | 6                       |
| Уменьшение себестоимости  | 0.3                           | 5                    | 6                       |
| Итого   | 1                             |                      |                         |

$$I_{p-исн1} = 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,3 = 3,9,$$

$$I_{p-исн2} = 7 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 6 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,3 = 5,85.$$

Таким образом, после проведения расчетов мы видим, что эффективность после внедрения ( $I_{p-после}=5,85$ ) больше, чем до внедрения ( $I_{p-до}=3,9$ )

В ходе работы над проектом была проработана концепция проекта, обозначена актуальность, обозначены главная цель, составляющие главной цели, а также задачи по достижению целей. Рассмотрены прямые и

косвенные факторы, оказывающие влияние на проект. В результате был составлен паспорт проектной идеи.

Анализ потенциала проекта показал сильные и слабые стороны проекта, угрозы и возможности.

Оценена конкурентоспособность проекта экспертным методом и построен многоугольник конкурентоспособности, который показал, что роботизированная сварка магистральных трубопроводов была бы наилучшим выбором по всем показателям, если не считать высокую цену оборудования и затруднения в мобильности способа, которые делают процесс практически невозможным, поэтому рекомендуется выбрать ручную дуговую сварку.

В результате планирования проекта установлено, что требуется выполнить 8 видов работ, затратить 75 дней, а также задействовать 2 специалистов.

При оценке рисков проекта были выявлены группы технологических, экономических и социальных рисков. На основе полученных данных можно сделать вывод, что рисками с наибольшей вероятностью появления и потерь являются повышение цен на расходные материалы, сырьё и оборудование; и увеличение размера налоговых отчислений на работников.

Был составлен бюджет проекта, который учитывает материальные затраты, затраты на заработную плату, страховые взносы, затраты на амортизацию, накладные расходы. Получен общий бюджет проекта равный 184377 и 185013 рублям для сталей 12X1МФ и X12МФ соответственно.

Была оценена эффективность проекта. По результатам этой оценки после проведения расчетов мы видим, что эффективность после внедрения ( $I_p\text{--после}=7.2$ ) больше, чем до внедрения ( $I_p\text{--до}=3.9$ ).

## **5 Социальная ответственность**

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

Требования по охране труда при эксплуатации трубопроводов определяются Федеральным законом от 21 июля 1997 г. N 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Федеральным законом от 22 июля 2008 г. N 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (п.4 от технологических эстакад и трубопроводов – от крайнего трубопровода), Земельным кодексом РФ от 10 июля 1998 г. N 1736 (Статья 28.1. Охранные зоны трубопроводов) и Уголовным кодексом Российской Федерации от 13 июня 1996 г. N 63–ФЗ (УК РФ) (Статья 269. Нарушение правил безопасности при строительстве, эксплуатации или ремонте магистральных трубопроводов).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Согласно Федеральному закону от 21 июля 1997 г. N 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

трубопровод и входящие в его состав объекты, относятся к опасным производственным объектам [17].

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к трубопроводам.

К работам по эксплуатации трубопровода допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Обслуживание и ремонт технических средств трубопроводов должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Производство сварочно–монтажных работ должно осуществляться с оформлением наряда–допуска на огневые работы. При производстве работ должен быть организован контроль воздушной среды на загазованность. Применяемые при проведении работ сварочное оборудование, переносной электроинструмент, освещение, средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям правил

устройства электроустановок, правил эксплуатации электроустановок потребителей.

К проведению сварочных работ и работ с переносным электроинструментом допускаются лица, прошедшие предварительное обучение, проверку знаний инструкций по охране труда.

Перед началом электросварочных работ необходимо проверить исправность изоляции сварочных кабелей и электрододержателей, а также плотность соединений всех контактов.

Кабели, подключенные к сварочным аппаратам, распределительным щитам и другому оборудованию, а также в местах сварочных работ, должны быть надежно изолированы от действия высокой температуры, химических воздействий и механических повреждений.

Переносной электроинструмент, светильники, ручные электрические машины должны быть подключены только через устройство защитного отключения.

На корпусе электросварочного аппарата должен быть указан инвентарный номер, дата следующего измерения сопротивления изоляции и принадлежность подразделению.

Запрещается проведение сварочных работ во время снега или дождя без применения навеса над местом производства работ и ветра со скоростью свыше 10м/сек. Запрещается проведение сварочно–монтажных и погрузочно–разгрузочных работ в грозу.

При оставлении места работы сварщик должен отключить сварочный аппарат.

## 5.2 Производственная безопасность

Электросварка металлов сопровождается наличием ряда вредных и опасных производственных факторов воздействующих на сварщика.

### 5.2.1 Вредные и опасные факторы

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые отражены в таблице 23.

Таблица 23 – Опасные и вредные производственные факторы [18]

| Факторы<br>(ГОСТ 12.0.003–2015)               | Этапы работ    |                  |                  | Нормативные<br>документы   |
|---|----------------|------------------|------------------|--|
|   | Разработ<br>ка | Изготовл<br>ение | Эксплуа<br>тация |  |
| Отклонение показателей<br>климата             | +              | +                | +                | ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ<br>«Вибрационная безопасность»;  |
| Превышение уровня<br>шума и вибрации          |                | +                | +                | СП 52.13330.2016 «Естественное и<br>искусственное освещение»;                                  |
| Вредные вещества                              | +              | +                | +                | ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие<br>санитарно–гигиенические требования к<br>воздуху рабочей зоны»; |
| Укусы насекомых и<br>животных                 |                | +                | +                |  |
| Недостаточная<br>освещенность рабочей<br>зоны | +              | +                | +                | ГОСТ 12.1.046–2014 «Нормы освещения<br>строительных площадок»                                  |
| Ожоги роговицы глаз                           |                | +                | +                | ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ<br>«Электробезопасность»;  |

Продолжение таблицы 23

|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| Термическая опасность  | + | + | + | <p>«Правила устройства электроустановок»</p> <p>ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность»;</p> <p>ГОСТ 12.1.019–2017 ССБТ «Электробезопасность»;</p> <p>ГОСТ 12.1.035–81 ССБТ «Оборудование для дуговой и контактной электросварки»;</p> <p>ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ «Шум».</p> <p>СанПиН 1.2.3685–21. «Санитарно–эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»</p> <p>РД 153–34.0–03.301–0, «Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий»</p> <p>ГОСТ Р 57278–2016 «Ограждения защитные»</p> <p>Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».</p> |
| Электрический ток  | + | + | + |   |
| Короткое замыкание   | + | + | + |   |
| Статическое электричество  | + | + | + |   |
| Физические и нервнопсихические перегрузки (Высокий уровень интенсивности труда; Тяжелая физическая работа; Повышенная нагрузка на органы чувств) | + | + | + |   |
| Движущиеся машины/механизмы  |   | + | + |   |
| Работа с системами по давлением  |   | + | + |   |

## 5.2.2 Анализ выявленных факторов

### Термические ожоги

Во избежание тепловых ожогов электросварщик должен:

- работать в брезентовых спецодежде и рукавицах, ботинки носить с боковыми застежками, брюки (без отворотов) носить только навыпуск. Карманы куртки закрывать клапанами, концы рукавов рекомендуется завязывать тесьмой в соответствии с ГОСТ 12.4.250–2019. Голову укрывать обычным головным убором (желательно без козырька) или фибролитовой каской в соответствии ГОСТ 12.4.254–2013 [19,20];
- следить за состоянием спецодежды, учитывая, что нормами ее выдачи электросварщикам предусматриваются определенные сроки носки;
- соблюдать осторожность при обращении с нагретым металлом, шлаком, огарком электродов. При сбивании шлаковой корки защищать глаза очками с обычными стеклами;
- не допускать перегрева электродержателей, а также другого сварочного инструмента находящегося под током;
- при потолочной дуговой сварке пользоваться асбестовыми нарукавниками и плотно завязывать их у кистей рук.

Требования по безопасности согласно ГОСТ 12.2.003–91 [21].

### Освещение.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Территория сварочного участка по монтажу и прокладке трубопровода в темное время суток должна иметь освещение в

соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок» [22,23].

Для освещения сварочно–монтажных участков следует применять прожекторы на мачтах.

Осветительные устройства должны быть во взрывозащищенном исполнении в соответствии с установленными требованиями:

- не допускается применение открытых газоразрядных ламп и ламп накаливания с прозрачной колбой;
- питание устройств производится от сети переменного тока частотой 50 Гц и постоянного тока;
- мачты для установки должны обеспечиваться молниезащитой.

Согласно, ГОСТ 12.1.046–2014 – Нормы освещения строительных площадок, наименьшая освещенность должна быть 30 лк [24].

Освещение на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

## **Электробезопасность**

Поражение электрическим током происходит при соприкосновении человека с токоведущими частями оборудования.

Согласно ПУЭ все электроустановки по условиям электробезопасности принято разделять на 2 группы [23]:

- электроустановки напряжением до 1000 В (1 кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000 В (1 кВ).

В нашем случае применяемое сварочное оборудование (выпрямитель ДУГА 318 М1) работает от напряжения 380 В, следовательно, относиться к 1 категории опасности.

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–2017 [25].

Наиболее распространенными причинами электротравматизма являются:

- появление напряжения там, где его в нормальных условиях быть не должно (на корпусах оборудования, на металлических конструкциях сооружений и т.д.); чаще всего это происходит вследствие повреждения изоляции;
- возможность прикосновения к незащищенным токоведущим частям при отсутствии соответствующих ограждений;
- воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000 В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;
- прочие причины: несогласованные и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под напряжением без надзора, допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.

В качестве обеспечения вопросов электробезопасности для труб наиболее актуальны:

- молниезащита;
- защитное заземление.

Инструкция по работе с оборудованием:

- 1) Используемое оборудование должно быть заземлено
- 2) В начале смены необходимо проверить непрерывность цепи между зажимом защитного заземления на электроустановке.
- 3) Запрещается включать электрооборудование в сеть при поврежденной изоляции шнура питания.
- 4) Запрещается работать с неисправным оборудованием.

5) Запрещается самостоятельно устранять неисправности электрооборудования, ремонт осуществляет работник требуемой квалификации.

При выполнении сварочных работ внутри замкнутых сосудов (котлов, емкостей, резервуаров, и т.п.) следует применять деревянные щиты, резиновые коврики, перчатки, галоши. Сварку необходимо проводить с подручным, находящимся вне сосуда. Следует помнить, что для осветительных целей внутри сосудов, а также в сырых помещениях применяют электрический ток напряжением не выше 12В, а в сухих помещениях — не выше 36В, в сосудах без вентиляции сварщик должен работать не более 30 минут с перерывами для отдыха на свежем воздухе.

Монтаж, ремонт электрооборудования и наблюдение за ним должны выполнять электромонтеры.

Сварщикам категорически запрещается исправлять силовые электрические цепи. При поражении электрическим током необходимо выключить ток первичной цепи освободить от его воздействия пострадавшего, обеспечить к нему доступ свежего воздуха, вызвать врача, а при необходимости до прихода врача сделать искусственное дыхание.

## **Шум и вибрация**

Производственный шум, это сочетание различных по частоте и силе звуков. Вибрация — механические колебания материальных точек или тел.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81 [26].

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины;
- сварочная дуга;

- слесарный инструмент: молоток, шабер, машинка ручная шлифовальная и др.

Для рабочих помещений административно–управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень звука не должен превышать 50 дБ, ГОСТ 12.1.003–2014 [27].

Если уровень шума не снижается в пределах нормы, используются индивидуальные средства защиты (наушники, шлемофоны).

Общие требования по нормированию уровня вибрации приведены в ССБТ «Вибрационная безопасность».

Источниками вибраций на производстве является различное производственное оборудование.

Предельно допустимые нормируемых параметров производственной локальной вибрации при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8ч) приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации

| Среднегеометрические частоты полос, Гц | Предельно допустимые значения по осям X <sub>o</sub> , Y <sub>o</sub> , Z <sub>o</sub> |     |                        |     |
|--|--|-----|------------------------|-----|
|  | виброускорения   |     | виброскорости          |     |
|  | м/с <sup>2</sup>   | дБ  | м/ч · 10 <sup>-2</sup> | дБ  |
| 8                                      | 1,4  | 123 | 2,8                    | 115 |
| 16                                     | 1,4  | 123 | 1,4                    | 109 |
| 31,5                                   | 2,8  | 129 | 1,4                    | 109 |
| 63                                     | 5,6  | 135 | 1,4                    | 109 |
| 125                                    | 11,0   | 141 | 1,4                    | 109 |
| 250                                    | 22,0   | 147 | 1,4                    | 109 |

Продолжение таблицы 24

|  |      |     |     |     |
|--|------|-----|-----|-----|
| 500  | 45,0 | 153 | 1,4 | 109 |
| 1000   | 89,0 | 159 | 1,4 | 109 |
| Коррективные и эквивалентные<br>корректированные значения и их<br>уровни | 2,0  | 126 | 2,0 | 112 |

Методы снижения вибрации: снижение вибрации в источнике ее возникновения, конструктивные методы (виброгашение, вибродемпфирование – подбор определенных видов материалов, виброизоляция). Виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаментах. Для защиты от вибраций на автоматических и полуавтоматических установках установлены виброизоляции.

При механизации сварочного производства, а также применении указанных методов для снижения вибрации на рабочем месте, условия труда на строительной площадке соответствуют допустимым нормам.

### **Вредные вещества**

Эксплуатация трубопроводов не должна приводить к загрязнению окружающей среды (воздуха, поверхностных вод, почвы) загрязняющими веществами выше допустимых норм.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 25 согласно ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. «Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [28].

Таблица 25 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов

| Название  | Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup> | 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               |

Для защиты от вредного воздействия воздушных загрязнений (при превышении ПДК) работодатель обязан использовать самый последний, и самый ненадёжный метод – применение средств индивидуальной защиты органов дыхания, кожи, глаз.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны сварщика соответствует допустимым нормам.

### **Климат**

Работы по монтажу трубопровода проводятся на открытом воздухе. В зимний и летний периоды это накладывает требования по особой

организации процесса работ в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [28].

В зимнее время:

- работающие на открытой территории в холодный период года обеспечиваются комплектом средств индивидуальной защиты (СИЗ) от холода с учетом климатического региона (пояса). При этом комплект СИЗ должен иметь положительное санитарно–эпидемиологическое заключение с указанием величины его теплоизоляции.

- во избежание локального охлаждения работающих следует обеспечивать рукавицами, обувью, головными уборами применительно к конкретному климатическому региону (поясу). На рукавицы, обувь, головные уборы должны иметься положительные санитарно–эпидемиологические заключения с указанием величин их теплоизоляции.

- в целях нормализации теплового состояния работника температура воздуха в местах обогрева поддерживается на уровне 21–25°C. Помещение следует также оборудовать устройствами, температура которых не должна быть выше 40°C (35 – 40°C), для обогрева кистей и стоп.

- продолжительность первого периода отдыха допускается ограничить 10 минутами, продолжительность каждого последующего следует увеличивать на 5 минут.

- в обеденный перерыв работник обеспечивается "горячим" питанием. Начинать работу на холоде следует не ранее, чем через 10 минут после приема "горячей" пищи (чая и др.).

- при температуре воздуха ниже – 30°C не рекомендуется планировать выполнение физической работы категории выше Па. При температуре воздуха ниже – 40°C следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей.

В летнее время:

- в целях профилактики перегревания работников при температуре воздуха выше допустимых величин, время пребывания на этих рабочих местах следует ограничить.

- время непрерывного пребывания на рабочем месте не адаптированному к нагревающему микроклимату, сокращается на 5 минут, а продолжительность отдыха увеличивается на 5 минут.

- профилактике нарушения водного баланса работников в условиях нагревающего микроклимата способствует обеспечение полного возмещения жидкости, различных солей, микроэлементов (магний, медь, цинк, йод и др.), растворимых в воде витаминов, выделяемых из организма с потом.

- для оптимального водообеспечения работающих целесообразно размещать устройства питьевого водоснабжения (установки газированной воды – сатураторы, питьевые фонтанчики, бачки и т.п.) максимально приближенными к рабочим местам, обеспечивая к ним свободный доступ.

- – для восполнения дефицита жидкости целесообразно предусматривать выдачу работающим чая, минеральной щелочной воды, клюквенного морса, молочнокислых напитков (обезжиренное молоко, пахта, молочная сыворотка), отваров из сухофруктов при соблюдении санитарных норм и правил их изготовления, хранения и реализации.

Мероприятия по организации процесса работы в летнее и зимнее время для защиты от воздействия климатических условий на сварщиков соответствует допустимым нормам.

## **Статическое электричество**

От накопления и опасных проявлений статического электричества защита основана на следующих принципах:

- рассеяние возникающих электростатических зарядов путем увеличения проводимости самих материалов и окружающей среды;
- уменьшение процесса генерации электрических зарядов (ограничение скорости переработки и транспортирования материалов);
- исключение опасных разрядов статического электричества (заземление проводящих объектов).

Заземление является обязательной мерой защиты от статического электричества, но на процесс накопления электростатических зарядов в диэлектриках оно практически не влияет. Повышенное внимание должно уделяться заземлению различных передвижных объектов или вращающихся элементов оборудования. Оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление в любой его точке при самых неблагоприятных условиях не превышает 106 Ом. Заземление диэлектрического оборудования может быть осуществлено нанесением на его поверхность проводящих покрытий (пленок).

Для отвода в землю зарядов статического электричества с электропроводящей подошвой, антиэлектростатическая спецодежда и предусматривается устройство электропроводящих полов. На рабочем месте сварщика используемое оборудование заземлено и обеспечивает защиту от воздействия статического электричества.

### **Укусы насекомых и животных**

При работе на открытой местности в летнее время работники могут подвергнуться укусам кровососущих насекомых. Несмотря на то, что большинство укусов могут вызвать лишь зуд, другие могут быть чрезвычайно опасными и принести огромное количество проблем со здоровьем, если на укус сразу не обратить внимание.

Согласно, Р 3.5.2.2487–09 Руководство по медицинской дезинсекции, для предотвращения укусов насекомых рекомендуется

применять защитную одежду [29]. Защитный эффект в данном случае достигается механически. Ткань одежды должна быть достаточно плотной, либо иметь особое плетение нитей, не допускающее проникновение ротовых частей насекомого к поверхности тела человека. Разработан вариант защиты с помощью двух рубашек: нижняя из крупноячеистого достаточно объёмного трикотажного полотна (хлопчатобумажная пряжа), верхняя – из тонкого и прочного мелкоячеистого трикотажного полотна. В данном случае реализуется известный принцип механического способа защиты человека от гнуса – создание между поверхностью одежды и телом человека пространства, превосходящего по глубине длину хоботка нападающих кровососов. Защиту головы следует осуществлять, используя головной убор типа «Накомарник» из мелкоячеистого трикотажного полотна, закрывающего лицо. Открытые части тела человека можно защищать с помощью репеллентов.

На рабочем месте сварщика защита от укусов насекомых и животных соответствует нормам.

### **Психофизические факторы**

Основные психофизическими факторами при работе сварщиков на участке являются повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, монотонность труда, высокий уровень интенсивности деятельности.

Для предотвращения получения травм рекомендуется:

- произвести уменьшение плотности рабочего времени;
- исключить перебои в работе и настроить ритмизация трудовых процессов;
- наладить правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

На рабочем месте сварщика защита от влияния психофизических факторов соответствует нормам.

### **Ожоги роговицы глаз**

В процессе электросварки сварочной дугой излучается свет различных диапазонов.

Спектр излучения сварочной дуги включает в себя диапазон инфракрасных волн (3430–750нм), видимый диапазон (750–400нм) и ультрафиолетовый диапазон (400–180нм).

Интенсивность оптического излучения сварочной дуги и его спектральные характеристики зависят от мощности дуги, способа сварки, вида сварочных материалов, защитных и плазмообразующих газов.

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. 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.

Использование СИЗ при работе на строительной площадке позволяет сократить воздействие вредных факторов на организм.

### **Движущиеся машины**

При работе применяется электролебедка для транспортировки труб, то есть имеется опасность нанесения вреда человеку движущимися частями машин.

В качестве защиты необходимо проводить регулярный инструктаж рабочих по технике безопасности, все движущиеся механизмы должны быть аттестованы.

Проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м.

Для большей безопасности работы необходимо выставить предупредительные таблички о наличии передвигающихся механизмов.

### **Работа с системами под давлением**

Эксплуатация систем под давлением должна происходить в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».

При транспортировке газовых баллонов на них должны быть накручены колпаки, помимо этого, на баллонах с горючими газами на боковом штуцере должны быть установлены заглушки.

Совместная транспортировка кислородных баллонов и баллонов с горючими газами не допускается. В исключительных случаях разрешается транспортировать не более 10 баллонов с кислородом и горючими газами (суммарно).

Баллоны должны подвергаться техническому освидетельствованию. На горловине баллона должна быть выбита дата следующего освидетельствования.

Расстояние от баллонов до источников открытого огня не должно быть менее 5м. Также они должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей.

Редукторы, которые используются для снижения давления, должны быть окрашены в тот же цвет, что и баллон. Пользоваться редукторами, имеющими неисправности – запрещается. Замерзшие редукторы разрешается отогревать только горячей водой. Для повышения давления в баллонах запрещается их подогревать.

Периметровое ограждение должно быть реализовано с использованием ограждений или чувствительного защитного оборудования в соответствии с ГОСТ Р 57278–2016 «Ограждения защитные» [30].

### **5.3 Экологическая безопасность**

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

#### **5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии необходимо планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на сварочном участке монтажа трубопровода.

Для борьбы с паводковыми водами необходимо заготовить запас инструмента и инвентаря (лопаты, мешки с песком, лодки и т.п.). Период прохождения весеннего паводка уточняется в местных отделениях гидрометеорологической службы.

### **5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду**

Для достижения норм ПДС загрязняющих веществ со сточными водами необходимо осуществлять мероприятия по уменьшению количества сбрасываемых сточных вод и повышению глубины их очистки.

Уменьшение количества сбрасываемых сточных вод может быть обеспечено за счет повторного использования очищенных сточных вод на производственные нужды и сокращения общего потребления воды для этих целей, предотвращения утечек нефтепродуктов из-за неплотностей запорной арматуры, фланцевых, муфтовых соединений, сварных стыков, коррозионных повреждений резервуаров и трубопроводов; вследствие переливов, что приведет к уменьшению количества загрязненных нефтепродуктами производственноливневых стоков, сбрасываемых в канализационную сеть.

Утилизация электронных и электрических приборов, устройств и их частей это достаточно трудоемкий и требующий специальных навыков и оборудования процесс.

В электронных и электрических приборах содержатся не мало опасных и токсичных веществ, таких как свинец, кадмий, сурьма, которые под воздействием внешних природных факторов могут нанести большой вред окружающей среде и здоровью человека.

Необходимость в профессиональной утилизации также возникает в связи с тем, что внутри микросхем, плат, содержатся детали, с определенной долей драгоценных металлов, которые требуют особого учета и контроля. Поэтому в случае несанкционированного захоронения (вывоза на свалку) подобные отходы представляют не только серьезную угрозу для здоровья человека из-за содержащихся в них опасных веществ, но и ведут к утере ценных компонентов, которые могут использоваться вторично.

Утилизацией отработанных микросхем оборудования занимается специализированная компания.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Согласно ГОСТ Р 22.0.02–2016 ЧС – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [31].

### **5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС**

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

Источники зажигания, приводящие к пожарам на взрывопожароопасных объектах, весьма разнообразны:

- разряды атмосферного электричества;
- фрикционные искры;
- самовозгорание пирофорных отложений;
- открытое пламя и искры;
- короткое замыкание кабеля или воздушных линий электропередач, проходящих в непосредственной близости от участка монтажа трубопровода;
- преступные действия людей.

Сборка и сварка трубопровода диаметром 159 мм осуществляется с применением следующего ряда оборудования выпрямитель ДУГА 318 М1,

углошлифовальная машина ELITECH МШУ 0912. При эксплуатации трубопроводов должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные «Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации» РД 153–34.0–03.301–0, «Правилами пожарной безопасности для энергетических предприятий» [32].

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения ремонтных работ, при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

К огненным работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, новообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций (электрическая и газовая сварка, бензиновая, керосиновая или кислородная резка, кузнечные и котельные работы с применением паяльных ламп и разведением открытого огня).

Огневые работы можно производить только после выполнения всех подготовительных мероприятий, обеспечивающих полную безопасность работ.

При проведении огневых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой, не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения.

При проведении огневых работ баллоны со сжатым, сжиженным и растворенными газами не должны иметь контактов с электропроводящими кабелями.

Огневые работы должны проводиться исправным инструментом и заземленным сварочным оборудованием. Запрещено использовать приставные лестницы.

Огневые работы должны быть немедленно прекращены при обнаружении несоблюдения мер безопасности, предусмотренных в наряде–допуске на огневые работы, появления в воздухе рабочей зоны паров нефтепродукта или горючих газов, а также возникновении опасной ситуации.

По окончании огневых работ место их должно быть тщательно проверено и очищено от раскаленных огарков, окалины или тлеющих предметов, а при необходимости залито водой.

По периметру и внутри сварочного участка должны быть вывешены знаки безопасности, выполненные и определяющие противопожарный режим на их территории (запрещение разведения открытого огня, ограничение проезда автотранспорта и др.)

По пожарной и взрывопожарной опасности сварочный участок трубопровода относится к категории повышенная взрывопожароопасность (А).

В качестве средств пожаротушения на территории участка:

- баки–дозаторы «Гобсек»;
- пожарная вышка ПВ–10 "Феникс" У по ТУ 4854–011–54883547–09;
- огнетушители воздушно–пенные ОВП–4.

При возникновении пожара, действия работников в первую очередь должны быть направлены на обеспечение безопасности людей.

При возникновении пожара необходимо:

- не паниковать;
- незамедлительно сообщить дежурному диспетчеру ФПС по телефону, при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию;
- принять посильные меры по тушению пожара, используя первичные средства пожаротушения (к тушению пожара приступать

только в случае отсутствия явной угрозы жизни и наличие возможности покинуть опасное место в любой момент тушения пожара);

- поставить в известность об обнаружении пожара руководство;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны, оказать помощь в выборе пути для подъезда к очагу пожара.

Рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места с точки зрения социальной ответственности.

Даны рекомендации по организации мероприятий по уменьшению количества сбрасываемых сточных вод и повышению глубины их очистки.

Составлен перечень рекомендуемых средств пожаротушения на территории сварочного участка.

Разработанные мероприятия возможно внедрить на территории предприятия, они позволят повысить уровень безопасности и снизить риск возникновения профессиональных заболеваний, вызванных вредными факторами.

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс сварки неповоротного стыка трубы диаметром 159 мм и толщиной стенки 8 мм с помощью ручной дуговой сварки покрытыми электродами. В данной работе предложены два варианта технологического процесса сварки – для стали 12Х1МФ и для стали Х12МФ.

В данной работе была определена свариваемость указанных металлов, подобраны необходимые сварочные материалы, подобраны режимы для ручной дуговой сварки, был посчитан расход сварочных материалов, а также были рассмотрены методы борьбы со сварочными напряжениями, деформациями и возникновением дефектов в сварном шве.

По результатам проведенного анализа и исследований установлено, что сварка стали 12Х1МФ по предложенной технологии позволяет получить соединение с гарантированными параметрами, а также оптимизировать трудовые и финансовые затраты.

Учитывая, что при сварке стали Х12МФ трудовые и финансовые затраты значительно возрастают, а также отсутствие гарантированных физико–механических параметров получаемого соединения, применение стали Х12МФ для сварных конструкций – не рекомендуется.

## Список используемых источников

- 1 Марочник сталей и сплавов. / Под ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. – 670 с.
- 2 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Редкол.: Г.А. Николаев и др. – М.: Машиностроение, 1978 – т.2.
- 3 Технология электрической сварки плавлением. Под ред. Б.Е. Патона – М.: Машгиз, 1962. – 664 с.
- 4 Петров Г.Л. Сварочные материалы. – Л.: Машиностроение, 1972. – 280 с.
- 5 ГОСТ 4543–71 – Прокат из легированной конструкционной стали.
- 6 ГОСТ 9467–75 – Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей.
- 7 Расчет режимов сварки. Методическое пособие. / Составители Бабенко Э.Г., Н.П. Казанова – Хабаровск: ДГУПС, 1999. – 32с.
- 8 ГОСТ 16037–80 – Соединения сварные стальных трубопроводов. основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- 9 ГОСТ 10052–74 – Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами.
- 10 Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением: учебник для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
- 11 Расчет режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов. / Составитель Трущенко Е.А. – ч. 1 – Томск: ТПУ, 2005. – 27с.
- 12 ГОСТ 9466–75 – Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия.

13 Акулов А.И., Алехин В.П., Ермаков С.И., Полевой Г.В., Рыбачук А.М. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки. – М.; Машиностроение, 2003. – 560с.

14 Китаев А.М., Китаева Я.А. Справочная книга сварщика. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.

15 Теория сварочных процессов: учебное пособие / Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988. – 559 с.

16 Расчет режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов. / Составитель Трущенко Е.А. – ч. 2 – Томск: ТПУ, 2005. – 19 с.

17 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности – Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением.

18 ГОСТ 12.0.003–2015 – Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

19 ГОСТ 12.4.250–2019 – Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла. Технические требования

20 ГОСТ 12.4.254–2013 – Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах.

21 ГОСТ 12.2.003-91 – Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

22 СП 52.13330.2016 – Естественное и искусственное освещение.

23 Правила устройства электроустановок.

24 ГОСТ 12.1.046-2014 – Нормы освещения строительных площадок.

25 ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ – Электробезопасность.

26 ГОСТ 12.1.035–81 ССБТ – Оборудование для дуговой и контактной электросварки.

27 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ – Шум.

28 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ – Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

29 Р 3.5.2.2487 – 09 – Руководство по медицинской дезинсекции.

30 ГОСТ Р 57278-2016 – Ограждения защитные.

31 ГОСТ Р 22.0.02–2016 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

32 РД 153-34.0-03.301-0 – Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.

**Приложение А**  
**(Обязательное)**

**Комплект технологической документации**

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ФЮРА.02190.00094

1

ОЭИ ИШНКБ  
ТПУ

ФЮРА.01190.001

Стыковая сварка труб

у

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАЛ  
Доцент ОЭИ

\_\_\_\_\_ Першина А.А.

УТВЕРДИЛ  
Руководитель ОЭИ

\_\_\_\_\_ Першина А.А.

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ  
по изготовлению стыкового сварного соединения труб диаметром 159 мм  
из стали 12Х1МФ и Х12МФ

ПРОКОНТРОЛИРОВАЛ  
Доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_ Гордынец А.С.

РАЗРАБОТАЛ  
Студент гр. 1В71

\_\_\_\_\_ Лупанов В.Е.

АКТ № 14-82 от 29.01.21

ГОСТ 14806-80

ТЛ

Титульный лист

|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ГОСТ 3.1118-82 форма 2                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дубл.     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Взам.     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подл.     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ФЮРА.02190.00094                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Разраб.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Лупанов В.Е.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 20.05.21                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ТПУ                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ФЮРА.10190.00001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Н.конт р. |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Гордынец А.С.                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Стыковая сварка трубопроводов             |  |  |  |  |  |  |  |  |  | у                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| А         |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Цех Уч. РМ Oper. Код,наименование операции          |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Обозначение документа                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Б         |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Код,наименование,оборудования                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | СМ Проф. Р УТ КР КОИД ЕН ОП Кшт. Тпз Тшт. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К/М       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Наименование детали,сб.единицы или материала        |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Обозначение,код                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ОПП ЕВ ЕН КИ Н.расх. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| А01       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 1 1 005 Разметка                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ИОТ №1, СП 70.13330.2016, ВСН 006-89      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Б02       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Стол разметочный                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 18466 1 1 1 1                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К/М03     |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Труба из стали 12Х1МФ Ø159 мм, толщиной стенки 8 мм |  |  |  |  |  |  |  |  |  | СНиП 2.05.06-85                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К/М04     |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Труба из стали Х12МФ Ø159 мм, толщиной стенки 8 мм  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ГОСТ 5950-2000                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| О05       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Согласно ВСН 006-89 провести разметочную операцию   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Т06       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Линейка, мел, чертилка                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 07        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| А08       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 1 1 010 Заготовка                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ИОТ №1, СП 70.13330.2016, ВСН 006-89      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Б09       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | УШМ ELITECH МШУ 0912                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 18466 3 1 1 1                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К/М10     |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Труба из стали 12Х1МФ Ø159 мм, толщиной стенки 8 мм |  |  |  |  |  |  |  |  |  | СНиП 2.05.06-85                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К/М11     |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Труба из стали Х12МФ Ø159 мм, толщиной стенки 8 мм  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ГОСТ 5950-2000                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| О12       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Строгать кромки трубопровода согласно ВСН 006-89    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Т13       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Абразивные круги LUGAABRASIV                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МК        |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Маршрутная карта                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |







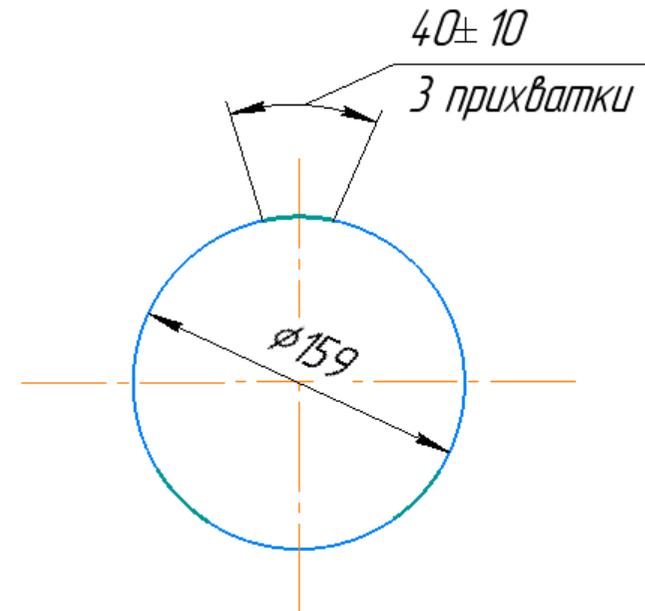
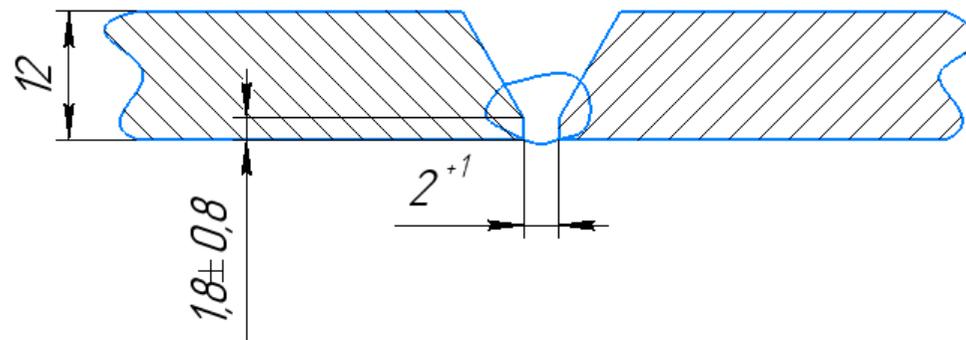


|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ФЮРА.02190.00094

2

ФЮРА.20190.0001



КЭ

Карта эскизов

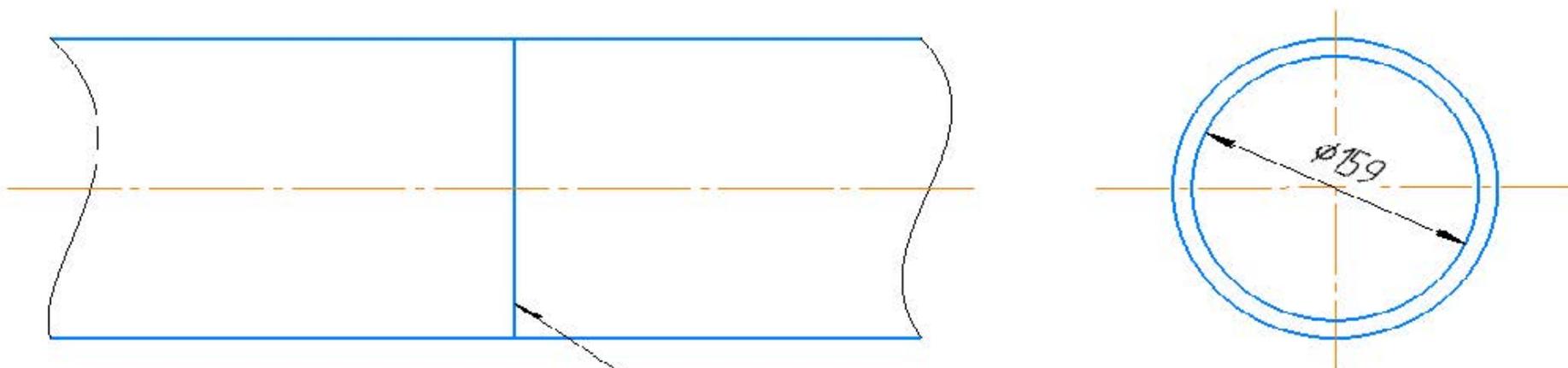
|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

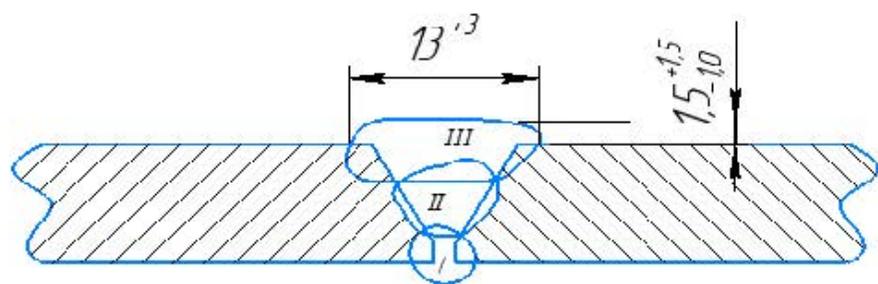
ФЮРА.02190.00094

3

ФЮРА.20190.0001



ГОСТ 16037-80-С17



I – корневий глиї шва

II – заповнюючий слой шва

III – облицовочный слой шва

КЭ

Карта эскизов

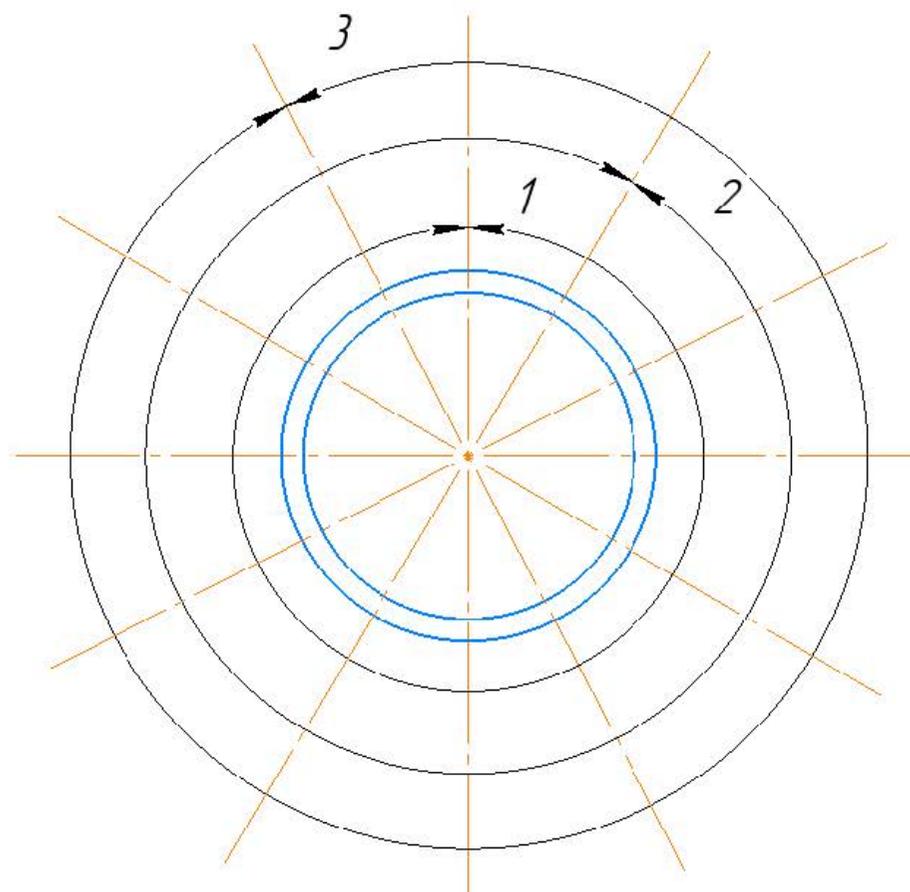
|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ФЮРА.02190.00094

4

ФЮРА.20190.0001



1,2,3 - Порядок наложения швов

**КЭ**

Карта эскизов