

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

В.В. Смирнов

4 апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ТМПИ

Е.Ю. Степанович

4 апреля 2024 г.

**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

|   |  |
|---|--|
| Составитель(и)                            | <b>Смирнов В.В., д.п.н., к.ф.-м.н., доцент,<br/>профессор кафедры ТМПИ<br/>15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ</b> |
| Направление подготовки /<br>специальность |  |
| Направленность (профиль) ОПОП             | <b>ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ<br/>СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА</b>   |
| Квалификация (степень)                    | <b>бакалавр</b>  |
| Форма обучения                            | <b>очная / заочная</b>   |
| Год приёма                                | <b>2022</b>  |
| Курс                                      | <b>4, 5</b>  |

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГИА

**1.1. Цель государственной итоговой аттестации** – определение соответствия результатов освоения обучающимися основных образовательных программ соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта (государственного образовательного стандарта) по направлению подготовки **15.03.01 Машиностроение** (направленность (профиль) «**Оборудование и технология сварочного производства**»).

### 1.2. Задачи государственной итоговой аттестации:

– проверка уровня сформированности компетенций, определенных образовательным стандартом и ОПОП,

– принятие решения о присвоении квалификации (степени) по результатам ГИА и выдаче документа об образовании и о квалификации,

– разработка рекомендаций, направленных на совершенствование подготовки студентов по ОПОП.

В рамках проведения государственной итоговой аттестации проверяется степень освоения выпускником следующих компетенций:

| <i>Общекультурные</i>                        |  |
|--|--|
| ОК-1   | способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции  |
| ОК-2   | способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции   |
| ОК-3   | способность использовать основы экономических знаний в различных сферах деятельности   |
| ОК-4   | способность использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности  |
| ОК-5   | способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия   |
| ОК-6   | способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия   |
| ОК-7   | способность к самоорганизации и самообразованию  |
| ОК-8   | способность использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности  |
| ОК-9   | готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий   |
| <i>Общепрофессиональные</i>                  |  |
| ОПК-1  | умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования   |
| ОПК-2  | осознание сущности и значения информации в развитии современного общества  |
| ОПК-3  | владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации  |
| ОПК-4  | умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении |
| ОПК-5  | способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности   |
| <i>Профессиональные компетенции</i>          |  |
| <i>Научно-исследовательская деятельность</i> |  |
| ПК-1   | способность к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю подготовки  |
| ПК-2   | умение 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-3   | способность принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения   |
| ПК-4   | способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности   |
| <b><i>Проектно-конструкторская деятельность</i></b>        |  |
| ПК-5   | умение учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании   |
| ПК-6   | умение использовать стандартные средства автоматизации проектирования при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями  |
| ПК-7   | способность оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам  |
| ПК-8   | умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений   |
| ПК-9   | умение проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектируемых изделий   |
| ПК-10  | умение применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению  |
| <b><i>Производственно-технологическая деятельность</i></b> |  |
| ПК-11  | способность обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий  |
| ПК-12  | способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств  |
| ПК-13  | способность обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование   |
| ПК-14  | способность 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-15  | умение проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования   |
| ПК-16  | умение проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ   |
| ПК-17  | умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения   |
| ПК-18  | умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий   |
| ПК-19  | способность к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции  |
| <b><i>Организационно-управленческая деятельность</i></b>   |  |
| ПК-20  | способность организовывать работу малых коллективов исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами   |
| ПК-21  | умение составлять техническую документацию (графики работ, инструкции, сметы, планы, заявки на материалы и оборудование) и подготавливать отчетность по установленным формам, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии         |
| ПК-22  | умение проводить анализ и оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений   |

|       |   |
|-------|---|
| ПК-23 | готовность выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов с использованием типовых методов контроля качества выпускаемой продукции |
| ПК-24 | умение подготавливать исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономических расчетов  |
| ПК-25 | умение проводить организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда  |
| ПК-26 | умение составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт оборудования   |

## 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 2.1. Формы проведения государственной итоговой аттестации:

В соответствии с ФГОС ВО 3+ по направлению **15.03.01 Машиностроение** (направленность (профиль) **«Оборудование и технология сварочного производства»**) в Блок 3 «Государственная итоговая аттестация» и на основании решения Ученого совета физико-технического факультета от «27» августа 2015 года входит:

- защита выпускной квалификационной работы (дипломного проекта), включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

### 2.2. Объем и сроки проведения государственной итоговой аттестации

Объем ГИА - 6 зачетных единиц, в том числе 6 зачетных единиц для подготовки и проведения защиты выпускной квалификационной работы.

### 2.3. Допуск к государственной итоговой аттестации

К ГИА допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план по соответствующей образовательной программе высшего образования.

Результаты каждого государственного аттестационного испытания определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания.

## 1. 3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

**3.1. Фонд оценочных средств для дипломного проекта по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение (направленность (профиль) «Оборудование и технология сварочного производства»).**

### 3.1.1. Требования к результатам обучения

Выпускная квалификационная работа представляет собой выполненную обучающимся (несколькими обучающимися совместно) работу, демонстрирующую уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности.

Вид выпускной квалификационной работы – дипломный проект

В процессе подготовки дипломного проекта, а также в ходе процедуры защиты ВКР формируются и проверяются следующие компетенции:

| <i>Общекультурные</i> |   |
|-----------------------|---|
| ОК-1                  | способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции |
| ОК-2                  | способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития              |

|  |  |
|--|--|
|  | общества для формирования гражданской позиции  |
| ОК-3   | способность использовать основы экономических знаний в различных сферах деятельности   |
| ОК-4   | способность использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности  |
| ОК-5   | способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия   |
| ОК-6   | способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия   |
| ОК-7   | способность к самоорганизации и самообразованию  |
| ОК-8   | способность использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности  |
| ОК-9   | готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий   |
| <b>Общепрофессиональные</b>                  |  |
| ОПК-1  | умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования   |
| ОПК-2  | осознание сущности и значения информации в развитии современного общества  |
| ОПК-3  | владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации  |
| ОПК-4  | умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении |
| ОПК-5  | способность 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>          |  |
| <b>Научно-исследовательская деятельность</b> |  |
| ПК-1   | способность к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю подготовки  |
| ПК-2   | умение 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-3   | способность принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения   |
| ПК-4   | способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности   |
| <b>Проектно-конструкторская деятельность</b> |  |
| ПК-5   | умение учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании   |
| ПК-6   | умение использовать стандартные средства автоматизации проектирования при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями  |
| ПК-7   | способность оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам  |
| ПК-8   | умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений   |
| ПК-9   | умение проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектируемых изделий   |

|  |   |
|--|---|
| ПК-10  | умение применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению   |
| <b><i>Производственно-технологическая деятельность</i></b> |   |
| ПК-11  | способность обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий   |
| ПК-12  | способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств   |
| ПК-13  | способность обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование  |
| ПК-14  | способность 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-15  | умение проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования  |
| ПК-16  | умение проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ  |
| ПК-17  | умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения  |
| ПК-18  | умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий  |
| ПК-19  | способность к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции   |
| <b><i>Организационно-управленческая деятельность</i></b>   |   |
| ПК-20  | способность организовывать работу малых коллективов исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами  |
| ПК-21  | умение составлять техническую документацию (графики работ, инструкции, сметы, планы, заявки на материалы и оборудование) и подготавливать отчетность по установленным формам, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии                                    |
| ПК-22  | умение проводить анализ и оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений  |
| ПК-23  | готовность выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов с использованием типовых методов контроля качества выпускаемой продукции |
| ПК-24  | умение подготавливать исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономических расчетов  |
| ПК-25  | умение проводить организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда  |
| ПК-26  | умение составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт оборудования   |

### **3.1.2. Примерный перечень тем дипломных проектов и порядок их утверждения**

Темы для выпускной квалификационной работы формируются с учётом специализации кафедры, возможных баз промышленных предприятий, научных интересов кафедры, и могут иметь следующую направленность:

- производственно-технологическая;
- учебно-технологическая;
- конструкторская;
- научно-исследовательская;
- методическая.

Возможные варианты тем ВКР в соответствии с этими разновидностями приведены ниже.

*Производственно-технологическая тематика:*

- участок сборки и сварки изделия не менее 8 – 10 сборочных узлов;
- поточно-механизованная линия изготовления металлоконструкции;
- автоматизированная линия изготовления сварного изделия;
- технология изготовления сложных сварных конструкций.

*Учебно-технологическая тематика:*

- разработка технологического процесса изготовления заданной сварной конструкции;
- организация производства сварных конструкций в условиях малого предприятия;
- разработка учебно-методических комплексов для изучаемых дисциплин профессионального блока.

*Конструкторская тематика:*

- автоматическая установка для сварки узла или конструкции;
- агрегаты и установки для термической резки металлов;
- робототехнологический комплекс;
- приборы для контроля условий труда сварщика;
- источник питания для сварки.

*Научно-исследовательская тематика:*

- исследование процессов сварки, наплавки, пайки, нанесения покрытий, термической резки;
- исследование и оптимизация технологического процесса изготовления сборочных единиц или изделий;
- исследование режима работы сварочного оборудования и разработка систем управления;
- исследование сварочного производства и разработка системы управления качеством продукции;
- исследование методов контроля качества продукции.

*Методическая:*

- подбор содержания, разработка методических указаний к лекционным, практическим и (или) лабораторным работам по конкретной дисциплине (курсу, модулю)

Ниже приведен примерный перечень тем дипломных проектов:

1. Разработка содержания и методического сопровождения дисциплины «Источники питания для сварки»;
2. Исследование нормальных и продольных усилий, оказываемых инструментом в процессе сварки трением с перемешиванием;
3. Исследование распределение температур при сварке трением с перемешиванием однородных и разнородных соединений;
4. Разработка технологии изготовления и проектирование участка для сборки и сварки теплообменника для охлаждения NaCl;
5. Разработка технологии сборки и сварки вертикального резервуара, работающего под давлением высотой 13 метров из сталей аустенитного класса ;
6. Разработка усовершенствованной технологии сварки корпуса сепаратора неочищенного продукта водорода E-2003 из биметаллического материала;

7. Разработка технологического процесса изготовления сепаратора;
8. Разработка технологического процесса контактной шовной сварки силфона;
9. Разработка технологии сборки и сварки стойки стеллажа;
10. Совершенствование технологии сварки и оснастки узлов теплообменника;
11. Разработка технологии сборки-сварки и участка изготовления ресивера;
12. Совершенствование технологии сборки и сварки участка магистрального нефтепровода диаметром 530мм;
13. Совершенствование конструкции и технологии сборки и сварки эстакады электролизера;
14. Совершенствование технологии сборки и сварки оголовка низкого давления;
15. Разработка технологии сборки и сварки пятой палубы опорной части РБ ПР.4550;
16. Технология сборки и сварки вертикального резервуара системы производства серной кислоты ;
17. Разработка технологического процесса изготовления кипятильника и проектирование участка сборки и сварки;
18. Разработка технологии сборки и сварки тяги управления комбайна;
19. Разработка технологии сборки и сварки каркасов сидений электропоездов;
20. Технология сборки сварки корпуса теплоносителя коллектора с внутренней антикоррозионной наплавкой;
21. Разработка технологии и установок для сварки емкости для хранения метанола;
22. Разработка технологического процесса изготовления борта;
23. Проектирование участка сборки и сварки горизонтального теплообменного аппарата;
24. Разработка технологии сборки и сварки водоохлаждаемой топочной камеры шахтной печи;
25. Разработка технологического процесса изготовления водонагревателя объемом 10 м<sup>3</sup>;
26. Разработка технологии сборки и сварки циклона батарейного;
27. Разработка усовершенствованной технологии изготовления буферной емкости нагнетания;
28. Разработка технологии изготовления поверхностного теплообменника стационарного котла;
29. Разработка технологии изготовления металлического каркаса промышленного цеха;
30. Технология сборки и сварки воздухосборника ВС-11;
31. Разработка усовершенствованной технологии проведения сварочных работ при изготовлении фильтра-ловушки;
32. Разработка технологии сборки-сварки реактора PR-810;
33. Разработка технологии сборки-сварки рулонированного сосуда высокого давления ;
34. Разработка технологического процесса сборки и сварки секции настила рефрижераторного судна (палуба);
35. Разработка принципиальной технологии изготовления устройства для разделения воды и пара в экономайзере;
36. Разработка прогрессивной технологии сборки и сварки подогревателя газа;
37. Проектирование участка и разработка технологии сборки и сварки изготовления корпуса ёмкости установки регенерации подземного хранилища газа;
38. Разработка технологии наплавки бойков ковочной машины;
39. Проектирование технологии и плана участка сборки и сварки корпуса коллектора теплоносителя парогенератора;
40. Проектирование участка и разработка технологии сборки и сварки кислородного конвертера;

41. Разработка прогрессивной технологии изготовления корпуса емкости для хранения и транспортирования жидкостей и сжиженных газов;
42. Разработка технологии изготовления емкости выветривания;
43. Технология изготовления сосудов работающих под давлением для хранения жидких нефтепродуктов типа Е68/1;
44. Разработка технологии сборки-сварки и участка изготовления корпуса реактора, работающего при высоких температуре и давлении;
45. Разработка технологического процесса сборки и сварки корпуса адсорбера АА-1;

Выпускная квалификационная работа представляет собой выполненную студентами работу, демонстрирует уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности. ВКР выполняется в виде дипломного проекта, включающего в себя пояснительную записку и графическую часть.

Успешное прохождение государственной итоговой аттестации является основанием для присвоения студенту степени бакалавра, и выдачи документа о высшем образовании.

Для подготовки выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) за каждым студентом закрепляется научный руководитель, а также, в случае необходимости, консультант по отдельным частям выпускной работы (консультант по графической или экономической части, консультант по технике безопасности и охране труда). Кафедра "Материаловедения и технологии сварки" разрабатывает и утверждает тематику выпускных квалификационных работ. Ученый совет факультета формирует приказ об утверждении тем ВКР с указанием научных руководителей. Приказ об утверждении тем выпускных квалификационных работ и закреплении научных руководителей утверждается не позднее, чем за 6 месяцев до даты начала государственной итоговой аттестации.

Для выполнения выпускной квалификационной работы учебным планом предусматривается специально отведенное время – преддипломная практика. Выполнение ВКР заканчивается во время преддипломной практики. Законченный вариант ВКР сдается на кафедру не позднее, чем за месяц до защиты.

Работа над ВКР студентом ведется поэтапно. Для контроля выполнения отдельных этапов перед началом написания бакалаврской работы студентом, совместно с руководителем, составляется календарный поэтапный график.

Графиком выполнения ВКР предусматриваются регулярные консультации с руководителем проекта, в ходе которых осуществляется контроль над ходом выполнения бакалаврской работы, решаются возникающие вопросы. На консультации обязаны явиться все студенты-дипломники и предъявить все материалы по выполнению дипломного проекта (листы графической части и пояснительной записки), соответствующие текущему этапу. Результаты выполнения графика обсуждаются на кафедре с приглашением отстающих студентов. По результатам преддипломной практики кафедрой принимается решение о допуске или не допуске студента к защите.

Пояснительная записка выполняется по разделам с одновременным выполнением графической части работы. Законченная бакалаврская работа, подписанная студентом и, в случае их наличия, консультантами, представляется студентом руководителю.

После просмотра и одобрения дипломного проекта руководитель, подписывает его и вместе со своим письменным отзывом представляет заведующему кафедрой. В отзыве дается характеристика проекта, оцениваются личностные качества студента.

Необходимо подчеркнуть, что ответственность за принятые технические решения и правильность всех расчетов в ВКР возлагается на студента-дипломника.

Законченная бакалаврская работа с отзывом руководителя представляется на утверждение заведующему кафедрой.

### **3.1.3. Требования к дипломному проекту**

Выпускная квалификационная работа (дипломный проект) состоит из следующих частей: пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка должна содержать следующие документы:

- титульный лист (приложение 2);
- план-график и задание на выполнение ВКР (приложение 2);
- содержание;
- введение;
- основной текст пояснительной записки с разделением на главы;
- заключение;
- спецификация (приложение 2);
- приложения (при их наличии).

В случае если выпускная квалификационная работа выполняется несколькими студентами, задание оформляется руководителем проекта персонально для каждого студента с указанием перечня разрабатываемых разделов пояснительной записки и листов графической части. При этом объем пояснительной записки устанавливается по согласованию с руководителем проекта. Ориентировочный объем отдельных разделов указан по разновидностям тематики проектов.

Разделы пояснительной записки оформляются на стандартных листах по формам 9 и 9а (ГОСТ 2.106-96).

Приложениями являются технологические карты, ведомости и т.д. Текст пояснительной записки представляется в машинописном компьютерном виде, графическую часть желательно разрабатывать с применением машинной графики.

Студенты, выполняющие ВКР по научно-исследовательской или конструкторской тематике, подготавливают и представляют к защите в ГЭК презентацию с кратким изложением результатов НИР, макет разработанной установки или прибора, или саму установку (прибор). Содержание информации, представляемой на планшете, определяется совместно с руководителем проекта.

При выполнении ВКР по методической тематике, подготавливаются заявленные методические разработки, которые остаются на кафедре для дальнейшего использования, и пояснительная записка, раскрывающая суть проделанной работы.

Законченный проект состоит из пояснительной записки объемом 80-120 страниц машинописного текста и графической части. Графическая часть выполняется на 8 - 12 листах чертежной бумаги в пределах форматов, установленных ГОСТ 2.301-68, и содержит не менее 5 чертежей, остальные допускаются плакаты.

Тема выпускной квалификационной работы должна отражать конкретные задачи развития промышленности, создания современных сварочных технологий и оборудования для производства сварных конструкций, стоящие перед отечественными предприятиями, в первую очередь региональными, а также может быть направленной на решение кафедральных задач. Она должна предусматривать проектирование технологического процесса сборки и сварки заданной сварной конструкции при определенном объеме выпуска ее в год. Технологический процесс должен отвечать современному уровню соответствующей отрасли промышленности.

При использовании базовых заводских технологий, новый вариант технологического процесса должен быть более прогрессивным, обеспечивать более высокую производительность труда, снижение технологической себестоимости изготовления сварных конструкций, улучшения их качества.

#### **3.1.4. Процедура защиты дипломного проекта**

Перед защитой составляется план доклада на защите. В этом плане необходимо отметить все самое существенное и принципиально важное по работе, обратив особое внимание на элементы творческой работы. При защите требуется проявить умение хорошо обосновать решения, принятые в бакалаврской работе и показать их эффективность. Материал доклада должен быть подготовлен с расчётом его изложения на защите в течение 8-12 минут.

Защита бакалаврских работ перед Государственной Аттестационной Комиссией (ГАК) проходит по графику, утвержденному проректором по учебной работе в следующей последовательности:

1. Секретарь ГАК зачитывает заключение о допуске к защите и необходимые данные о дипломнике.
2. Доклад дипломника.
3. Ответ дипломника на вопросы членов ГАК, присутствующих на защите.
4. Зачитывается отзыв руководителя ВКР.
5. Решение ГАК (зачитывается председателем ГАК после защиты проекта последним студентом и обсуждения результатов защиты комиссией в день защиты).

Защита является открытой, что предполагает присутствие на защите любых заинтересованных лиц.

Государственная Аттестационная Комиссия оценивает защиту исходя из содержания бакалаврской работы, отзыва научного руководителя, доклада и ответов студента на заданные вопросы. Студенты, получившие в процессе обучения в университете не менее 75% оценок «отлично», а остальные оценки «хорошо» и отлично защитившие бакалаврскую работу, получают диплом "с отличием". Студенты, получившие на защите дипломного проекта неудовлетворительную оценку или не успевшие закончить проект в установленный срок, имеют право на повторную защиту по решению кафедры не ранее, чем через полгода с другим потоком.

Выполнение выпускной квалификационной работы является завершающим этапом обучения студентов в вузе. Выпускная квалификационная работа – это комплексная самостоятельная творческая работа, в ходе которой студент решает конкретные профессиональные задачи (технические, экономические и организационные), соответствующие присваиваемой квалификации, на основе которой Государственная Экзаменационная комиссия принимает решение о присвоении учащемуся степени бакалавра.

Во время защиты студент должен показать свое умение критически оценивать существующие сварные конструкции, технологию и организацию производства, применять современные достижения сварочной науки и техники, повышать эффективность производства и качество продукции применительно к объекту бакалаврской работы. Таким образом, бакалаврская работа по сварочному производству подводит итог многолетней подготовки в вузе и творческой самостоятельной работы студента.

### **3.1.5. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания результатов подготовки и защиты дипломного проекта**

В соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе оценки учебных достижений студентов (приказ ректора от 13.01.2014 г. № 08-01-01/08), квалификационные работы бакалавра оцениваются в 100 баллов. Члены государственной аттестационной комиссии оценивают степень соответствия представленного дипломного проекта и его защиты требованиям ФГОС 3+ в соответствии со следующими критериям:

1. Дипломный проект производственно-технологической или учебно-технологической направленности:

Постановка задачи, актуальность и обоснованность тематики;

Уровень анализа технической литературы по теме проекта и владения теоретическими вопросами;

Выбор и обоснование проектных решений, технологических процессов, оценка их надежности и новизны;

Полнота и качество инженерных или технологических расчетов, анализ узких мест;

Качество и полнота выполнения вспомогательных разделов проекта;

Степень самостоятельности и личный вклад студента в выполняемую работу;

2. Дипломный проект научно-исследовательской, конструкторской или методической направленности:

Постановка задачи, актуальность и новизна тематики;

Уровень анализа литературных данных по тематике работы;

Выбор и обоснование методов исследований, оценка их надежности и корректности;

Методика исследований (планирование эксперимента, отладка методики измерений или программы расчетов, анализ погрешностей);

Результаты НИР и уровень их обсуждения;

Степень самостоятельности и личный вклад студента в выполняемую работу;

Качество оформления и представления работы.

Качество оформления и представления работы, в том числе качество выполнения чертежей и иллюстраций.

Оценка по каждой из позиций проводится по шкале, приведенной в пункте 3.1.6.

Оценка руководителя квалификационной работы дает до 20 баллов.

### 3.1.6. Показатели и критерии оценивания результатов подготовки и защиты дипломного проекта

Таблица

Шкала и критерии оценивания результатов подготовки и защиты ВКР

| 1    | 2   | 3   | 4   | 5   |
|------|---|---|---|---|
| Балл | Пояснительная записка   | Выполнение графической части ДП   | Доклад учащегося  | Ответы на вопросы членов ГKK  |
| 90   | Пояснительная записка содержит все разделы в соответствии с заданием. Выполнена в полном объеме, грамотно. Материал изложен логически связно, последовательно, кратко. При изложении текста имеет место наличие авторского мнения по решаемым задачам. Принятые решения всесторонне обоснованы с технической и экономической точки зрения. Технологические процессы освещены на уровне современных достижений науки и техники. Используются дополнительные источники информации. Пояснительная записка оформлена аккуратно, в соответствии с требованием НТД. | Графическая часть оформлена грамотно, очень аккуратно, в соответствии с требованиями НТД. Грамотно и рационально размещено оборудование. Полностью отражены все элементы технологического процесса. Чертеж сварной несущей балки (центрально-сжатой сквозной колонны) разработан безошибочно. | Продемонстрирована высокая степень полноты и обобщения содержания темы и цели дипломного проекта. Изложение доклада краткое, последовательное, логическое, язык грамотный, выразительный. Выводы аргументированы, доказательны, с использованием конкретных цифр, выделены отличительные черты проекта. | Продемонстрирован высокий уровень эрудиции, свободная, безукоризненное оперирование учебным материалом технически грамотным языком. Умение логично, доказательно, аргументировано излагать ответ, отвечать на проблемные вопросы, обосновывать собственное мнение, оперативно, творчески использовать знания для решения проблемных ситуаций, анализировать и сопоставлять конкретные результаты. |
| 80   | Пояснительная записка содержит все разделы проекта в соответствии с заданием. Материал изложен логически связно, последовательно, аргументировано. Принятые решения грамотны и обоснованы с технической и эконо-  | Графическая часть оформлена грамотно, очень аккуратно, в соответствии с требованиями НТД. Грамотно и рационально  | Содержание и основная цель проекта раскрыты полностью. Кратко выделено главное, с высокой степенью обобщения. Доклад изложен после-   | Глубокое знание и свободное оперирование учебным материалом различной степени сложности технически грамотным языком. Умение логично, доказательно,  |

|    |  |   |   |  |
|----|--|---|---|--|
|    | <p>мической точки зрения и соответствуют современному состоянию науки, техники и технологии производства строительных материалов и изделий. Используются программные источники информации. Пояснительная записка оформлена аккуратно в соответствии с требованиями НТД.</p>  | <p>размещено оборудование. Полностью отражены все элементы технологического процесса. Чертеж сварной несущей балки (центрально-сжатой сквозной колонны) разработан безошибочно.</p>   | <p>довательно, логично, грамотно. Сделаны аргументированные выводы.</p>   | <p>аргументировано излагать ответ, обосновывать собственное мнение, оперативно использовать знания для решения проблемных ситуаций, анализировать, сопоставлять конкретные результаты.</p>   |
| 70 | <p>Пояснительная записка содержит все разделы в соответствии с заданием. Тема раскрыта полностью. Материал изложен логически связно, последовательно, аргументировано, кратко, грамотно. Пояснительная записка не имеет ошибок при разработке технологии производства изделия. Принятые решения обоснованы с технической и экономической точки зрения и в основном отвечают современному состоянию науки, техники и технологии производства строительных материалов. Пояснительная записка оформлена аккуратно, но имеет место наличие единичных несущественных ошибок и отклонений от требований НТД.</p> | <p>В чертежах отражены все особенности технологии производства, работы оборудования. Графическая часть оформлена достаточно грамотно, аккуратно, но имеет место наличие единичных несущественных отклонений от требований НТД, которые не отражаются на качестве проекта в целом или легко исправимы.</p>   | <p>Содержание и основная цель проекта раскрыты. Доклад изложен последовательно, логично, грамотно. В основном кратко выделено главное и дана аргументация принятых в проекте решений. Сделаны выводы.</p>   | <p>Владение учебным материалом различной степени сложности. Оперативное использование знаний и умений при ответе на типовые вопросы и вопросы проблемного характера. Знание специальных терминов и определений, умение обосновывать, анализировать, сопоставлять полученные результаты, формулировать выводы. Наличие единичных несущественных ошибок, самостоятельно исправляемых учащимся в процессе ответа.</p> |
| 60 | <p>Все разделы пояснительной записки выполнены в полном объеме и в соответствии с заданием. Тема раскрыта полностью. Материал изложен логически связно, последовательно, грамотно. Принятые решения обоснованы с технической и экономической точки зрения и в основном отвечают современному -состоянию науки и техники, технологии. Отдельные решения обоснованы недостаточно полно, имеются несущественные ошибки. При оформлении пояснительной записки имеет место небольшое количество грамматических и стилистических ошибок. Может</p>   | <p>Чертежи оформлены достаточно грамотно, имеет место наличие единичных несущественных отклонений от требования НТД, недостаточная аккуратность оформления чертежей. В чертежах отражены все особенности технологии производства, работы оборудования. Размещение и компоновка оборудования, чертеж сварной несущей балки (центрально-сжатой сквозной колонны) имеет единичные несущественные</p> | <p>Содержание и основная цель проекта раскрыты. Доклад изложен достаточно последовательно грамотно, с выделением главных моментов. Принятые в проекте решения аргументированы, сделаны выводы. Отдельные принятые решения обоснованы недостаточно убедительно. В отдельных случаях допускается неправильное использование терминологии.</p> | <p>Владение учебным материалом различной степени сложности на уровне применения в конкретной знакомой ситуации. Проявление умения выделить в ответе главное и второстепенное. Умение анализировать, сопоставлять полученные результаты. Знание специальных терминов и определений, наличие единичных несущественных ошибок.</p>  |

|    |  |   |   |   |
|----|--|---|---|---|
|    | быть несущественное отклонение от требований НТД.  | ошибки, которые не отражаются на качестве проекта в целом   |   |   |
| 50 | Все разделы пояснительной записки выполнены в полном объеме, соблюдена последовательность и техническая грамотность в изложении материала. Принятые решения обоснованы недостаточно полно, нерациональность с технической и экономической точки зрения, но соответствуют современному состоянию науки, техники и технологии производства. При оформлении пояснительной записки допущены грамматические и стилистические ошибки, несущественные отклонения от требований НТД, некоторая небрежность.  | Чертежи оформлены достаточно грамотно, имеет место наличие единичных несущественных отклонений от требования НТД, небрежность в оформлении чертежей. В чертежах отражены все особенности технологии производства, работы оборудования. Размещение и компоновка оборудования, чертеж сварной несущей балки (центрально-сжатой сквозной колонны) имеет несущественные ошибки, которые не отражаются на качестве проекта в целом | Содержание и основная цель проекта в основном раскрыты. Соблюдена в целом логика и последовательность в кратком изложении содержания пояснительной записки, но язык не обладает достаточной технической грамотностью. Принятые в проекте решения аргументированы, сделаны выводы. Отдельные решения обоснованы недостаточно убедительно.  | Полное воспроизведение учебного материала с несущественными ошибками. Применение теоретических знаний в знакомой ситуации по образцу. В основном демонстрируется правильное использование специальных терминов и определений. Воспроизведение знаний по отдельным вопросам с незначительной помощью задающих вопросы. |
| 40 | Все разделы пояснительной записки выполнены в полном объеме. Имеют место небольшие нарушения в логике и последовательности изложения материала. Принятые решения при разработке технологии допустимы, но не обоснованы с технической и экономической точки зрения; не рациональны или в не должной мере соответствуют современному состоянию науки, техники, технологии производства. Допущено небольшое количество несущественных технологических, математических ошибок. Несоответствие решений принятых в пояснительной записке с графической частью. Пояснительная записка выполнена не аккуратно, с нарушениями требований НТД. | В графической части отражены все особенности технологии производства, работа оборудования. Размещение и компоновка оборудования выполнена не рационально. Чертеж сварной несущей балки (центрально-сжатой сквозной колонны) имеет небольшое количество ошибок, графическая часть оформлена неаккуратно, имеет место несущественное нарушение требований НТД.  | Содержание и цель ДП в основном раскрыты. При изложении доклада есть небольшие нарушения в логике, перестановке, пропуске. Язык не обладает достаточной технической грамотностью. Прослеживаются затруднения в умении выделить главное и второстепенное. Доклад сведен к простому перечислению технологических операций по изготовлению конструкции. Допускается неправильное использование терминологии. | Воспроизведение учебного материала с небольшим количеством ошибок, воспроизведение знаний по отдельным вопросам и умение использовать знания при решении типовых практических заданий с незначительной помощью задающих вопросы.  |
| 30 | Пояснительная записка выполнена в полном объеме согласно заданию, но тема раскрыта недостаточно полно. Допущен ряд существенных технологических ошибок, есть   | Графическая часть оформлена небрежно, имеет место наличие единичных существенных ошибок и нарушений требований  | Содержание и основная цель проекта раскрыты частично. Есть нарушения и в логике и в   | Воспроизведение учебного материала неполное, с наличием исправляемых при дополнительных (наводящих) вопросах  |

|    |   |  |  |   |
|----|---|--|--|---|
|    | <p>нарушения в логике и последовательности изложения материала. Имеют место несоответствие между разделами пояснительной записки и графической частью. При оформлении пояснительной записки допущены множественные грамматические и стилистические ошибки, нарушения требований НТД.</p>  | <p>НТД. Не рациональное размещение технологической линии и не рациональная компоновка оборудования. Чертеж сварной несущей балки (центрально-сжатой сквозной колонны) имеет существенные ошибки.</p>   | <p>последовательности изложения доклада. Прослеживаются затруднения в определении главного и второстепенного при обобщении материала в аргументации принятых в проекте решений. Доклад сведен к простому перечислению технологических операций по изготовлению конструкции. Допускается множественное неправильное использование терминологии.</p>   | <p>ошибок, затруднения в применении знаний, терминологии..</p>  |
| 20 | <p>Пояснительная записка выполнена не в полном объеме или не соответствует заданию. Тема не раскрыта или раскрыта частично. Много нарушений в логике и последовательности изложения материала. Многочисленные отступления от принятой технической терминологии. Принятые решения не грамотны или раскрыты не полностью. Допущено множество технологических, математических ошибок, пояснительная записка оформлена не аккуратно, небрежно, с множеством грамматических и стилистических ошибок, не соблюдая требования НТД.</p> | <p>Графическая часть оформлена крайне небрежно, с наличием множества существенных ошибок и замечаний, не соблюдены требования НТД. Не выполнен требуемый объем графической части. Множественные несоответствия графической части и пояснительной записки. Все элементы технологического процесса разработаны не рационально.</p> | <p>Содержание и основная цель проекта не раскрыты или раскрыты частично. Доклад изложен безграмотно, отсутствуют даже элементарные перечисления технологических операций изготовления конструкции. Допущены множественные ошибки в использовании терминов и определений. Аргументация принятых решений и выводы отсутствуют. Учащийся не владеет материалом, представленным в проекте.</p> | <p>Неполное, фрагментарное воспроизведение учебного материала. Затруднения в применении знаний и умений, оперирование только отдельными вопросами программного материала. Наличие существенных ошибок в ответах, которые учащийся не может исправить даже с помощью преподавателя. В ответах прослеживается постоянное нарушение смысловой целостности и последовательности основной мысли.</p> |

Оценка руководителя квалификационной работы дает до 20 баллов.

## 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дипломного проекта

4.1.1. Рекомендации обучающимся по выполнению дипломного проекта, ее представлению в государственную экзаменационную комиссию и защите.

#### СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ

##### *1. Введение*

Введение в выпускную квалификационную работу выполняется на 2-3 страницах. В нем кратко описывается роль и значение отрасли хозяйства, к которой относится проектируемое производство или изделие, дается историка - экономический очерк развития этой отрасли и базового предприятия. Необходимо провести анализ основных технико-экономических показателей сварочного производства базового предприятия, отметить проблемные вопросы его дальнейшего развития и совершенствования, дать обоснование необходимости создания, в данный момент намеченного дипломным проектом производства, а также принципиальные меры по охране окружающей среды.

##### *2. Описание сварной конструкции, ее назначение*

Данная глава, как правило, занимает 5-8 страниц. В ней необходимо описать назначение сварной конструкции и ее технические характеристики, условия ее работы, конструкцию, применяемые материалы, методы заготовки деталей, подлежащих сварке, провести анализ свариваемости выбранных материалов, технические условия на изготовление и приемку изделия, указать, отвечает ли данная конструкция требованиям, предъявленным к технологичным сварным конструкциям. Привести габаритные размеры и массу сварной конструкции.

При разработке технических условий на изготовление и приемку изделия должны обязательно изучаться нормативно - технические документы, регламентирующие проектирование, изготовление и требования к качеству сварных соединений заданной или разрабатываемой в проекте конструкции (СНиП – Строительные нормативы и правила, ВСН – Ведомственные строительные нормы, РД- руководящие документы и др.).

##### *3. Обоснование выбора материала*

Обоснование выбора материала сварной конструкции следует производить с учетом следующих основных требований:

- обеспечения прочности и жесткости при наименьших затратах ее изготовления с учетом максимальной экономии металла;
- гарантирования условий хорошей свариваемости при минимальном разупрочнении и снижении пластичности в зонах сварных соединений;
- обеспечения надежности эксплуатации конструкции при заданных нагрузках, при переменных температурах в агрессивных средах.

Указать механические свойства и химический состав свариваемого материала. Установить свариваемость марки стали путем расчета на склонность к образованию ХТ, ГТ, ТПН [1, с.84-89]. Расчет ведется по эквиваленту углерода  $C_3$ , по формуле:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + (C_r + M_o + V)/10, \quad (1.1)$$

где  $C_3$  – эквивалент углерода, %;

$C$  - содержание углерода, %;

$Mn$  - содержание магния, %;

$Ni$  - содержание никеля, %;

$C_r$  - содержание хрома, %;

$M_o$  - содержание молибдена, %;

$V$  - содержание ванадия, %.

Стали, у которых  $C_s = 0,2...0,45\%$ , хорошо свариваются, не требуют предварительного подогрева и последующей термообработки.

Склонность углеродистых сталей к появлению горячих трещин определяют по уравнению:

$$C_{э\kappa\beta} = C + 2S + \frac{P}{3} + \frac{Si - 0,4}{4} + \frac{Mn - 0,8}{8} + \frac{Ni}{8} + \frac{Cu}{10} + \frac{Cr - 0,8}{10}; \% \quad (1.2)$$

где символы элементов означают их содержание в сплаве в %.

При этом учитываются лишь положительные слагаемые. Сталь не склонна к появлению горячих трещин, если  $C_{э\kappa\beta} \leq 0,4$  %. Расчетно-статистические показатели склонности легированных сталей к горячим трещинам приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Расчетно-статистические показатели склонности к горячим трещинам

| № п/п | Параметрическое уравнение  | Вид оценки                                    | Область применения                        |
|-------|--|---|---|
| 1     | $HCS = \frac{C(S + P + 0,04Si + 0,01Ni) \cdot 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}$                      | <4<br>не склонная                             | Для сталей с $\sigma_B < 700 \text{ МПа}$ |
|       |  | <2<br>не склонная                             | Для сталей с $\sigma_B > 700 \text{ МПа}$ |
| 2     | $UCS = 230C + 190S + 75P + 45Nb - 12,3Si - 5,4Mn - 1$  | < 10<br>стойкая                               | Nb-микро-легированные стали               |
|       |  | $\geq 30$<br>склонная                         |   |
| 3     | $V_{кр} = 19 - 42C - 411S - 3,3Si + 5,6Mn + 6,7Mo, \text{ мм/мин}$                           | $\geq 6,0$<br>стойкая                         | Легированные стали                        |
|       |  | < 1,8<br>склонная                             |   |
| 4     | $\frac{Cr_3}{Ni_3} = \frac{Cr + 1,37Mo + 1,5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 0,31Mn + 22C + 14,2N + Cu}$ | >1,5 при $P + S = 0,02 \div 0,035$<br>стойкая | Cr-Ni-аустенитные стали                   |
|       |  | <1,5 при $P + S \geq 0,02$<br>склонная        |   |
| 5     | $L = 299C + 8Ni + 142Nb - 5,5(\% \delta - Fe)^2 - 105$                                       | L>0<br>склонная                               | Аустенитно-ферритные стали                |

Для определения склонности металлов к образованию холодных трещин используется следующее параметрическое уравнение:

$$C_{э\kappa\beta} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + \frac{Cu}{15} + 5B; \% \quad (1.3)$$

где символы элементов означают их содержание в сплаве в %.

Стали, у которых  $C_{э\kappa\beta} \geq 0,45$  %, считаются потенциально склонными к образованию трещин.  $C_{э\kappa\beta}$  является обобщенным параметром состава стали, характеризующим ее прокаливаемость. При  $C_{э\kappa\beta} \geq 0,45$  % при сварке становится возможным образование закалочных структур в металле сварного соединения, что при условии насыщения металла водородом и высоких сварочных напряжений может привести к образованию холодных трещин. Значение  $C_{э\kappa\beta}$  вне связи с этими условиями не может служить показателем действительной склонности сварного соединения к трещинам.

Холодные трещины в сталях вероятны, если скорость охлаждения при сварке превышает критическую, соответствующую образованию мартенситно-бейнитной структуре и определяемую по уравнению:

$$W_{крит} = 11,414 \cdot C_{экв}^{-1,4678}; \text{ } (^{\circ}\text{C}/\text{с}), \quad (1.4)$$

либо из условия

$$C_{экв} > 0,78 - 0,15 \lg W; \quad (1.5)$$

Оптимальной в закаливающихся сталях считается структура, содержащая 30 % мартенсита, образующаяся при  $W_{опт} = (0,6 \div 0,7) W_{крит}$ .

Снижение скорости охлаждения осуществляется за счет увеличения тепломощности дуги, уменьшения скорости сварки или применения подогрева.

Температуру предварительного подогрева определяют по уравнению:

$$T_{под} = 550 \sqrt{C'_{экв} - 0,45}; \text{ } ^{\circ}\text{C} \quad (1.6)$$

где

$$C'_{экв} = C_{экв} (1 + 0,005 \delta) \quad (1.7)$$

$C_{экв}$  определяется по уравнению (1.3), а  $\delta$  - толщина свариваемого металла, мм. При любом значении  $C_{экв}$  температуру подогрева принимают не выше  $450^{\circ}\text{C}$ .

#### **4. Технические условия изготовления сварной конструкции**

Данный раздел предусматривают технические условия на основные материалы, сварочные материалы, а также требования, предъявляемые к заготовкам под сборку и сварку, к сварке и к контролю качества сварки. Ниже кратко приведены названные технические условия.

В качестве основных материалов, применяемых для изготовления ответственных сварных конструкций (поднадзорных РОСТЕХНАДЗОРу), работающих при динамических нагрузках должны применяться легированные стали по ГОСТ 19281-89 или углеродистые обыкновенного качества не ниже марки Ст3пс по ГОСТ 380-94. Для неответственных сварных конструкций должны применяться стали не ниже марки Ст3пс по ГОСТ 380-94.

Соответствие всех сварочных материалов требованиям стандартов должно подтверждаться сертификатом заводов-поставщиков, а при отсутствии сертификата – данными испытаний лабораторий завода.

При ручной дуговой сварке должны применяться электроды не ниже типа Э42А по ГОСТ 9467-75 со стержнем из проволоки Св-08 по ГОСТ 2246-70.

При сварке в углекислом газе должна применяться проволока не ниже Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70.

Сварочная проволока не должна иметь ржавчины, масла и других загрязнений.

Требования к заготовкам под сварку предусматривают, чтобы свариваемые детали из листового, фасонного, сортового и другого проката должны быть выправлены перед сборкой под сварку.

После вальцовки или гибки, детали не должны иметь трещин и заусенцев, надрывов, волнистости и других дефектов.

Кромки деталей, обрезанных на ножницах, не должны иметь трещин и заусенцев. Обрезная кромка должна быть перпендикулярной к поверхности детали. Допускаемый уклон в случаях, не оговоренных на чертежах, должен быть 1:10, но не более 2 мм.

Необходимость механической обработки кромок деталей должна указываться в чертежах и технологических процессах.

Вмятины после правки и криволинейность свариваемых кромок не должны выходить за пределы установленных допусков на зазоры между свариваемыми деталями. Предельные отклонения угловых размеров, если они не оговорены в чертежах, должны соответствовать десятой степени точности ГОСТ 8908-81.

Детали, поступающие на сварку, должны быть приняты ОТК.

Сборка свариваемых деталей должна обеспечивать наличие установленного зазора в пределах допуска по всей длине соединения. Кромки и поверхности деталей в местах расположения сварных швов на ширину 25-30 мм должны быть очищены от ржавчины, масла и других загрязнений непосредственно перед сборкой под сварку.

Детали, предназначенные для контактной сварки, в местах соединения должны быть с обеих сторон очищены от окалины, масла, ржавчины и других загрязнений.

Детали с трещинами и надрывами, образовавшимися при изготовлении, к сборке под сварку не допускаются.

Указанные требования обеспечиваются технологической оснасткой и соответствующими допусками на собираемые детали.

При сборке не допускается силовая подгонка, вызывающая дополнительные напряжения в металле.

Допускаемое смещение свариваемых кромок относительно друг друга и величина допустимых зазоров должны быть не более величин, устанавливаемых на основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений по ГОСТ 14771-76, ГОСТ 23518-79, ГОСТ 5264-80, ГОСТ 11534-75, ГОСТ 14776-79, ГОСТ 15878-79, ГОСТ 8713-79, ГОСТ 11533-75.

Местные повышенные зазоры должны быть устранены перед сборкой под сварку. Разрешается заваривать зазоры наплавкой кромок детали, но не более 5% длины шва. Заполнять увеличенные зазоры кусками металла и другими материалами запрещается.

Сборка под сварку должна обеспечивать линейные размеры готовой сборочной единицы в пределах допусков, указанных в таблице 4.2.

**Таблица 4.2**

**Предельные отклонения сварных сборочных единиц**

| Номинальные размеры, мм | Предельные отклонения, мм |
|-------------------------|---------------------------|
| До 30                   | +1,0                      |
| Свыше 30 до 120         | +1,5                      |
| Свыше 120 до 500        | +2,0                      |
| Свыше 500 до 1000       | +3,0                      |
| Свыше 1000 до 3000      | +4,0                      |
| Свыше 3000              | +5,0                      |

Сечение прихваток допускается размером до половины сечения сварного шва. Прихватки должны ставиться в местах расположения сварных швов. Наложённые прихватки должны быть очищены от шлака.

Прихватка элементов сварных конструкций при сборке должна выполняться с использованием тех же присадочных материалов и требований, что и при выполнении сварных швов.

Размеры прихваток должны быть указаны в картах технологического процесса.

Сборка под сварку должна быть принята ОТК. При транспортировке и кантовке собранных под сварку металлоконструкций должны быть приняты меры, обеспечивающие сохранение геометрических форм и размеров, заданных при сборке.

К сварке ответственных сборочных единиц должны допускаться только аттестованные сварщики, имеющие удостоверение, устанавливающее их квалификацию и характер работы, к которой они допущены.

Сварочное оборудование должно быть обеспечено вольтметрами, амперметрами и манометрами, за исключением тех случаев, когда установка приборов не предусмотрена. Состояние оборудования должно проверяться сварщиком и наладчиком ежедневно.

Профилактический осмотр сварочного оборудования отделом главного механика и энергетика должен осуществляться не реже одного раза в месяц.

Изготовление стальных сварных конструкций должно производиться в соответствии с чертежами и разработанным на их основе техпроцессом сборки и сварки.

Технологический процесс сварки должен предусматривать такой порядок наложения швов, при котором внутренние напряжения и деформации в сварном соединении будут наименьшими. Он должен обеспечивать максимальную возможность сварки в нижнем положении.

Выполнять сварочные работы методами, не указанными в технологическом процессе и настоящем стандарте, без согласования с главным специалистом по сварке запрещается. Отступление от указанных в картах техпроцесса режимов сварки, последовательности сварочных операций не допускается.

Поверхности деталей в местах расположения сварных швов должны быть проверены перед сваркой. Свариваемые кромки должны быть сухими. Следы коррозии, грязи, масла и другие загрязнения не допускаются.

Зажигать дугу на основном металле, вне границ шва, и выводить кратер на основной металл запрещается.

Отклонение размеров поперечного сечения сварных швов, указанных в чертежах, при сварке в углекислом газе, должны быть в соответствии с ГОСТ 14771-76.

По наружному виду сварной шов должен иметь равномерную поверхность без наплывов и натеков с плавным переходом к основному металлу.

По окончании сварочных работ, до предъявления изделия ОТК, сварные швы и прилегающие к ним поверхности должны быть очищены от шлаков, наплывов, брызг металла, окалины и проверены сварщиком.

При контактной точечной сварке глубина вдавливания электрода в основной металл сварочной точки не должна превышать 20% от толщины тонкой детали, но не более 0,4 мм.

Увеличение диаметра контактной поверхности электрода в процессе сварки не должно превышать 10% от установленного техпроцессом размера.

При сборке под точечную сварку зазор между соприкасающимися поверхностями в местах расположения точек не должен превышать 0,5...0,8 мм.

При сварке штампованных деталей зазор не должен превышать 0,2...0,3 мм.

При контактной точечной сварке деталей разной толщины режим сварки следует устанавливать в соответствии с толщиной более тонкой детали.

После сборки деталей под сварку необходимо проверять зазоры между деталями. Величина зазоров должна соответствовать ГОСТ 14771-76.

Размеры сварного шва должны соответствовать чертежу сварной конструкции по ГОСТу 14776-79.

В процессе сборки и сварки ответственных сварных конструкций должен осуществляться пооперационный контроль на всех этапах их изготовления. Процент контроля параметров оговаривается технологическим процессом.

Перед сваркой следует проверить правильность сборки, размеры и качество прихваток, соблюдение геометрических размеров изделия, а также чистоту поверхности свариваемых кромок, отсутствие коррозии, заусенцев, вмятин, других дефектов.

В процессе сварки должны контролироваться последовательность операций, установленная техпроцессом, отдельные швы и режим сварки.

После окончания сварки контроль качества сварных соединений должен осуществляться внешним осмотром и измерениями.

Угловые швы допускаются выпуклые и вогнутые, но во всех случаях катетом шва следует считать катет вписанного в сечение шва равнобедренного треугольника.

Осмотр может производиться без применения лупы или с применением её с увеличением до 10 раз.

Контроль размеров сварных швов, точек и выявленных дефектов должен производиться измерительным инструментом с ценой деления 0,1 или специальными шаблонами.

Исправление дефектного участка сварного шва более двух раз не допускается.

Внешний осмотр и обмер сварных соединений должен производиться согласно ГОСТ 3242-79.

## **5. Общие принципы выбора сварочных материалов**

Выбор сварочных материалов характеризуются следующими основными условиями:

- обеспечением требуемой эксплуатационной прочности сварного соединения, т.е. определяемого уровня механических свойств металла шва в сочетании с основным металлом;
- обеспечением необходимой сплошности металла шва (без пор и шлаковых включений или с минимальными размерами и количеством указанных дефектов на единицу длины шва);
- отсутствием горячих трещин, т.е. получением металла шва с достаточной технологической прочностью;
- получением комплекса специальных свойств металла, шва (жаропрочности, жаростойкости, коррозионной стойкости).

Выбор сварочных материалов производится в соответствии с принятым способом сварки.

Выбор и обоснование конкретных типов и марок сварочных материалов следует произвести на основании литературных источников с учётом требований.

В картах технологического процесса для каждой технологической операции (сборка на прихватках, сварка), необходимо указать виды, марки, стандарт на виды и марки, сварочных материалов.

При ручной дуговой сварке конструкционных углеродистых и легированных сталей выбор электродов производится по ГОСТ 9467-75, который предусматривает два класса электродов. Первый класс - электроды для сварки углеродистых и легированных сталей, требования к которым установлены по механическим свойствам наплавленного металла и содержанию в нём серы и фосфора. Второй класс регламентирует требования к электродам для сварки легированных теплоустойчивых сталей и которые классифицируются по химическим свойствам наплавленного металла шва.

ГОСТ 10052-75 устанавливает требования к электродам для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Выбор электродов для сварки этих сталей производится по этому ГОСТу.

Выбор стальной проволоки для механизированных способов сварки производится по ГОСТ 2246-70, который предусматривает выпуск стальной сварочной проволоки для сварки диаметром от 0,3 до 12 мм.

При выборе материалов для сварки высоколегированных сталей рекомендуется оценить ожидаемую структуру после сваривания с помощью диаграммы Шеффлера. Для получения оптимального результата следует всегда выбирать сварочный расходный материал, который точно соответствует основному материалу или очень близок ему по структуре.

Сварочная проволока для сварки алюминия и его сплавов поставляется по ГОСТ 7881-75.

Выбор флюсов для сварки производится по ГОСТ 9078-81, который предусматривает две группы флюсов:

- для сварки углеродистых низколегированных и среднелегированных сталей (АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45, АН-60, АН-22, ФЦ-9, АН-64);
- для сварки высоколегированных, сталей (АН-26, АН-22, АН-30, АНФ-14, АНФ-16, АНФ-17, ФЦК-С, К-8).

В качестве защитных газов при сварке применяются инертные газы (аргон, гелий) и активные газы (углекислый газ, водород).

Аргон, предназначенный для сварки, регламентируется ГОСТ 10157-79 и в зависимости от процентного содержания аргона и назначения делится на аргон высшего, первого и второго сорта.

Гелий поставляется по ГОСТ 20461-75, который предусматривает два сорта газообразного гелия: гелий высокой чистоты (99,98% He) и гелий технический (99,8% He).

Углекислый газ, предназначенный для сварки, соответствует ГОСТ 8050-85, который в зависимости, от содержания CO<sub>2</sub> предусматривает два сорта сварочной углекислоты: первый сорт - с содержанием CO<sub>2</sub> не менее 99,5%, второй сорт - с содержанием CO<sub>2</sub> не менее 99%.

После обоснования выбора сварочных материалов для принятых в проекте способов сварки необходимо привести в форме таблиц химический состав этих материалов, механические свойства и химический состав наплавленного металла.

Химический состав наплавленного металла определяется след образом.

1) При РДС содержание легирующего элемента в металле шва определится уравнением:

$$[Le]_{шв} = \gamma [Le]_{о.м.} + (1 - \gamma) [Le]_{пр} \cdot K_{пр} + g_0 (1 - \gamma) P_{Fe-сн} \cdot [Le]_{Fe-сн} \cdot K_{покp}, \quad (1.8)$$

где  $[Le]_{шв}$ ,  $[Le]_{о.м.}$ ,  $[Le]_{пр}$ ,  $[Le]_{Fe-сн}$  – содержание легирующего элемента в металле шва, основном металле, проволоке, ферросплаве (%);  $\gamma$  - доля участия основного металла в металле шва;  $K_{пр}$ ,  $K_{покp}$  – коэффициенты перехода легирующего элемента из проволоки и покрытия;  $g_0$  – относительный вес электродного покрытия, т.е. отношение его веса к весу электродного стержня;

$P_{Fe-сн}$  – относительное количество в составе покрытия материала (ферросплава, металлического порошка), содержащего легирующий элемент в металлическом состоянии.

Лишь величины, стоящие в квадратных скобках, подставляются в процентах, остальные в долях.

Величины коэффициентов перехода зависят от способа и режима сварки, вида покрытия, химической активности элемента. Коэффициенты перехода элементов из проволоки при газовой, аргодуговой и вакуумной сварке для большинства элементов близки к единице. При сварке плавящимся электродом эти коэффициенты очень нестабильны. Средние значения этих коэффициентов даны в таблицах (4.3).

**Таблица 4.3**

**Значения коэффициентов перехода из проволоки при РДС**

| Элемент              | C        | Si        | Mn        | Ni         | Cr        |
|----------------------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| Коэффициент перехода | 0,4 ÷ ,5 | 0,5 ÷ 0,6 | 0,6 ÷ 0,7 | 0,85 ÷ ,95 | 0,8 ÷ 0,9 |

**Таблица 4.4**

**Коэффициенты перехода из основного покрытия**

| Элемент              | C           | Si          | Mn          | V           | Mo          | Cr          | Ni         |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Коэффициент перехода | 0,46 ÷ 0,60 | 0,25 ÷ 0,35 | 0,55 ÷ 0,70 | 0,80 ÷ 0,85 | 0,80 ÷ 0,85 | 0,85 ÷ 0,92 | 0,96 ÷ 1,0 |

Обычно коэффициенты перехода из проволоки больше, чем из покрытия.

При сварке в защитных газах расчет содержания легирующего элемента в металле шва ведут по управлению:

$$[Le]_{шв} = \gamma [Le]_{о.м.} + (1 - \gamma) [Le]_{пр} \cdot K_{пр} \quad (1.9)$$

При сварке в защитных газах средние величины коэффициентов перехода элементов из проволоки приведены в табл. 4.5.

**Таблица 4.5**

**Коэффициенты перехода при сварке в защитных газах**

| Вид сварки                         | Коэффициенты перехода по элементам |      |      |      |
|------------------------------------|------------------------------------|------|------|------|
|                                    | C                                  | Mn   | Si   | Cr   |
| Сварка в CO <sub>2</sub> :         |                                    |      |      |      |
| проволокой 12X18H9T                | -                                  | 0,78 | 0,78 | 0,94 |
| проволокой Св-18ХГСА               | 0,79                               | 0,80 | 0,81 | 0,94 |
| проволокой 10 ГС                   | 0,71                               | 0,55 | 0,37 | -    |
| Сварка в Ar + 5 % O <sub>2</sub> : |                                    |      |      |      |

|                      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|
| проволокой Св-18ХГСА | 0,60 | 0,69 | 0,71 | 0,92 |
| проволокой 10 ГС     | 0,59 | 0,41 | 0,32 | -    |

При наплавке глубина проплавления небольшая, поэтому долей участия основного металла в металле шва можно пренебречь, т.е.  $\gamma = 0$ .

Для наплавочных работ часто применяют керамические флюсы и низкоуглеродистую проволоку. В этом случае содержание легирующего элемента в наплавленном металле выразится формулой:

$$[Le]_{н.м.} = \left( \frac{G_{\phi}}{G_{н.м.}} \right) \cdot P_{Fe-сп} \cdot [Le]_{Fe-сп} \cdot K_{\phi л} \quad (1.10)$$

где  $K_{\phi л}$  – коэффициент перехода элемента из флюса,

$G_{\phi}/G_{н.м.}$  – относительный вес расплавленного флюса, обычно эта величина составляет 1,1 ÷ 1,4.

Величины коэффициентов перехода элементов из керамического флюса приведены в табл. 4.6.

**Таблица 4.6**

**Коэффициенты перехода элементов из флюса**

| Элемент              | С (графит) | С (Fe-спл) | Mn   | Si   | Cr   | Ni   |
|----------------------|------------|------------|------|------|------|------|
| Коэффициент перехода | 0,28       | 0,7        | 0,52 | 0,37 | 0,75 | 0,98 |

**6. Критический анализ базовой технологии изготовления изделия**

Объем данного раздела 3-5 страниц. В нем необходимо кратко в повествовательной форме описать основные технологические операции базового производства. Отметить соответствие уровня действующей технологии и оборудования современным требованиям, недостатки, проблемные вопросы и возможные пути их решения. Сформулировать цель и задачу дипломного проекта.

**7. Исходные данные для проектирования**

К исходным данным относятся:

- программа производства (должна быть достаточной для организации экономичного производства и согласованной с контрольными цифрами развития базового предприятия);
- чертежи общего вида изделия, сборочных единиц и деталей;
- технические условия на изготовление, испытание и приёмку сборочных единиц и изделия в целом;
- базовый технологический процесс изготовления изделия и экономические показатели;
- нормативные материалы проектных организаций;
- нормы и правила техники безопасности и производственной санитарии;
- техническая и экономическая литература.

Выполняется на 1 странице.

**8. Типы производства**

Все машиностроительные предприятия, цехи и участки могут быть отнесены к одному из трёх типов производства:

- единичному;
- серийному;
- массовому.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и малым объёмом их выпуска. Оно отличается универсальностью оборудования и

рабочих мест. В сварочном производстве почти полностью отсутствует специальное сварочное оборудование, сборочно-сварочные приспособления и механизмы.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изготавливаемых изделий и большим объёмом выпуска, повторяющимся через определённый промежуток времени партиями.

Технологический процесс в серийном производстве дифференцирован, т.е. разделён на отдельные операции, которые закреплены за отдельными рабочими местами. Сравнительно устойчивая номенклатура позволяет широко применять специальные сборочно-сварочные приспособления, внедрять автоматизированные способы сварки, а на отдельных участках организовать поточные линии. При этом используется как общецеховой транспорт, так и напольный. Специализация отдельных видов работ требует высокой квалификации рабочих.

В серийном производстве более детально разрабатываются технологические процессы с указанием режимов работ, способов контроля.

Серийное производство значительно эффективнее, чем единичное, т.к. более полно используется оборудование, а специализация рабочих мест обеспечивает производительность труда. В зависимости от числа изделий в партии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Массовое производство характеризуется непрерывным изготовлением узкой номенклатуры изделий в течение продолжительного времени и большим объёмом выпуска. Оно позволяет широко использовать специальное высокопроизводительное оборудование и приспособления. Это обеспечивает высокую производительность труда, лучшее использование основных производственных фондов и более низкую себестоимость продукции, чем в серийном и единичном производстве.

Исходя из массы и габаритов сварной конструкции, а также заданной программы выпуска, с учётом особенностей каждого типа производства выбирается тот или иной тип производства - таблица 4.7.

**Таблица 4.7**

**Зависимость типа производства от программы выпуска (шт) и массы изделия**

| Масса детали, кг | Единичное производство | Мелкосерийное производство | Среднесерийное производство | Крупносерийное производство | Массовое производство |
|------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <1,0             | <10                    | 10-2000                    | 1500-100000                 | 75000-200000                | 200000                |
| 1,0-2,5          | <10                    | 10-1000                    | 1000-50000                  | 50000-100000                | 100000                |
| 2,5-5,0          | <10                    | 10-500                     | 500-35000                   | 35000-75000                 | 75000                 |
| 5,0-10,0         | <10                    | 10-300                     | 300-25000                   | 25000-50000                 | 50000                 |
| >10              | <10                    | 10-200                     | 200-10000                   | 10000-25000                 | 25000                 |

### **9. Разработка технологии изготовления изделия**

Выполняется на 40-60 страницах. В данном разделе осуществляется:

- разбивка изделия на технологические сборочные единицы и разработка схемы технологического процесса;
- выбор вариантов сборки и сварки и технико-экономическое обоснование способа сварки [3, 4];
- расчёт и выбор режимов сварки;
- выбор сварочного и вспомогательного оборудования и их технические характеристики [10...19];
- техническое задание на проектирование нестандартного оборудования [29];
- устройство и работа нестандартного оборудования;

- технология сборки и сварки сборочных единиц и изделия в целом, маршрутная схема технологического процесса;
- средства механизация и автоматизация производства;
- контроль качества;
- нормировании выполняемых работ [20, 40...44];
- синхронизация технологических операций (для проектов по теме "Поточно-механизированная (автоматизированная) линия [44; 50] .

### **10. Сборка сварных конструкций**

Сборку сварных конструкций в единичном и мелкосерийном производстве можно производить по разметке с применением простейших универсальных приспособлений (струбцин, скоб с клиньями), с последующей прихваткой с использованием того же способа сварки, что и при выполнении сварных швов.

В условиях серийного производства сборка под сварку производится на универсальных плитах с пазами, снабжёнными упорами, фиксаторами с различными зажимами. На универсальных плитах сборку следует вести только в тех случаях, когда в проекте заданы однотипные, но различные по габаритам сварные конструкции. При помощи шаблонов можно собрать простые сварные конструкции.

В условиях серийного и массового производства сборку под сварку следует производить на специальных сборочных стендах или в специальных сборочно-сварочных приспособлениях, которые обеспечивают требуемое взаимное расположение входящих в сварную конструкцию деталей и точность сборки изготавливаемой сварной конструкции в соответствии с требованиями чертежа и технических условий на сборку.

Кроме того, сборочные приспособления обеспечивают сокращение длительности сборки и повышение производительности труда, облегчение условий труда, повышение точности работ и улучшение качества готовой сварной конструкции.

Собираемые под сварку детали крепятся в приспособлениях и на стендах с помощью различного рода винтовых, ручных, пневматических и других зажимов.

### **11. Выбор способа сварки**

Выбор того или иного способа сварки зависят от следующих факторов:

- толщины свариваемого материала;
- протяжённости сварных швов;
- требований к качеству выпускаемой продукции;
- химического состава металла;
- предусматриваемой производительности;
- себестоимости 1 кг наплавленного металла;

Среди способов электродуговой сварки наиболее употребляемыми являются:

- ручная дуговая сварка;
- механическая сварка в защитных газах;
- автоматизированная сварка в защитных газах и под флюсом.

Ручная дуговая сварка (РДС) из-за низкой производительности и высокой трудоёмкости не приемлема в серийном и массовом производствах. Она используется в основном в единичном производстве.

Наиболее целесообразно использование механизированных способов сварки. Одним из таких способов является полуавтоматическая сварка в углекислом газе, которая в настоящее время занимает значительное место в народном хозяйстве благодаря своим технологическим и экономическим преимуществам.

Технологическими преимуществами являются относительная простота процесса сварки, возможность полуавтоматической и автоматической сварки швов, находящихся в различных пространственных положениях, что позволяет механизировать сварку в различных пространственных положениях, в том числе сварку неповоротных стыков труб.

Небольшой объём шлаков, участвующих в процессе сварки в  $\text{CO}_2$  позволяет в ряде случаев получить швы высокого качества

Экономический эффект от применения сварки в углекислом газе существенно зависит от толщины свариваемого металла, типа соединения, расположения шва в пространстве, диаметра электродной проволоки и режимов сварки.

Себестоимость 1 кг наплавленного металла при сварке в углекислом газе всегда ниже, чем при газовой и ручной дуговой сварке.

При сварке в углекислом газе проволокой диаметром 0,8-1,4 мм изделий из стали, толщиной до 40 мм во всех положениях выработка на средних режимах на автоматах в 2-5 раз выше, а на полуавтоматах - в 1,8-3 раза выше, чем при ручной дуговой сварке.

При сварке в углекислом газе проволокой диаметром 0,8-1,4 мм вертикальных потолочных швов из стали толщиной 8 мм и более и в нижнем положении толщиной более 10 мм проволоками диаметром 1,4-2,5 мм производительность в 1,5-2,5 раза выше, чем при ручной электродуговой сварке.

Производительность сварки в углекислом газе проволоками диаметром 1,4-2,5 мм из стали толщиной 5-10 мм в нижнем положении зависит от характера изделия, типа и размера соединения, качества сборки и др. При этом производительность только в 1,1-1,8 раза выше, чем вручную.

Перечисленные технологические и экономические преимущества сварки в углекислом газе позволяют широко использовать этот метод в серийном и массовом производствах.

Для выполнения швов большой протяженности на металле средних и больших толщин целесообразно применение автоматической сварки под флюсом. При сварке под флюсом вылет электрода значительно меньше, чем при ручной дуговой сварке. Поэтому можно, не опасаясь перегрева электрода и отделения защитного покрытия, в несколько раз увеличить силу сварочного тока, что позволяет резко увеличить производительность сварки, которая в 5-20 раз выше, чем при ручной дуговой сварке, коэффициент наплавки достигает 14-16 г/А·ч в некоторых случаях даже 25-30 г/А·ч.

Плавление электродного и основного металла происходит под флюсом надёжно изолирующим их от окружающей среды. Флюс способствует получению чистого и плотного металла шва, без пор и шлаковых включений, с высокими механическими свойствами. Введение во флюс элементов-стабилизаторов и высокая плотность тока в электроде позволяет производить сварку металла значительной толщины без разделки кромок. Практически отсутствуют потери на угар и разбрызгивание электродного металла. Процесс сварки почти полностью механизирован. Механизированная сварка под флюсом по сравнению с РДС значительно улучшает условия труда сварщика-оператора, повышает общий уровень и культуру производства [2, с.227-233], [6, с.127-129].

В настоящее время на машиностроительных предприятиях страны всё шире ведутся работы по внедрению в производство сварки в аргоне в смеси с углекислым газом. При сварке в  $\text{CO}_2$  проволоками любого диаметра выявляется два вида переноса расплавленного металла, характерные для оптимальных режимов: с периодическими замыканиями дугового промежутка и капельный перенос без коротких замыканий. При сварке в смеси  $\text{Ar}+\text{CO}_2$  область режимов сварки с короткими замыканиями дугового промежутка отсутствует. Изменение характера переноса при замене защитной среды можно рассматривать, как улучшение технологического процесса тем более, что оно сопровождается улучшением качественных и количественных характеристик процесса сварки: разбрызгивания и набрызгивания металла на сваривание детали и сопло.

При сварке в углекислом газе на оптимальных режимах на детали набрызгивается примерно 1 г/А·ч брызг. Брызги прихватываются к поверхности свариваемого металла и с трудом удаляются металлической щёткой. 25-30% крупных капель привариваются к металлу, и для их удаления необходима работа с зубилом или другими средствами зачистки шва. Существенное уменьшение набрызгивания на детали наблюдается при сварке в смеси  $\text{Ar}+\text{CO}_2$  как минимум в 3 раза.

При сварке в  $\text{CO}_2$  существует область режимов, при которых наблюдается повышение забрызгивания сопла. Для проволоки диаметром 1,2 мм это область составляет 240-270 А, а для диаметра проволоки 1,6 мм – 290-310 А. При сварке смеси аргона и углекислого газа область режимов большого разбрызгивания практически отсутствует. При забрызгивании сопла ухудшается состояние газовой защиты, а периодическая очистка снижает производительность. Форма провара при сварке  $\text{CO}_2$  в округлая и сохраняется в смеси  $\text{Ar}+\text{CO}_2$  при малых токах. При больших токах в нижней части провара появляется выступ, увеличивающий глубину проплавления, что увеличивает площадь разрушения по зоне сплавления. При равной глубине проплавления площадь провара основного металла в смеси  $\text{Ar}+\text{CO}_2$  на 8-25% меньше, чем при сварке в  $\text{CO}_2$ , что приводит к уменьшению деформации. Наряду со сваркой в смеси аргона с углекислым газом наиболее широкое применение получила сварка в смеси углекислого газа с кислородом. Наличие кислорода в смеси пределах 20-30% уменьшает силы поверхностного натяжения, что способствует более мелкокапельному переносу и более «стойкому» разрыву перемычки между каплей и электродом, что снижает разбрызгивание. Кроме того, окисленная капля хуже приваривается к металлу. Окисленные реакции увеличивают количество тепла, выделяемого в зоне дуги, что повышает производительность сварки. Наибольшее преимущества сварка в смеси  $\text{CO}_2+\text{O}_2$  имеет при повышенном вылете электрода и применением проволок, легированных цирконием, например, Св08Г2СЦ.

Полуавтоматическую сварку в смеси  $\text{CO}_2+\text{O}_2$  производят проволоками диаметром 1,2-1,6 мм проволоками марок Св08Г2С и Св08Г2СЦ с обычным вылетом электрода во всех пространственных положениях.

## 12. Режимы сварки

Режимом сварки называется совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных соединений заданных размеров, форм, качества. При всех дуговых способах сварки такими характеристиками являются следующие параметры: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение на дуге, скорость перемещения электрода вдоль шва (скорость сварки), род тока и полярность. При механизированных способах сварки добавляется ещё один параметр - скорость подачи сварочной проволоки, а при сварке в защитных газах - удельный расход защитного газа.

Параметры режима сварки влияют на форму, и размеры шва. Поэтому, чтобы получить качественный сварной шов заданных размеров, необходимо правильно подобрать режимы сварки, исходя из толщин свариваемого металла, типа соединения и его положения в пространстве. На форму и размеры шва влияют не только основные параметры режима сварки; но также и технологические факторы, как род и плотность тока, наклон электрода и изделия, вылет электрода, конструкционная форма соединения и величина зазора.

### 12.1. Расчет режимов ручной дуговой сварки (РДС)

Расчет режима при РДС производится следующим образом. Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла, типа сварного соединения. При этом можно использовать следующие ориентировочные данные (таблица 4.8):

Таблица 4.8

Данные для расчета режима сварки при РДС

|   |         |           |     |      |       |                |
|---|---------|-----------|-----|------|-------|----------------|
| Толщина металла $\delta$ , мм (при сварке встык)  | 1,5÷2   | 3         | 4÷8 | 9÷12 | 13÷16 | более 16       |
| Катет шва К, мм (для таврового или нахлесточного соединения), $K \sim 0,8\delta \div 1,0\delta$ |         | 3         | 4÷5 |      | 6÷8   | ≤8 за 1 проход |
| Диаметр электрода $d_e$ , мм  | 1,6÷2,0 | 2,0 – 3,0 | 4   | 4÷5  | 5     | 5÷6            |

При толщине металла более 4 мм следует рассчитать число проходов по формуле:

$$n = \frac{\sum F_n}{F_{n1}}, \quad (1.11)$$

где рекомендуемая площадь наплавки за один проход  $F_{n1} = 0,20 \div 0,30 \text{ см}^2$ .

В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом 3÷4 мм, последующие слои выполняют электродами большего диаметра.

Сила сварочного тока рассчитывается по формуле:

$$I = (20 + 6d_s)d_s, \text{ А}, \quad (1.12)$$

где  $d_s$  – диаметр электрода, мм.

Напряжение дуги при РДС определяется по формуле:

$$U = 20 + 0,04I, \text{ В}. \quad (1.13)$$

Скорость сварки:

$$V = \frac{\alpha_n \cdot I}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \text{ см/с}. \quad (1.14)$$

где  $F_n$  – площадь наплавленного металла,  $\text{см}^2$ , рекомендуемое значение – не более  $0,3 \text{ см}^2$ , (если больше, то для расчета скорости сварки берется половина  $F_n$ );  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$  – плотность стали;  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки (например, для электродов марки УОНИ-13/55  $\alpha_n = 8 \div 9,5 \text{ г/(А·ч)}$ , ЦЛ-11  $\alpha_n = 12,5 \text{ г/(А·ч)}$ , ЦУ-2ХМ  $\alpha_n = 9 \div 10 \text{ г/(А·ч)}$ ). Рекомендуемая скорость сварки до  $0,5 \text{ см/с}$ .

## 12.2. Расчет режимов сварки в среде защитных газов (СО<sub>2</sub>).

Режим сварки в СО<sub>2</sub> рассчитывается следующим образом. Диаметр проволоки выбирается в зависимости от толщины металла. Ориентировочные данные для выбора приведены в таблице (4.9).

Таблица (4.9)

Данные для расчета режима сварки в среде защитных газов

|                                  |         |         |         |         |          |           |           |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|
| Толщина металла<br>$\delta$ , мм | 0,6÷1,0 | 1,2÷2,0 | 3,0÷4,0 | 5,0÷8,0 | 9,0÷12,0 | 13,0÷18,0 | 19,0÷40,0 |
| Диаметр<br>проволоки $d_s$ , мм  | 0,5÷0,8 | 0,8÷1,0 | 1,0÷1,2 | 1,6÷2,0 | 2,0      | 2,0÷2,5   | 1,6÷4,0   |

Сила тока рассчитывается по формулам:  
для стыковых соединений:

$$I = \frac{75 \cdot \delta}{1,75 - 0,15d_s}, \text{ А} \quad (1.15)$$

где  $d_s$ ,  $\delta$  в мм;

для нахлесточных и тавровых соединений:

$$I = \frac{\pi \cdot d_s^2 \cdot a}{4}, \text{ А} \quad (1.16)$$

где параметр  $a = 110 \div 130 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ .

Напряжение дуги при сварке в СО<sub>2</sub>:

$$U = (14 + 0,05 \cdot I) \pm 1 \text{ В} \quad (1.17)$$

Скорость сварки рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\alpha_n \cdot I}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \text{ см/с}. \quad (1.18)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч), дан в [40, стр.28] или определяется по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \Psi), \quad (1.19)$$

где  $\Psi$  – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание,  $\Psi = 0,12 \alpha_p$  – коэффициент расплавления проволоки, г/(А·ч);

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_э}, \quad \text{г/(А·ч)}, \quad (1.20)$$

$F_H$  – площадь наплавки металла, см<sup>2</sup>.

Скорость подачи электродной проволоки рассчитывается по формуле:

$$V_{nn} = \frac{4\alpha_p \cdot I}{3600 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot d_э^2}, \quad \text{см/с}, \quad (1.21)$$

где  $d_э$  в см. Вылет проволоки  $l_э = 10d_э$ , мм.

### 12.3. Расчет режимов сварки при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом

Основными параметрами режима автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом являются: сварочный ток, диаметр, скорость сварки.

Расчёт режима сварки производится всегда для конкретного случая, когда известен тип соединения, толщина свариваемого металла, марка проволоки, флюс и способ защиты от протекания расплавленного металла в зазор стыка. Поэтому до начала расчёта следует установить по ГОСТ 8713-79 конструктивные элементы заданного сварного соединения. При этом необходимо учитывать, что максимальное сечение однопроходного шва, выполненного автоматом, не должно превышать 100 мм<sup>2</sup>.

Для стыковых соединений площадь поперечного сечения шва  $A_{ш}$ , мм<sup>2</sup> определяется по формуле:

$$A_{ш} = 0,75eg \quad (1.22)$$

где  $A_{ш}$  – площадь поперечного сечения шва, мм<sup>2</sup>;

$e$  - ширина шва, мм;

$g$  - усиление шва, мм;

$s$  - толщина шва, мм;

$b$  - зазор, мм.

Сила сварочного тока  $I$ , А, определяется по глубине провара из формулы

$$I = (80 \dots 100)h, \quad (1.23)$$

где  $I$  – сила сварочного тока, А;

$h$  - глубина провара, мм.

Глубиной провара задаются конструктивно, исходя из толщины металла.

Для однопроходного стыкового шва глубина провара  $h$ , мм, выбирается из условия

$$h = (0,7 \dots 0,8)S, \quad (1.24)$$

где  $h$  – глубина провара, мм;

$S$  - толщина свариваемого металла, мм.

Для двухсторонней сварки глубина провара  $h$ , мм, выбирается из условия

$$h = \frac{S}{2} + (2 \dots 3), \quad (1.25)$$

где  $h$  – глубина провара, мм;

$S$  - толщина свариваемого металла, мм. и должна составлять не менее 60% толщины свариваемых деталей.

Диаметр сварочной проволоки  $d$ , мм, принимается в зависимости от толщины свариваемого металла в пределах 2...6 мм, а затем уточняется расчетом

$$d = 2 \frac{I}{j\pi}, \quad (1.26)$$

где  $d$  - диаметр сварочной проволоки, мм;

$I$  - сварочный ток, А;

$j$  - плотность тока, А/мм<sup>2</sup>

Плотность тока в зависимости от диаметра проволоки указана в таблице 4.10.

**Таблица 4.10**

**Плотность тока в зависимости от диаметра проволоки.**

|                                   |        |       |        |       |       |
|-----------------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|
| Диаметр проволоки, мм             | 2      | 3     | 4      | 5     | 6     |
| Плотность тока, А/мм <sup>2</sup> | 65-200 | 45-90 | 35-260 | 30-50 | 25-45 |

Напряжение на дуге  $U$ , В принимается в пределах 32-40 В.

Скорость сварки  $V_{св}$ , м/ч, определяется по формуле

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I}{\gamma \cdot A_{ш}}, \quad (1.27)$$

где  $V_{св}$  - скорость сварки, м/ч;

$\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/Ач;

$I$  - сварочный ток, А;

$A_{ш}$  - площадь сечения, мм<sup>2</sup>;

$\gamma$  - удельная плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>.

При сварке постоянным током обратной полярности коэффициент наплавки  $\alpha_n$ , рассчитывается по эмпирической формуле

$$\alpha_n = 11,6 \pm 0,4z / Aч; \quad \alpha_n = A + B \cdot \frac{1}{d}, \quad (1.28)$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/А·ч;

$A$  и  $B$  - коэффициенты, значения, которых для флюса АН-384А приведены в таблице 4.11.

**Таблица 4.11**

**Значения коэффициентов  $A$  и  $B$  для флюса АН-384А**

| Коэффициент       | $A$ | $B$   |
|-------------------|-----|-------|
| Прямая полярность | 2.3 | 0.065 |
| Переменный ток    | 7   | 0.04  |

Скорость подачи проволоки  $V_{под}$ , м/ч, определяем по формуле

$$V_{под} = \frac{A_{ш}}{A_э} \cdot V_{св}, \quad (1.29)$$

где  $V_{под}$  - скорость подачи проволоки, м/ч;

$A_{ш}$  - площадь сечения шва, мм<sup>2</sup>;

$A_э$  - площадь сечения электродной проволоки, мм<sup>2</sup>;

$V_{св}$  - скорость сварки, м/ч.

Скорость подачи электродной проволоки  $V_{под}$ , м/ч, можно также подсчитать следующим образом, по формуле

$$V_{под} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma}, \quad (1.30)$$

где  $V_{под}$  - скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/Ач;

$I$  - сварочный ток, А;

$d$  - диаметр сварочной проволоки, мм;  
 $\gamma$  - удельная плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>.

#### 12.4. Расчёт режимов автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом угловых швов.

Определить площадь сечения  $A_{ш}$ , мм, по катету шва, заданного в чертежах, по формуле

$$A_{ш} = \frac{\kappa^2}{2} + 1,05\kappa q, \quad (1.31)$$

где  $A_{ш}$  - площадь сечения, мм

По ГОСТ 14771-76 усиление углового шва  $q$ , мм, выполненного в нижнем положении, допускается до 30% его катета, т.е.

$$q = 0,3k, \quad (1.31)$$

где  $q$  - высота усиления шва, мм;

$k$  - катет шва, мм.

Устанавливаем количество проходов на основании того, что за один проход автоматом можно наплавить не более 100 мм<sup>2</sup> площади шва.

Выбираем диаметр электрода, имея в виду, что угловые швы катетом 3-4 мм можно получить использованием электродной проволоки диаметром 2 мм, при сварке электродной проволокой диаметром 4-5 мм минимальный катет составляет 5-6 мм. Сварочную проволоку диаметром более 5 мм применять не следует, т.к. она не обеспечивает провара корня шва.

Для принятого диаметра проволоки подбираем плотность тока по данным, приведённым в таблице 1.5, и определяем силу сварочного тока  $I$ , А, по формуле

$$I_{св} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot i, \quad (1.32)$$

где  $I_{св}$  - сила сварочного тока, А;

$d$  - диаметр сварочной проволоки, мм;

$i$  - плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Определить коэффициент наплавки по одной из ранее приведённых (1.28) формул в зависимости от рода тока и полярности.

Зная площадь наплавки за один проход, сварочный ток и коэффициент наплавки, определить скорость сварки  $V_{св}$ , м/ч по формуле (1.27).

Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле (1.30).

#### 13. Выбор сварочного оборудования

В соответствии с установленным технологическим процессом производят выбор сварочного оборудования. Основными условиями выбора служат:

- техническая характеристика сварочного оборудования, отвечающая принятой технологии;
- наименьшие габариты и вес;
- наибольший КПД и наименьшее потребление электроэнергии;
- минимальная стоимость.

Основным условием при выборе сварочного оборудования является тип производства.

Так, при единичном и мелкосерийном производстве из экономических соображений необходимо более дешёвое сварочное оборудование - сварочные трансформаторы, выпрямители или сварочные полуавтоматы, отдавая предпочтение оборудованию, работающему в среде защитных газов с источником питания - выпрямителями.

Для подбора рациональных типов оборудования следует пользоваться новейшими данными справочной и информационной литературы, каталогами и проспектами по сварочной технике, в которых приведены технические характеристики источников питания, сварочных полуавтоматов и автоматов.

При определении расхода электроэнергии её расход вести по мощности источника питания и добавлять к ней 0,3...0,5 кВт на цепь управления автомата, полуавтомата.

Выбор и проектирование сборочно-сварочных приспособлений (оснастки) производится в соответствии с предварительно избранными способами сборки-сварки узлов. При разработке данного вопроса необходимо учитывать то, что выбор сборочно-сварочных приспособлений должен обеспечить следующее:

- уменьшение трудоёмкости работ, повышение производительности труда, хранение длительности производственного цикла;
- облегчение условий труда;
- повышение точности работ, улучшение качества продукции, сохранение заданной формы свариваемых изделий путём соответствующего закрепления их для уменьшения деформаций при сварке.

Приспособления должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать доступность к местам установки деталей к рукояткам зажимных и фиксирующих устройств, к местам прихватов и сварки;
- обеспечивать наивыгоднейший порядок сборки;
- должны быть достаточно прочными и жёсткими, чтобы обеспечить точное закрепление деталей в требуемом положении и препятствовать их деформации при сварке;
- обеспечивать такие положения изделий, при которых было бы наименьшее число поворотов, как при наложении прихваток, так и при сварке;
- обеспечивать свободный доступ при проверке изделия;
- обеспечивать безопасное выполнение сборочно-сварочных работ.

При серийном производстве приспособления следует выбирать из расчёта возможностей перестройки производства на новый вид продукции, т.е. универсальные.

Тип приспособления необходимо выбирать в зависимости от программы, конструкции изделия, технологии и степени точности изготовления заготовок, технологии сборки-сварки.

Рабочий и мерительный инструмент выбирается конкретно для каждой сборочно-сварочной операции, исходя из требований чертежа и технических условий на изготовление сварной конструкции.

#### ***14. Методы борьбы со сварочными деформациями***

Указать конкретные меры по предупреждению деформаций и напряжений при сварке проектируемой сварной единицы или конструкции, обратив при этом внимание на способы закрепления свариваемого изделия, сборочной единицы в приспособлении, равномерный или неравномерный нагрев. Определяющую роль при этом играют максимальная температура и термический цикл сварки.

Выбрать правильную последовательность выполнения сборочно-сварочных операций, выбрать рациональную форму подготовки кромок, способ сварки, режимы сварки, если это необходимо, то и вид термической обработки.

#### **14.1. Расчет максимальной температуры и термического цикла сварки**

Расчет максимальной температуры и термического цикла сварки ведется следующим образом.

1) Если толщина металла  $\delta \leq 10$  мм, то расчет ведется по следующей схеме.

Максимальная температура определяется по формуле:

$$T_{\max} = \frac{0,242 \cdot q_u}{V \cdot C \cdot \gamma \cdot \delta \cdot y}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (1.33)$$

Эффективная тепловая мощность нагрева изделия:

$$q_u = q \cdot \eta_u, \text{ Дж/с}, \quad (1.34)$$

где  $\eta_u$  - эффективный КПД нагрева изделия: для РДС  $\eta_u = 0,7 \div 0,85$ , для сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа  $\eta_u = 0,78 \div 0,92$ , для сварки под флюсом  $\eta_u = 0,8 \div 0,95$ ;

$q = I \cdot U$  - полная мощность, Дж/с;

$C\gamma$  - объемная теплоемкость,  $\frac{\text{Дж}}{\text{см}^3 \cdot \text{К}}$ ;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $\frac{\text{Дж}}{\text{см} \cdot \text{с} \cdot \text{К}}$ ;

$a$  - коэффициент температуропроводности,  $\text{см}^2 / \text{с}$ ;

Таблица 4.12

**Значения теплофизических величин**

| Материал                                    | Коэффициент теплопроводности, Дж/см·К·с | Объемная теплопроводность, Дж/см <sup>3</sup> ·К | Коэффициент температуропроводности, см <sup>2</sup> /с |
|---|---|--|--|
| Низкоуглеродистые и низколегированные стали | 0,38÷0,42                               | 4,9÷5,2  | 0,075÷0,090  |
| Коррозионно-стойкие стали                   | 0,25÷0,33                               | 4,7÷4,8  | 0,053÷0,070  |
| Алюминий                                    | 2,7                                     | 2,7  | 1,0  |

Полученные значения  $T_{\max}$  рекомендуется занести в таблицу (4.13).

Таблица 4.13

**Таблица полученных значений**

| у                          | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 2,4 | 2,7 | 3,0 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $T_{\max}, ^\circ\text{C}$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

По полученной таблице строится график зависимости  $T_{\max}(y)$ . Пример графика приведен на рис. 4.1.

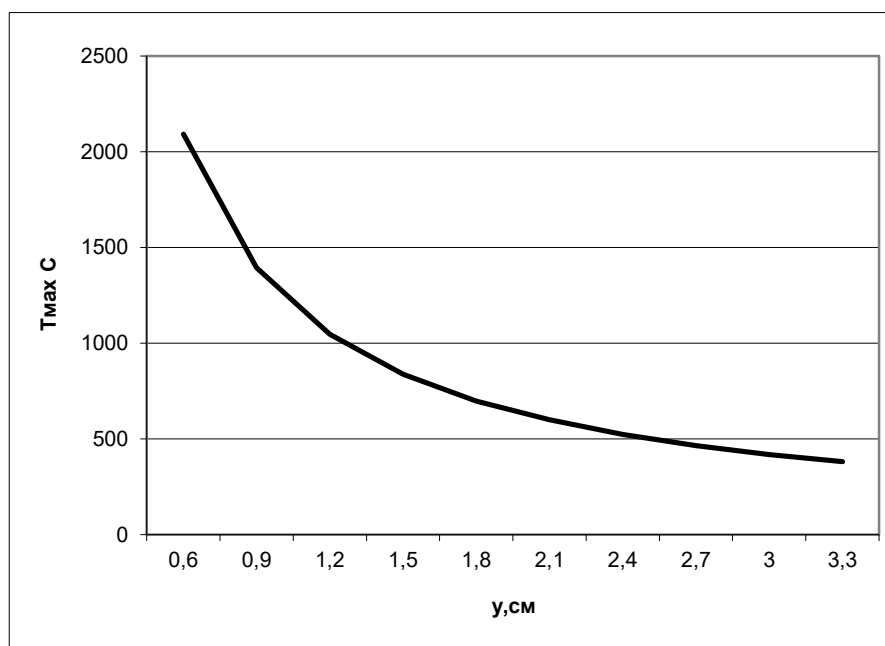


Рис. 4.1 График зависимости максимальной температуры точки от расстояния от оси шва до данной точки сварного соединения

Расчет времени достижения максимальной температуры  $t_m$  проводится для трех точек:

$$y = \frac{e}{2} + 0,1 \text{ см}, \quad y = \frac{e}{2} + 0,2 \text{ см}, \quad y = \frac{e}{2} + 0,3 \text{ см}, \quad (1.35)$$

где  $e$  - ширина шва:

$$e = \frac{0,484 \cdot q_u}{C\gamma V \delta \Gamma_{пл}} \text{ (см)} \quad (1.36)$$

$T_{пл}$  для сталей принимается равным  $1500^\circ\text{C}$ .

Время достижения максимальной температуры:

$$t_m = \frac{y^2}{2a}, \quad (1.37)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности. Это время определяется для всех трех точек. Далее рассчитывается температура данных трех значений  $y$  в зависимости от времени

$$T(y, t) = \frac{q_u}{VC_\gamma \delta \sqrt{4\pi at}} e^{-\frac{y^2}{4at}} \quad (1.38)$$

Полученные результаты заносятся в таблицу (4.13)

Таблица 4.13

Таблица полученных значений

| t, с  |       | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|-------|-------|-----|---|---|---|----|----|----|----|----|-----|
| $y_1$ | T, °C |     |   |   |   |    |    |    |    |    |     |
| $y_2$ |       |     |   |   |   |    |    |    |    |    |     |
| $y_3$ |       |     |   |   |   |    |    |    |    |    |     |

Затем строится график термического цикла сварки – зависимость  $T(t)$ . Пример графика приведен на рис.4.2.

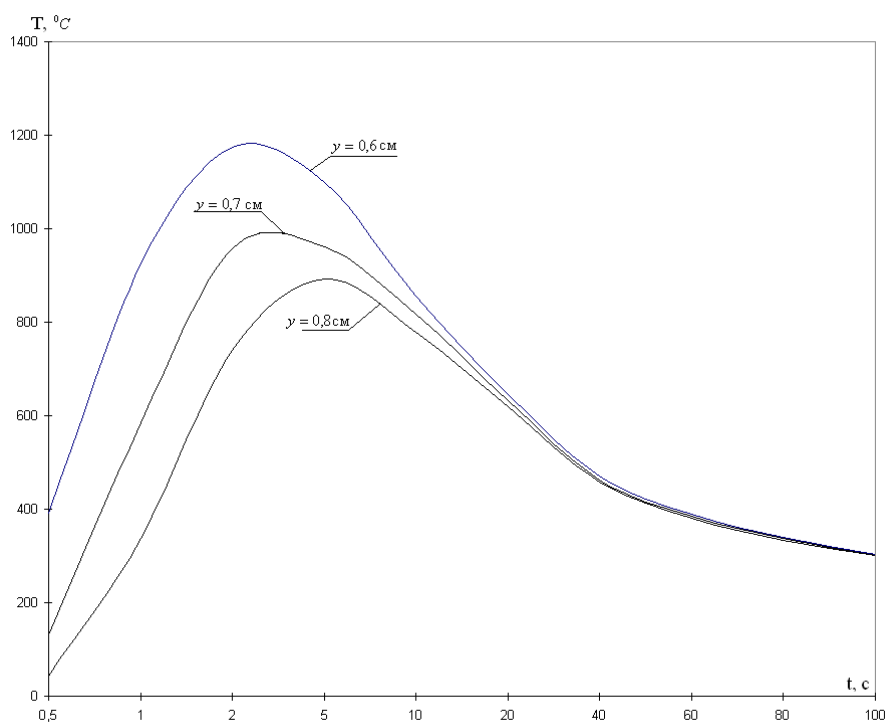


Рис. 4.2 Термический цикл точек сварного соединения.

2) Если толщина металла  $\delta > 10 \text{ мм}$ , то расчет ведется в том же порядке, что и выше, но некоторые формулы изменяются:

$$T_{\max} = \frac{0,234 \cdot q_u}{V \cdot C_\gamma \cdot y^2} \quad (1.39)$$

$$t_m = \frac{y^2}{4a} \quad (1.40)$$

$$e = \sqrt{\frac{0,936q_u}{VC_\gamma\delta T_{nl}}} \quad (1.41)$$

$$T(y,t) = \frac{q_u}{2\pi\lambda V t} e^{-\frac{y^2}{4at}} \quad (1.42)$$

#### 14.2. Расчет основных параметров сварочной ванны и сварного шва

Расчет основных параметров сварочной ванны и сварного шва производится по следующим уравнениям.

1) Если толщина металла  $\delta \leq 10 \text{ мм}$ , то расчет ведется по следующим формулам.

Время существования сварочной ванны:

$$t_B = \frac{q_u^2}{4\pi\lambda C_\gamma (V\delta)^2 T_{nl}^2}, \text{с.} \quad (1.43)$$

Длина сварочной ванны:

$$L_s = t_B \cdot V, \text{см.} \quad (1.44)$$

Ширина шва:

$$e = \frac{0,484 \cdot q_u}{C_\gamma V \delta T_{nl}}, \text{см.} \quad (1.45)$$

Коэффициент формы сварочной ванны:

$$\frac{L}{e}. \quad (1.46)$$

Глубина проплавления:

$$a' = K \cdot I, \text{мм.} \quad (1.47)$$

Для сталей при РДС величина  $K = \left(\frac{1}{80} \div \frac{1}{100}\right) \text{мм/А}$ , для автоматической сварки

$K = \left(\frac{1}{50} \div \frac{1}{60}\right) \text{мм/А}$ , для сварки в углекислом газе:

$$a' = \frac{I(1,75 - 0,15d_s)}{75}, \text{мм} \quad (1.48)$$

Относительная глубина проплавления:

$$\frac{a'}{e}. \quad (1.49)$$

Коэффициент формы шва:

$$\frac{e}{a'}. \quad (1.50)$$

Площадь проплавления:

$$F_{np} = \frac{q_u}{V} \eta_t \cdot \frac{1}{S'_{nl}} \quad (1.51)$$

$\eta_t$  - термический КПД проплавления.

При сварке встык тонких пластин за один проход величину  $\eta_t$  можно вычислить по уравнению:

$$\eta_t = \exp\left(-\frac{5,9494}{\exp \varepsilon_2} - \frac{1,6737}{\varepsilon_2} - 710,14 \cdot 10^{-3}\right), \quad (1.52)$$

где  $\varepsilon_2 = \frac{q_u}{a\delta S'_{пл}}$ ,

$S'_{пл} = \gamma \cdot S_{пл}$ , Дж/см<sup>3</sup> - теплосодержание единицы объема расплавленного металла при температуре плавления. Для сталей  $S'_{пл} = 10530$  Дж/см<sup>3</sup>.

2) Если толщина металла  $\delta > 10$  мм, то расчет ведется в том же порядке, что и выше, но некоторые формулы изменяются:

$$t_B = \frac{q_u}{2\pi\lambda T_{пл}}, \text{ с} \quad (1.53)$$

$$e = \sqrt{\frac{0,936q_u}{VC\gamma\delta T_{пл}}}, \text{ см} \quad (1.54)$$

$$F_{np} = \frac{q_u}{V} \cdot \eta_t \cdot \frac{1}{S'_{пл}}, \text{ см}^2 \quad (1.55)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{q_u \cdot V}{a^2 S'_{пл}} \quad (1.56)$$

$\eta_t$  определяется в зависимости от критерия  $\varepsilon_3$  и относительной глубины проплавления  $\frac{a}{e}$  по графику, приведенному на рис.4.3. [1]

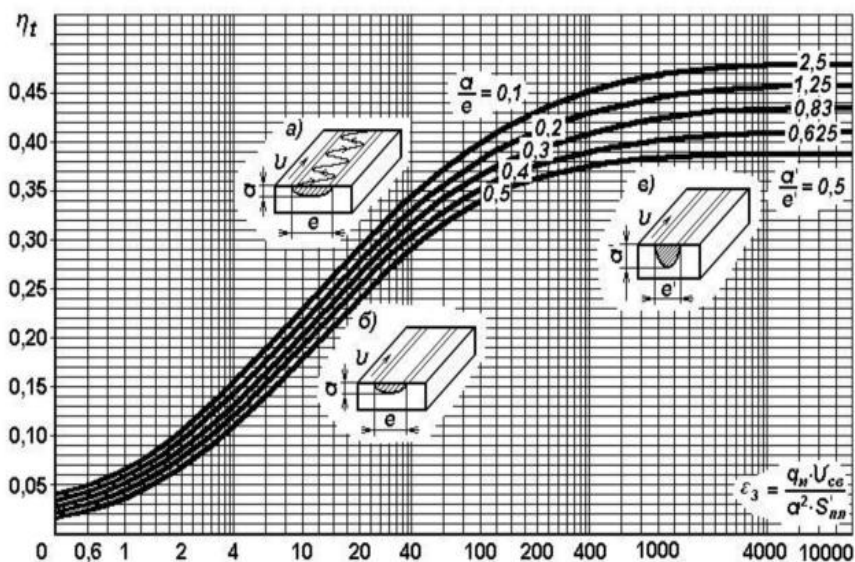


Рис. 4.3 График зависимости термического КПД проплавления  $\eta_t$  от безразмерной величины  $\varepsilon_3$ .

### 14.3. Тепловая эффективность процесса сварки

Тепловая эффективность процесса сварки оценивается следующим образом. КПД наплавки

$$\eta_n = \frac{F_n \cdot V \cdot S'_{пл}}{q}. \quad (1.57)$$

где  $F_n$  - площадь металла, наплавленного за один проход.

Чаще всего  $\eta_n = 0,15 \div 0,30$ .

Полный тепловой КПД:

$$\eta_{np} = \eta_t \cdot \eta_u. \quad (1.58)$$

Теоретически  $\eta_{np} \leq 0,45$ .

КПД сварки:

$$\eta_{св} = \eta_n + \eta_{np}, \quad (1.59)$$

Теоретически  $\eta_{св} \leq 0,5 \div 0,65$ .

#### 14.4. Расчет параметров термического цикла

Расчет параметров термического цикла сварки состоит в следующем.

1) Если толщина металла  $\delta \leq 10$  мм, то расчет ведется по следующим формулам.

Скорость охлаждения определяется из уравнения:

$$W = - \frac{2\pi\lambda C\gamma(T_{\min} - T_0)^3}{\left(\frac{q_u}{V\delta}\right)^2}, \text{ } ^\circ\text{C}/\text{c}; \quad (1.60)$$

Для сталей средняя температура минимальной устойчивости аустенита  $T_{\min} = 550^\circ\text{C}$ .

Время пребывания металла при температуре интенсивного роста аустенитного зерна:

$$t_H = f_2 \frac{\left(\frac{q_u}{V\delta}\right)^2}{\lambda C\gamma(T_{\max} - T)^2}; \quad (1.61)$$

где  $T_{\max}$  - максимальная температура нагрева данной точки;

$f_2$  - критерий, зависящий от параметра  $\theta_1$ :

$$\theta_1 = \frac{T - T_0}{T_{\max} - T_0}, \quad (1.62)$$

где  $T$  - температура, время пребывания выше которой нас интересует:

$$T = T_{Ac3} + 100^\circ\text{C} = 1000^\circ\text{C}.$$

$$f_2 = \frac{1}{13,4\theta_1^2 - 0,089\theta_1}; \quad (1.63)$$

где  $T_{\max} = 1500^\circ\text{C}$ ,  $T_0$  - температура окружающего воздуха.

При  $t_H > (12 \div 15)\text{c}$  ухудшение свойств металла будет существенно; при  $t_H \leq 2\text{c}$  нет никаких ухудшений свойств ЗТВ. Также следует обратить внимание, не превышает ли скорость охлаждения допустимую; если да, предложить способы ее снижения.

2) Если толщина металла  $\delta > 10$  мм, то расчет ведется следующим образом.

Скорость охлаждения определяется из уравнения:

$$W = - \frac{g}{\theta} \cdot \frac{2\pi \cdot \lambda \cdot (T_{\min} - T_0)^2}{\frac{q_u}{V}}; \quad (1.64)$$

Величина безразмерного критерия  $\frac{g}{\theta}$  определяется уравнением:

$$\frac{g}{\theta} = 0,145 + \exp\left[-\left(\frac{1}{\theta} - 0,39\right)\right], \quad (1.65)$$

где

$$\frac{1}{\theta} = \frac{\frac{2q_u}{V}}{\pi\delta^2 C\gamma(T_{\min} - T_0)} \quad (1.66)$$

Время пребывания металла при температуре интенсивного роста аустенитного зерна:

$$t_H = f_3 \frac{\frac{q_u}{V}}{\lambda(T_{\max} - T_0)}; \quad (1.67)$$

$$\theta_1 = \frac{T - T_0}{T_{\max} - T_0}; \quad (1.68)$$

$$f_3 = 0,181 \cdot \theta_1^{-1} - 0,144 \quad (1.69)$$

### 15. Выбор методов контроля качества

Указать, какие методы контроля качества применяются в зависимости от характера и назначения конструкции, степени её ответственности, конструкции сварных швов и марки свариваемого материала (внешний осмотр сварных швов, гидравлическое испытание, испытание керосином, механическое испытание, радиационные, ультразвуковые, магнитные и др.).

### 16. Расчёт элементов производства

Расчет элементов производства [44, 49...51] оформляется на 10-15 страницах и включает в себя следующие пункты:

- потребное количество производственных рабочих;
- потребное количество оборудования и рабочих мест;
- потребное количество вспомогательных рабочих! -
- определение численности ИТР;
- потребное количество материалов и технологической энергии.

#### 16.1. Определение технических норм времени на сборку и сварку

Общее время на выполнение сварочной операции  $T_{св}$ , час, состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

$$T_{cd} = t_0 + t_{п.з.} + t_в + t_{обс}, \quad (1.70)$$

где  $T_{св}$  - общее время на выполнение сварочной операции, час;

$t_{п.з.}$  - подготовительно-заключительное время;

$t_0$  - основное время;

$t_в$  - вспомогательное время;

$t_{обс}$  - время на обслуживание рабочего места;

$t_{п}$  - время перерывов на отдых и личные надобности.

Основное время – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{M_{\Sigma HM}}{\alpha_H \cdot I_{св}}, \quad (1.71)$$

где  $t_0$  - основное время, час;

$\alpha_H$  - коэффициент наплавки, г/А·час;

$I_{св}$  - сила сварочного тока, А;

$M_{\Sigma HM}$  - масса наплавленного металла, г.

$$M_{\Sigma HM} = \sum F_H \cdot \sum L_{ш} \cdot \gamma, \quad (1.72)$$

где  $M_{\Sigma HM}$  - масса наплавленного металла, г;

$\Sigma F_H$  - сумма площадей наплавленного металла всех швов, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  - плотность металла, г/см<sup>3</sup>;

$\Sigma L_{ш}$  - сумма длин всех швов, см.

Рассчитанное основное время сварки может быть проверено по формуле:

$$t_0 = \frac{\Sigma L_{ш}}{V_{CB}}, \quad (1.73)$$

где  $t_0$  - основное время, час;

$\Sigma L_{ш}$  - сумма длин всех швов, см;

$V_{CB}$  - скорость сварки шва, см/час.

Подготовительно-заключительное время включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. При его определении общий норматив времени  $t_{п.з.}$  делится на количество деталей, выпущенных в смену. В дипломном проекте примем:

$$t_{пз} = 10\% \quad (1.74)$$

Вспомогательное время включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволоки  $t_э$ , осмотр и очистку свариваемых кромок  $t_{кр}$ , очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$ , клеймение швов  $t_{кл}$ , установку и поворот изделия, его закрепление  $t_{изд}$ :

$$t_B = t_э + t_{кр} + t_{бр} + t_{изд} + t_{кл}, \quad (1.75)$$

где  $t_B$  - вспомогательное время, мин;

$t_э$  - время на заправку кассеты с электродной проволоки, мин;

$t_{кр}$  - время на осмотр и очистку свариваемых кромок, мин;

$t_{бр}$  - время на очистку швов от шлака и брызг, мин;

$t_{кл}$  - время на клеймение швов, мин;

$t_{изд}$  - время на установку и поворот изделия, его закрепление, мин;

При автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным  $t_э=5$ мин.

Время зачистки кромок или шва вычисляют по формуле:

$$t_{кр} = L_{ш}(0,6+1,2(n_c-1)), \quad (1.76)$$

где  $t_{кр}$  - время на осмотр и очистку свариваемых кромок, мин;

$n_c$  - количество слоёв при сварке за несколько проходов;

$L_{ш}$  - длина шва в метрах.

Время на установку клейма,  $t_{кл}$  принимают 0,03 мин на 1 знак. Время на установку, поворот и снятие изделия,  $t_{изд}$  зависит от его массы (таблица 4.14).

**Таблица 4.14**

**Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы**

| Элементы работ   | Вес изделия, кг |      |      |      |        |       |        |
|--|-----------------|------|------|------|--------|-------|--------|
|  | 5               | 10   | 15   | 25   | до 40  | до 50 | до 100 |
|  | Время, мин      |      |      |      |        |       |        |
|  | вручную         |      |      |      | краном |       |        |
| Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования. | 1,30            | 3,00 | 4,30 | 6,00 | 5,20   | 6,30  | 8,40   |

Время на обслуживание рабочего места включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д. принимаем равным:

$$t_{обс} = (0,06...0,08) \cdot t_0 \quad (1.77)$$

где  $t_{обс}$  - время на обслуживание рабочего места, час;

$t_0$  - основное время, час.

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении  $t_{\Pi} = 0,07 \cdot t_0$ .

## 16.2. Расчёт количества наплавленного металла, расхода сварочных материалов, электроэнергии

Масса наплавленного металла  $M_{\Sigma HM}$ , (перевести в кг), определяется по формуле:

$$M_{\Sigma HM} = \Sigma F_H \cdot \Sigma L_{III} \cdot \gamma, \quad (1.78)$$

где  $M_{\Sigma HM}$  - масса наплавленного металла, г;

$\Sigma F_H$  - сумма площадей наплавленного металла всех швов,  $\text{см}^2$ ;

$\gamma$  - плотность металла,  $\text{г/см}^3$ ;

$\Sigma L_{III}$  - сумма длин всех швов, см.

В пояснительной записке необходимо расчетным путём определить расход электродов, сварочной проволоки, флюса, защитного газа для изготовления одного изделия и годовой программы. При определении расхода электродов учитывается вес наплавленного металла, а также все неизбежные потери металла в процессе сварки на угар и разбрызгивание, в виде электродного покрытия.

Расход электродов при ручной дуговой сварке,  $G_{эл}$ , кг, определяется по формуле:

$$G_{эл} = \psi \cdot M_{\Sigma HM}, \quad (1.79)$$

где  $G_{эл}$  - расход электродов при ручной дуговой сварке, кг

$\psi$  - коэффициент расхода, учитывающий потери электродов на огарки, угар и разбрызгивание металла;

$M_{\Sigma HM}$  - масса наплавленного металла.

Значения  $\psi$  для различных типов и марок электродов указаны в литературе [12, с. 71-75] или таблице 1.15 данного методического пособия.

Расход проволоки при автоматической сварке под флюсом или в  $\text{CO}_2$ ,  $G_{пр}$ , кг, определяется по формуле:

$$G_{пр} = M_{\Sigma HM} \cdot (1 + \psi), \quad (1.80)$$

где  $G_{пр}$  - расход проволоки при автоматической сварке под флюсом или в  $\text{CO}_2$ , кг;

$M_{\Sigma HM}$  - масса наплавленного металла, кг;

$\psi$  - коэффициент потерь проволоки.

Таблица 4.15

### Коэффициент расхода $\psi$ при различных способах сварки

| Способы сварки  | $\psi$ |
|---|--------|
| Ручная дуговая сварка электродами марок:  |        |
| ВСЦ-3, ОЗЛ-4, КУ-2  | 1,4    |
| АН-1, ОМА-11, АНО-1   | 1,5    |
| УОНИ-13/45, ВСП-1, МР-1, АМО-5, ОЗС-3, АНО-3, ОЗС-6, УП-1/5   | 1,6    |
| МР-3, НИАТ-6, ЗИО-7, АНО-4, ОЗС-4, К-5А, УОНИ-13/55   | 1,7    |
| ОММ-5, СМ-5, ВСЦ-2, ЦЛ-11   | 1,8    |
| УТ-15, ЦТ-17  | 1,9    |
| ОЗА-1, ОЗА-2  | 2,3    |
| Автоматическая сварка под флюсом и электрошлаковая  | 1,02   |
| Полуавтоматическая сварка под флюсом  | 1,03   |
| Сварка неплавящимся электродом в инертных газах с присадкой:  |        |
| - ручная  | 1,1    |
| - автоматическая  | 1,02   |
| Автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в инертных газах и в смеси инертных и активных газов | 1,05   |

|   |      |
|---|------|
| Автоматическая и полуавтоматическая сварка в углекислом газе и автоматическая сварка в смесях газов 50% (Ar+CO <sub>2</sub> ) | 1,15 |
|---|------|

Для определения расхода флюса учитывается его расход на образование шлаковой корки и неизбежные потери на просыпание при сборке изделия и на распыление.

Расход флюса на изделие  $G_{\phi}$ , кг определяется по формуле:

$$G_{\phi} = \psi_{\phi} \cdot G_{\text{пр}}, \quad (1.81)$$

где  $G_{\phi}$  - масса израсходованного флюса, кг;

$\psi_{\phi}$  - коэффициент, выражающий отношение массы израсходованного флюса к массе сварочной проволоки и зависящий от типа сварного соединения и способа сварки (таблица 4.16);

$G_{\text{пр}}$  - масса расходуемой проволоки, кг.

Таблица 4.16

**Коэффициент расхода  $\psi_{\phi}$  при сварке под флюсом**

| Способ сварки      | Швы стыковых и угловых соединений |                  | Швы тавровых соединений без скоса и со скосом кромок |
|--------------------|-----------------------------------|------------------|--|
|                    | без скоса кромок                  | со скосом кромок |  |
| Автоматическая     | 1,3                               | 1,2              | 1,1  |
| Полуавтоматическая | 1,4                               | 1,3              | 1,2  |

Массу расходуемого флюса  $m_{\text{пр}}$ , кг, можно определить и от веса наплавленного металла. При автоматической сварке расход флюса на изделие  $G_{\phi}$ , кг, определяется по формуле:

$$G_{\phi} = (0,1 \dots 1,2) \cdot M_{\Sigma \text{НМ}}, \quad (1.82)$$

где  $G_{\phi}$  - расход флюса на изделие, кг;

$M_{\Sigma \text{НМ}}$  - масса наплавленного металла, кг.

При полуавтоматической сварке расход флюса на изделие  $G_{\phi}$ , кг, определяется по формуле:

$$G_{\phi} = \psi_{\phi} \cdot G_{\text{пр}}, \quad (1.83)$$

где  $G_{\phi}$  - расход флюса на изделие, кг;

$M_{\Sigma \text{НМ}}$  - масса наплавленного металла, кг.

Расход углекислого газа определяется по формуле:

$$G_{\text{CO}_2} = 1,5 \cdot G_{\text{пр}}, \quad (1.84)$$

где  $G_{\text{CO}_2}$  - расход углекислого газа, кг;

$G_{\text{пр}}$  - масса расходуемой проволоки, кг.

Если известна масса наплавленного металла  $M_{\text{НМ}}$  одного метра шва, то расход электроэнергии  $W$ , кВт·ч, можно вычислить из удельного расхода электроэнергии по формуле:

$$W = \alpha_3 \cdot M_{\text{НМ}}, \quad (1.85)$$

где  $W$  - расход электроэнергии, кВт·ч;

$M_{\text{НМ}}$  - масса наплавленного металла одного метра шва, кг;

$\alpha_3$  - удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг.

Для укрупнённых расчётов величину  $\alpha_3$  можно принимать равной:

- при сварке на переменном токе, кВт·ч/кг 3...4
- при многопостовой сварке на постоянном токе, кВт·ч/кг 6...8
- при автоматической сварке на постоянном токе, кВт·ч/кг 5...8
- под слоем флюса, кВт·ч/кг 3...4

Все расчетные данные свести в таблицу 4.17.

Таблица 4.17

**Сводная таблица расхода материалов**

| Наименование сборочной единицы | Программа | Расход материала на узел, кг |           |      |     | Расход электроэнергии на узел, кВт.ч | Расход материалов на программу, кг |           |      |     | Расход электроэнергии на программу, кВт.ч |
|--------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------|-----|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|------|-----|---|
|                                |           | электроды                    | проволока | флюс | газ |                                      | электроды                          | проволока | флюс | газ |   |
|                                |           |                              |           |      |     |                                      |                                    |           |      |     |   |

### 16.3. Расчёт количества оборудования и его загрузки

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса. Определяем действительный фонд времени работы оборудования  $\Phi_d$ , ч, по формуле:

$$\Phi_d = (D_p \cdot t_n - D_{пр} \cdot t_c) \cdot K_{пр} \cdot K_c, \quad (1.86)$$

где  $\Phi_d$  - действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$D_p = 253$  - число рабочих дней;

$D_{пр} = 9$  - число предпраздничных дней;

$t_n$  - продолжительность смены, час;

$t_c = 1$  - число часов, на которое сокращен рабочий день перед праздниками ( $t_c = 1$  час);

$K_{пр} = 0,95$  - коэффициент, учитывающий простои оборудования в ремонте;

$K_c$  - число смен.

Определяем общую трудоёмкость, программы  $T_o$ , н-ч, сварных конструкций по операциям техпроцесса:

$$T_o = \frac{T_{шт.} \cdot B}{60}, \quad (1.87)$$

где  $T_o$  - общая трудоёмкость, программы, н-ч;

$T_{шт.}$  - норма штучного времени сварной конструкции по операциям техпроцесса, мин;

$B$  - годовая программа, шт.

Результаты расчётов сводим в таблицу 4.18.

Таблица 4.18

#### Ведомость трудоёмкости изготовления сварных конструкций

| Наименование сварных конструкций | Наименование операций | Норма штучного времени, $T_{шт.}$ , мин | Программа, В, шт | Трудоёмкость, Т, н-ч |
|----------------------------------|-----------------------|---|------------------|----------------------|
| Основная сварная конструкция     | Сборочная             | $T_{шт.сб.} =$                          |                  |                      |
|                                  | Сварочная             | $T_{шт.св.} =$                          |                  |                      |
|                                  | Слесарная             | $T_{шт.сл.} =$                          |                  |                      |

Рассчитываем количество оборудования  $C_p$  по операциям техпроцесса:

$$C_p = \frac{T}{\Phi_d \cdot K_n}, \quad (1.88)$$

где  $C_p$  - количество оборудования по операциям техпроцесса, шт;

$T$  - трудоёмкость программы по операциям, н-ч;

$\Phi_d$  - действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$K_n$  - коэффициент выполнения норм ( $K_n = 1,1 \dots 1,2$ ).

$$T = \sum T_{шт.} \cdot B, \quad (1.89)$$

где  $T_{шт.}$  - норма штучного времени сварной конструкции по операциям техпроцесса, мин;

$B$  - годовая программа, шт.

Принятое количество оборудования,  $C_n$ , определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допустимая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5-6%.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования.

По каждой операции:

$$K_o = \frac{C_p}{C_n}, \quad (1.90)$$

где  $K_o$  - коэффициент загрузки оборудования;

$C_p$  - количество оборудования по операциям техпроцесса, шт;

$C_n$  - принятое количество оборудования, шт.

Средний по расчёту:

$$K_{o.ср.} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n}, \quad (1.91)$$

где  $K_{o.ср.}$  - средний коэффициент загрузки оборудования;

$\sum C_p$  - суммарное количество оборудования по операциям техпроцесса, шт;

$\sum C_n$  - суммарное принятое количество оборудования, шт.

Необходимо стремиться к тому, чтобы средний коэффициент загрузки оборудования был возможно ближе к единице. В серийном производстве величина его должна быть не менее 0,75...0,85, а в массово-поточном и крупносерийном - 0,85...0,76, в единичном производстве - 0,8... 0,9 при двухсменной работе цехов.

#### 16.4. Расчёт количества работающих

Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих  $P_{op}$ , определяется для каждой операции по формуле:

$$P_{op} = \frac{T_{год}}{\Phi_{др} \cdot K_v}, \quad (1.92)$$

где  $P_{op}$  - численность основных рабочих, ч;

$T_{год}$  - годовая трудоёмкость программы по операциям, н-ч;

$\Phi_{др}$  - действительный годовой фонд рабочего времени одного рабочего, ч;

$K_v$  - коэффициент выполнения норм выработки (1,1... 1,3).

$$T_{год} = T_{шт.} \cdot B, \quad (1.93)$$

где  $T_{год}$  - годовая трудоёмкость программы по операциям, н-ч;

$T_{шт.}$  - норма штучного времени сварной конструкции по операциям техпроцесса, мин;

$B$  - годовая программа, шт.

$$\Phi_{др} = \Phi_d / K_c, \quad (1.94)$$

где  $\Phi_{др}$  - действительный годовой фонд рабочего времени одного рабочего, ч;

$\Phi_d$  - действительный фонд времени работы оборудования;

$K_c$  - число смен.

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования.

При поточной организации производства число основных рабочих определяется по числу единиц оборудования с учетом его загрузки, возможного совмещения профессий и планируемых невыходов по уважительным причинам. Исходя из этого, определяем суммарное количество основных рабочих  $P_{o.p.}$

Определяем численность вспомогательных рабочих  $P_{вр}$ , по формуле:

$$P_{вр} = P_{op} \cdot 0,15, \quad (1.95)$$

где  $P_{вр}$  - численность вспомогательных рабочих, чел;

$P_{o.p.}$  - суммарное количество основных рабочих, чел.

Определяем численность служащих  $P_{сл}$ , по формуле:

$$P_{сл} = (0,1...0,15) \cdot (P_{op} + P_{вр}), \quad (1.96)$$

где  $P_{сл}$  - численность служащих, чел;

$P_{вр}$  - численность вспомогательных рабочих, чел;

$P_{o.p.}$  - суммарное количество основных рабочих, чел.

В том числе численность руководителей (мастеров)  $P_{рук}$ , по формуле:

$$P_{рук} = 0,3 \cdot P_{сл}, \quad (1.97)$$

где  $P_{рук}$  - численность руководителей (мастеров), чел;

$P_{сл}$  - численность служащих, чел.

Определяем численность специалистов (технологов)  $P_{спец}$ , по формуле:

$$P_{спец} = 0,5 \cdot P_{сл}, \quad (1.98)$$

где  $P_{спец}$  - численность специалистов (технологов), чел;

$P_{сл}$  - численность служащих, чел.

Определяем численность технических исполнителей (табельщиков)  $P_{тех.исп.}$ , по формуле:

$$P_{тех.исп.} = 0,2 \cdot P_{сл}, \quad (1.99)$$

где  $P_{тех.исп.}$  - численность технических исполнителей (табельщиков), чел;

$P_{сл}$  - численность служащих, чел.

Результаты расчётов занести в таблицу 4.19.

Таблица 4.19

### Численность работающих

| Категории работающих  | Количество | Разряд |
|---|------------|--------|
| Основные:<br>сборщик<br>сварщик<br>сборщик-сварщик<br>- слесарь |            |        |
| Итого   |            |        |
| Вспомогательные рабочие:<br>наладчик<br>слесарь-ремонтник       |            |        |
| Итого   |            |        |
| Служащие:<br>мастер<br>технолог<br>табельщик<br>контролер       |            |        |
| Итого   |            |        |

### 16.5. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

Затраты на силовую электроэнергию  $W_{сил}$ , кВт ч., определяем по формуле:

$$W_{сил} = \frac{\sum N \cdot \Phi_D \cdot K_{оср} \cdot K_o}{КПД_c \cdot КПД_y}, \quad (1.100)$$

где  $W_{сил}$  - затраты на силовую электроэнергию, кВт ч.;

$\sum N$  - суммарная мощность электродвигателей, кВт;

$\Phi_D$  - действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$K_{оср}$  - средний коэффициент загрузки оборудования;

$K_o$  - коэффициент одновременной работы электродвигателей (0,6... 0,8);

$КПД_c$  - коэффициент полезного действия сети (0,95... 0,97);

$КПД_y$  - коэффициент полезного действия электродвигателей (0,8... 0,9).

Расход сжатого воздуха на единицу изделия определяется по операциям техпроцесса, при выполнении которых применяется сжатый воздух,  $P_{сж}$ , м<sup>3</sup>:

$$P_{сж} = P_{ч} \cdot C_{об} \cdot \Pi_{ц} \cdot T_{шт. о.} / 60, \quad (1.101)$$

где  $P_{сж}$  - расход сжатого воздуха на единицу изделия, при выполнении которых применяется сжатый воздух,  $м^3$ ;

$P_ч$  - часовой расход сжатого воздуха,  $м^3$ ;

$C_{об}$  - число единиц оборудования или приспособлений, потребляющих сжатый воздух, шт;

$P_{ц}$  - количество пневмоцилиндров, установленных на оборудовании или приспособлениях, шт.,

$T_{шт.о.}$  - время операции в течение которой работают пневмоцилиндры, мин.

Для пневмоинструмента  $P_ч = 2,5...4,5 м^3$ .

Для пневмоподъёмников  $P_ч = 0.1...0,4 м^3$ .

Для пневмоцилиндров  $P_ч = 0.3...0,8 м^3$ .

### **17. Разработка технологического плана.**

Данный раздел включает в себе такие пункты, как грузопоток, внутрицеховой транспорт. Этот пункт рассматривается во всех темах по проектированию, кроме «Технология изготовления сложных сварных конструкций».

### **18. Охрана труда и окружающей среды.**

Данный пункт дипломного проекта выполняется на 2-3 страницах и подразумевает следующие пункты [45.46]:

- производственные опасности при сварке;
- мероприятия по борьбе с загрязнением воздуха;
- меры предохранения от поражения электрическим током;
- меры предохранения от излучения дуги и ожога;
- меры безопасности при эксплуатации баллонов с защитным газом;
- противопожарные мероприятия при сварке;
- мероприятия по борьбе с загрязнением окружающей среды;
- расчёт вентиляции на рабочих местах сборочно-сварочного участка;
- расчёт освещения сборочно-сварочного участка.

#### **18.1. Расчет вентиляции на рабочих местах сборочно-сварочного участка.**

Местные отсосы могут быть совмещены с технологическим оборудованием и не связаны с оборудованием. Они могут быть стационарными и нестационарными, подвижными и неподвижными.

При ручной, автоматической и полуавтоматической сварке в среде защитных газов небольших деталей на стационарных рабочих местах рекомендуется принять следующее устройство:

- панели равномерного всасывания;
- столы с подвижным укрытием и со встроенным местным отсосом;
- столы для сварщика с встроенным (верхним и нижним) отсосом и др.

Стол на стационарных постах и кабине оборудуются панелями равномерного всасывания следующих размеров: Гп 600х645, Гп 750х645, Гп 900х645 мм.

Часовой объем вытяжки загрязненного воздуха  $L_в$ ,  $м^3/ч$  определяется по формуле:

$$L_в = V \times A \times 3600 \quad , \quad (1.102)$$

где  $L_в$  - часовой объем вытяжки загрязненного воздуха,  $м^3/ч$ ;

$V$  - скорость движения воздуха в воздуховоде. ( $V = 3...4 м^3/ч$ );

$A$  - площадь сечения воздуховода,  $м^2$ .

$$A = 0,25A_n \quad , \quad (1.103)$$

где  $A_n$  - площадь панели,  $м^2$ .

Подсчитав величину  $L_в$ , подбираем вентилятор и тип электродвигателя для местного отсоса. Типы местных отсосов для сварки под флюсом: щелевой, перфорированный, приближенный, флюсоотсос и др.

Количество воздуха  $L$ ,  $м^3/ч$  удаляемого местным отсосом определяется по формуле:

$$L = K\sqrt[3]{I}, \quad (1.104)$$

где L - количество воздуха, удаляемого местным отсосом, м<sup>3</sup>/ч;

I – сила сварочного тока, А;

K – коэффициент:

– для щелевого отсоса K=12;

– для двойного отсоса K=16.

Подсчитав величину L, подбираем № вентилятора и тип электродвигателя для местного отсоса.

Рекомендуются вентиляторы высокого давления:

– № 5 - при количестве отсосов до 8;

– № 8 - при количестве отсосов от 8 до 40.

Пример расчета.

Подобрать вентилятор и электродвигатель для местной вытяжной вентиляции сварочного поста при сварке мелких изделий.

Для механизированной сварки в СО<sub>2</sub> панель местного отсоса равномерного всасывания принимается 600х645 мм (A<sub>п</sub>).

Определяем часовой объем вытяжки загрязненного воздуха L<sub>в</sub>, м<sup>3</sup>/ч по формуле

$$L_v = V \times A \times 3600,$$

где L<sub>в</sub> - часовой объем вытяжки загрязненного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

V – скорость движения воздуха в воздуховоде, м<sup>3</sup>/ч, (V = 3...4 м<sup>3</sup>/ч);

A – площадь сечения воздуховода, м<sup>2</sup>, (A = 0,25A<sub>п</sub>).

$$A = 0,25A_p = 0,25 \times 0,6 \times 0,645 = 0,0967 \text{ м}^2,$$

$$L_v = 3 \times 0,0967 \times 3600 = 1044 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Выбираем по таблице вентилятор № 2 с воздухообменом 1200 м<sup>3</sup>/час, электродвигатель 4A100S2Y3

**Таблица 4.20**

**Данные для выбора центробежных вентиляторов серии ЭВР**

| п, мин <sup>-1</sup> | Воздухопоток, м <sup>3</sup> /час | Тип электродвигателя |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 1                    | 2                                 | 3                    |
| 1425                 | 200                               | 4A100S4Y3            |
|                      | 300                               |                      |
|                      | 400                               |                      |
|                      | 500                               |                      |
|                      | 600                               |                      |
|                      | 700                               |                      |
|                      | 800                               |                      |
| 2880                 | 9000                              | 4A100S2Y3            |
|                      | 200                               |                      |
|                      | 400                               |                      |
|                      | 600                               |                      |
|                      | 800                               |                      |
|                      | 1000                              |                      |
|                      | 1200                              |                      |
|                      | 1400                              |                      |
| 950                  | 1600                              | 4A10L6Y3             |
|                      | 2000                              |                      |
|                      | 2500                              |                      |
|                      | 800                               |                      |
|                      | 1200                              |                      |

## 18.2. Освещение сборочно-сварочного участка

В сборочно-сварочных цехах целесообразно создание системы общего освещения, локализованного или равномерного общего с использованием переносных светильников местного освещения. Уровни освещенности для сварочных работ установлены в соответствии с нормативными документами для люминесцентных ламп  $E_{cp}=150$ лк., для ламп накаливания  $E_{cp}= 50$  лк.

Число ламп  $L$ , необходимых для освещения, подсчитывают по формуле

$$L = \frac{E_{cp} \times A}{F_o \times \eta}, \quad (1.105)$$

где  $L$  - число ламп, шт;

$E_{cp}$  – средняя освещенность, лк;

$A$  – площадь помещения,  $m^2$ ;

$F_o$  – световой поток одной лампы, лм, принимается по таблице 2.3;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент  $\eta$  выбираем по таблице 4.21 в зависимости от показателя помещения  $i$

$$i = \frac{a \times b}{H_p \times (a + b)}, \quad (1.106)$$

где  $i$  - показатель помещения;

$a$  и  $b$  – ширина и длина помещения, м;

$H_p$  – высота светильников над рабочей поверхностью, м, ( $H_p \approx 5 \dots 6$  м).

Таблица 4.21

**Значения коэффициента использования светового потока в зависимости от показателя помещения.**

|                           |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Показатели помещения, $i$ | 0,5 | 0,6  | 0,8  | 1    | 1,5  | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Коэффициент, $\eta$       | 0,2 | 0,25 | 0,32 | 0,37 | 0,42 | 0,48 | 0,51 | 0,53 | 0,54 |

Таблица 4.22

**Световые и электротехнические параметры ламп (напряжение 220В)**

| Лампы накаливания |                         | Люминесцентные лампы |                         |
|-------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| Тип               | Световой поток $F$ , лм | Тип                  | Световой поток $F$ , лм |
| НБ-15             | 150                     | ЛДу20                | 820                     |
| НБ-25             | 220                     | ЛД 20                | 920                     |
| НБ-40             | 400                     | ЛБ 20                | 1180                    |
| НБК-40            | 460                     | ЛДЦ 30               | 1450                    |
| ПБ-60             | 715                     | ЛД 30                | 1640                    |
| НБК-100           | 1450                    | ЛБ 30                | 2100                    |
| НГ-150            | 2000                    | ЛБЦ 40               | 2100                    |
| НГ-200            | 2800                    | ЛД 40                | 2340                    |
| НГ-300            | 4600                    | ЛБ 40                | 3000                    |
| НГ-500            | 8300                    | ЛДЦ 80               | 3560                    |
| НГ-750            | 13100                   | ЛД 80                | 4070                    |
| НГ-1000           | 18600                   | ЛБ 80                | 5220                    |

**Примечание** - При пользовании таблицей выберите сначала тип ламп.

### 18.3. Расчет защитного заземления

Расчёт защитного заземления может выполняться по допустимому сопротивлению заземляющего устройства  $R_3$  или по допустимым напряжениям прикосновения и шага  $U_{пр}$  и  $U_{ш}$ .

Допустимые значения сопротивления заземляющих устройств согласно “Правил устройства электроустановок” следующие:

Для установок до 1000 В

$R_3 = 4 \text{ Ом}$  - если суммарная мощность источников тока, питающих сеть более 100 кВт.

$R_3 = 10 \text{ Ом}$  - во всех остальных случаях.

Для установок выше 1000 В

$R_3 = \frac{250}{I_3} \leq 10 \text{ Ом}$  - в сетях с номинальным напряжением 6, 35 кВ с изолированной нейтралью

при малых токах заземления (менее 500 А) при условии использования заземляющих устройств только для электроустановок напряжением выше 1000 В.

$R_3 = \frac{125}{I_3} \leq 10 \text{ Ом}$  - тоже в сетях с номинальным напряжением 6, 35 кВ с

изолированной нейтралью и малыми токами заземления, но с использованием заземляющих устройств одновременно и для электроустановок напряжением до 1000 В.

$R_3 = 0,5 \text{ Ом}$  - в сетях напряжением 110 кВ и выше с эффективно заземлённой нейтралью при больших токах замыкания (более 500 А).

Ток замыкания на землю  $I_3$  в установках напряжением более 1000 В без компенсации ёмкостных токов определяется из выражения

$$I_3 = \frac{U}{350} (35l_{к.л.} + l_{в.л.}), \text{ А} \quad (1.107)$$

где  $U$  – линейное напряжение сети, кВ.

$l_{к.л.}$  - длина кабельных линий, км.

$l_{в.л.}$  - длина воздушных линий, км.

В установках напряжением более 1000 В без компенсации ёмкостных составляющих ток замыкания на землю принимается равным  $I_3 = 1,25 \cdot I_{НОМ}$ , А

$I_{НОМ}$  - номинальный ток потребителей сети.

Порядок расчёта одиночных искусственных заземлений.

Определить допустимое сопротивление заземляющего устройства -  $R_3$  (см. выше).

Принять тип заземлителя, который может быть выполнен из стальных стержней диаметром  $d = 12 \div 20 \text{ мм}$  и длиной  $l = 5 \div 10 \text{ м}$ , из стальных труб  $d = 25 \div 50 \text{ мм}$  и  $l = 2,5 \div 5 \text{ м}$ , из стальной полосы шириной  $b = 20 \div 40 \text{ мм}$  и длиной 15, 25, 50 м. Расстояние между одиночными вертикальными заземлителями принимается  $a = 1 \div 5 \text{ м}$ , глубина заложения заземлителей принимается  $H_0 = 0,5 \div 0,8 \text{ м}$ .

Определить величину удельного сопротивления грунта  $\rho_{гр}$  по табл. 8.1.

Определить общее сопротивление одиночных заземлителей:

- для вертикальных заглублённых в грунте по формуле:

$$R_{об} = \frac{\rho_{гр}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right), \text{ Ом} \quad (1.108)$$

где  $l$ ,  $d$  и  $H$  – длина, диаметр и глубина заложения середины электрода от поверхности грунта, м, определяемая по формуле  $H = H_0 + \frac{1}{2}l$ , м.

- для горизонтальных полос, заглублённых в грунте, по формуле

$$R_{OB} = \frac{\rho_{ГР}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{b \cdot H_0}, \text{ Ом} \quad (1.109)$$

где  $l$ ,  $b$  и  $H_0$  - длина, ширина и глубина заложения полосы в грунте, м, показанные на рисунке 4.4.

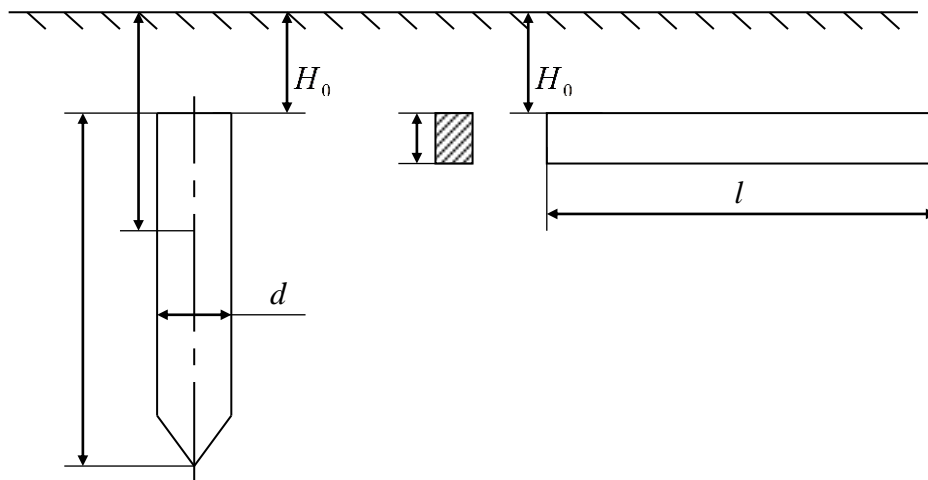


Рис. 4.4 Схема расположения электродов защитного заземления в грунте

Если общее сопротивление  $R_{OB}$  меньше или равно допустимому сопротивлению  $R$ , то принимаем один заземлитель.

Если общее сопротивление  $R_{OB}$  больше допустимого сопротивления  $R$ , то необходимо принять несколько заземлителей.

5. Определить количество заземлителей по формуле:

- для вертикальных заземлителей, заглубленных в грунте

$$n = \frac{R_{OB}}{R \cdot \eta_B}, \text{ шт} \quad (1.110)$$

где  $\eta_B$  - коэффициент использования вертикальных заземлителей, определяемый из таблицы 4.24

- для горизонтальных полосовых заземлителей, заглубленных в грунте

$$n = \frac{R_{OB}}{R \cdot \eta_{Г}}, \text{ шт} \quad (1.111)$$

где  $\eta_{Г}$  - коэффициент использования уложенных полос, определяемый из таблицы 4.25.

6. Определить сопротивление соединительной полосы заземлителей в грунте по формуле

$$R_{ПОЛ} = \frac{\rho_{ср}}{2\pi l_{ПОЛ}} \ln \frac{2l_{ПОЛ}^2}{b \cdot H_0}, \text{ Ом} \quad (1.112)$$

Здесь  $l_{ПОЛ}$ ,  $b$  и  $H_0$  - см. формулу (1.108) и рис. 4.4.

$l_{ПОЛ} = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1)$  - при расположении заземлителей в ряд

$a$  - расстояние между заземлителями, принимаемое по табл. 4.23 и 4.24

$n$  - количество заземлителей, принимаемое из расчёта.

7. Определить общее сопротивление заземляющего устройства (заземлителей и соединительных полос) по формуле

$$R_{общ} = \frac{R_{OB} \cdot R_{ПОЛ}}{R_{OB} \cdot \eta_{ПОЛ} + R_{ПОЛ} \cdot \eta_{B,Г} \cdot n}, \text{ Ом} \quad (1.113)$$

где  $\eta_{ПОЛ}$  - коэффициент использования соединительной полосы, определяется по табл. 4.26.

$\eta_{B,Г}$  - коэффициент использования заземлителей. При вертикальных заземлителях принимается из таблицы 4.24, при горизонтальных полосовых заземлителях – из таблицы 4.26. Если полученное значение полного сопротивления защитного заземления значительно меньше (в два и более раз) допустимого сопротивления  $R_{Д} \ll R$  необходимо уменьшить количество заземлителей, или изменить их размеры, или выбрать грунт с большим удельным сопротивлением.

**Таблица 4.23.**

**Приближённые значения удельных электрических сопротивлений различных грунтов и воды.**

| Грунт, вода      | Возможные пределы колебаний, Ом.м |
|------------------|-----------------------------------|
| Глина            | 8 – 70                            |
| Суглинок         | 40 - 150                          |
| Песок            | 400 – 700                         |
| Супесок          | 150 – 400                         |
| Торф             | 10 – 20                           |
| Чернозём         | 9 – 63                            |
| Садовая земля    | 30 – 60                           |
| Каменистый       | 500 – 800                         |
| Скалистый        | $10^4 - 10^7$                     |
| Вода:<br>морская | 0,2 – 1                           |
| речная           | 10 - 100                          |

**Таблица 4.24.**

**Коэффициенты использования  $\eta_B$  заземлителей из труб или уголков без учёта влияния полосы связи.**

| Отношение расстояния между трубами (уголками к их длине) | При размещении в ряд |           | При размещении по контуру |           |
|--|----------------------|-----------|---------------------------|-----------|
|  | Число труб (уголков) | $\eta_B$  | Число труб (уголков)      | $\eta_B$  |
| 1  | 2                    | 0,84-0,87 | 4                         | 0,66-0,72 |
|  | 3                    | 0,76-0,8  | 6                         | 0,58-0,65 |
|  | 5                    | 0,67-0,72 | 10                        | 0,52-0,58 |
|  | 10                   | 0,56-0,62 | 20                        | 0,44-0,5  |
|  | 15                   | 0,51-0,56 | 40                        | 0,38-0,44 |
|  | 20                   | 0,47-0,5  | 60                        | 0,36-0,42 |
| 2  | 2                    | 0,9-0,52  | 4                         | 0,76-0,8  |
|  | 3                    | 0,85-0,88 | 6                         | 0,71-0,75 |
|  | 5                    | 0,79-0,83 | 10                        | 0,66-0,71 |
|  | 10                   | 0,72-0,77 | 20                        | 0,61-0,66 |
|  | 15                   | 0,66-0,73 | 40                        | 0,55-0,61 |
|  | 20                   | 0,65-0,7  | 60                        | 0,52-0,58 |
|  | 2                    | 0,93-0,95 | 4                         | 0,84-0,86 |
|  | 3                    | 0,9-0,92  | 6                         | 0,78-0,82 |
|  | 5                    | 0,85-0,88 | 10                        | 0,74-0,73 |

|   |    |           |    |           |
|---|----|-----------|----|-----------|
| 3 | 10 | 0,79-0,83 | 20 | 0,68-0,73 |
|   | 15 | 0,76-0,8  | 40 | 0,64-0,69 |
|   | 20 | 0,74-0,79 | 60 | 0,62-0,67 |

Таблица 4.25

**Коэффициенты использования  $\eta_r$  параллельно уложенных полос.**

| Длина каждой полосы, м | Число параллельных полос | Расстояние между параллельными полосами, м |      |      |      |      |
|------------------------|--------------------------|--|------|------|------|------|
|                        |                          | 1  | 2,5  | 5    | 10   | 15   |
| 15                     | 2                        | 0,56                                       | 0,65 | 0,75 | 0,80 | 0,85 |
|                        | 15                       | 0,37                                       | 0,49 | 0,60 | 0,73 | 0,79 |
|                        | 10                       | 0,25                                       | 0,37 | 0,49 | 0,64 | 0,72 |
| 25                     | 2                        | 0,50                                       | 0,60 | 0,70 | 0,75 | 0,80 |
|                        | 15                       | 0,35                                       | 0,45 | 0,50 | 0,66 | 0,73 |
|                        | 10                       | 0,23                                       | 0,31 | 0,43 | 0,57 | 0,66 |
| 0,7550                 | 2                        | 0,45                                       | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
|                        | 15                       | 0,33                                       | 0,40 | 0,48 | 0,58 | 0,65 |
|                        | 10                       | 0,20                                       | 0,27 | 0,35 | 0,46 | 0,53 |

Таблица 4.26.

**Коэффициент использования  $\eta_{пол}$  соединительной полосы заземлителей из труб или уголков.**

| Отношение расстояния между заземлителями к их длине | Число труб или уголков |      |      |      |      |      |
|---|------------------------|------|------|------|------|------|
|   | 4                      | 8    | 10   | 20   | 30   | 50   |
| При расположении полосы в ряду труб или уголков     |                        |      |      |      |      |      |
| 1   | 0,77                   | 0,67 | 0,62 | 0,42 | 0,31 | 0,21 |
| 2   | 0,89                   | 0,79 | 0,75 | 0,56 | 0,46 | 0,36 |
| 3   | 0,92                   | 0,85 | 0,82 | 0,68 | 0,58 | 0,49 |
| При расположении полосы по контуру труб или уголков |                        |      |      |      |      |      |
| 1   | 0,45                   | 0,36 | 0,34 | 0,27 | 0,24 | 0,21 |
| 2   | 0,55                   | 0,43 | 0,40 | 0,32 | 0,30 | 0,28 |
| 3   | 0,7                    | 0,80 | 0,56 | 0,45 | 0,41 | 0,37 |

**19. Техничко-экономические данные и анализ эффективности проекта**

**19.1. Расчет материальных затрат**

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты (МЗ, руб.) рассчитываются по формуле:

$$МЗ = С_{о.м} + С_{в.м} + С_{эн} \quad (1.114)$$

где МЗ - материальные затраты, руб.;

Со.м – стоимость основных материалов, руб.;

Св.м – стоимость вспомогательных материалов, руб.;

Сэн – стоимость энергоресурсов, руб.

К основным относятся материалы, из которых изготавливаются конструкции, а при процессах сварки также и сварочные материалы: электроды, проволока, присадочный материал. Стоимость основных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов (Со.м, руб.) рассчитывается по формуле

$$Со.м = (Цм \times m_з + Цс.пр \times Нс.пр) \times Kтр, \quad (1.115)$$

где Со.м- стоимость основных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб.;

Цм, Цс.пр – цена соответственно металла и сварочной проволоки, руб.;

m<sub>з</sub> – масса заготовки, кг;

Нс.пр – норма расхода сварочной проволоки на 1 деталь, кг.;

Kтр – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

К числу вспомогательных сварочных материалов относятся флюс, кислород, защитные и горючие газы. Стоимость вспомогательных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов (Св.м, руб.) рассчитывается по формуле

$$Св.м = \sum_{i=1}^m Цв.м * Нв.м * Kтр, \quad (1.116)$$

где Св.м - стоимость вспомогательных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб.;

Цв.м - цена вспомогательных материалов за единицу, руб.;

Нв.м - норма расхода вспомогательных материалов (углекислый газ), кг.

m - количество технологических операций.

Статья «Топливо и энергия на технологические цели» (Сэн, руб.) включает затраты на все виды топлива и энергии, которые расходуются в процессе производства данной продукции (силовая энергия, сжатый воздух) и рассчитывается по формуле

$$C_{эн} = C_{эл} + C_{сж.в.}, \quad (1.117)$$

где Сэн – затраты на все виды топлива и энергии, которые расходуются в процессе производства данной продукции, руб.;

Сэл – стоимость электроэнергии на двигательную силу, руб.;

Ссж.в – стоимость сжатого воздуха, руб.

Затраты электроэнергии на двигательную силу (Сэл, руб.) рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = Ц_{эл} \times H_{эл}, \quad (1.118)$$

где Сэл – стоимость электроэнергии на двигательную силу, руб.;

Цэл – тариф за 1 кВт-ч электроэнергии, руб.;

Нэл – норма расхода электроэнергии на изготовление основной детали, кВт

Затраты на сжатый воздух (Ссж.в, руб.) рассчитываются по формуле

$$C_{сж.в} = \frac{Ц_{сж.в} \times P_{сж.в}}{B \times 3}, \quad (1.119)$$

где Ссж.в- затраты на сжатый воздух, руб.;

Цсж.в – цена 1м<sup>3</sup> сжатого воздуха, руб.;

Pсж.в – потребность в сжатом воздухе для выполнения годовой программы, м<sup>3</sup>.

B – годовая программа, шт.;

3 – количество изготавливаемых деталей (1 – основная, 2 – догружаемых), шт.

Подставив значения формул (3.2), (3.3) и (3.4) в формулу (3.1) найдем стоимость материальных затрат.

## 19.2. Расчёт заработной платы производственных рабочих, отчислений и налога от нее

Этот подраздел предусматривает расчёт основной и дополнительной зарплаты производственных рабочих, отчислений и налога от нее, которые включаются в себестоимость.

Заработная плата производственных рабочих (ЗП, руб.) состоит из 2-х частей:

- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата.

Она рассчитывается по формуле:

$$ЗП = ЗПо + ЗПд, \quad (1.120)$$

где ЗП - заработная плата производственных рабочих, руб.;

ЗПо – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

ЗПд – дополнительная заработная плата производственных рабочих, руб.

Статья «Основная заработная плата производственных рабочих» включает оплату основных рабочих по сдельным расценкам на основании трудоемкости работ, доплаты за вредные условия труда и премий за производственные результаты работы.

Основная заработная плата производственных рабочих рассчитывается по формуле

$$ЗПо = \sum_1^m Pcd \times Kпр + Двр, \quad (1.121)$$

где ЗПо - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\sum_1^m Pcd$  – суммарная сдельная расценка на изготовление детали, руб.;

Kпр – коэффициент премирования;

Kпр = 1,2;

Двр – доплата за работу во вредных условиях труда, руб.

Сдельная расценка (Pcd, руб.) на изготовление детали по всем операциям рассчитывается по формуле

$$\sum Pcd = \sum_1^m Tct_i * Tшт / 60, \quad (1.122)$$

где Pcd - сдельная расценка на изготовление детали по всем операциям, руб.;

Tct<sub>i</sub> – часовая тарифная ставка основного рабочего соответствующего разряда, руб.;

Tшт – норма штучного времени по операциям техпроцесса, мин.;

Результаты расчётов заносим в таблицу 4.27.

**Таблица 4.27**

**Сводная ведомость расценок по операциям техпроцесса**

| Наименование операций | Разряд работы | Часовая тарифная ставка T <sub>ст</sub> , руб. | Норма времени T <sub>шт</sub> , мин | Сдельная расценка P <sub>сд</sub> , руб. |
|-----------------------|---------------|--|-------------------------------------|--|
| 1                     |               |  |                                     |  |
| 2                     |               |  |                                     |  |
| 3                     |               |  |                                     |  |
| ... и т.д.            |               |  |                                     |  |
| Итого                 | -             | -  | Σ                                   | Σ  |

Рабочим сварщикам за работу во вредных условиях труда производится доплата за вредность (Двр, руб.) которая рассчитывается по формуле

$$Двр = \frac{(0,1...0,31) \times Tct_1 \times Tвр}{100 \times 60}, \quad (1.123)$$

где Двр – доплата за вредность сварщикам, руб.;

Tct<sub>1</sub> – месячная тарифная ставка 1 разряда, руб.;

Tвр – время работы во вредных условиях, мин.

Статья «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» (ЗПд, руб.) отражает выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное на производстве время (оплата отпускных, компенсаций, выполнение гособязанностей, оплата льготных часов подросткам, кормящим матерям). Размер выплат предусмотрен обычно в пределах до 15% от основной заработной платы и рассчитывается по формуле

$$ЗПд = ЗПо \times Кд, \quad (1.124)$$

где ЗПд - выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное на производстве время, руб.;

ЗПо - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

Кд – коэффициент дополнительной заработной платы.

Подставив значения формул (1.121) и (1.124) в формулу (1.120), найдем заработную плату производственных рабочих.

Отчисления на государственное социальное страхование (Ос.с, руб.) в Фонд социальной защиты населения рассчитываются по формуле

$$Ос.с = \frac{hc.c \times ЗП}{100}, \quad (1.125)$$

где Ос.с - отчисления на государственное социальное страхование, руб.;

ЗП - заработная плата производственных рабочих, руб.;

hc.c – норматив отчислений на социальное страхование, действующий на момент выполнения ДП, %.

Отчисления в государственный фонд содействия занятости (Оф.з, руб.) рассчитываются по формуле

$$Оф.з = \frac{hof.z \times ЗП}{100}, \quad (1.126)$$

где Оф.з - отчисления в государственный фонд содействия занятости, руб.;

ЗП - заработная плата производственных рабочих, руб.;

hof.z – норматив отчислений в государственный фонд содействия занятости, действующий на момент выполнения ДП, %.

Чрезвычайный налог (Нч, руб.) для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС рассчитывается по формуле

$$Нч = \frac{hc \times ЗП}{100}, \quad (1.127)$$

где Нч - чрезвычайный налог, руб.;

ЗП - заработная плата производственных рабочих, руб.;

hc – ставка чрезвычайного налога, действующий на момент выполнения ДП, %.

### 19.3. Расчет полной себестоимости изделия

Перед расчетом полной себестоимости изготовления изделия рассчитывается производственная себестоимость.

Производственная себестоимость (Спр, руб.) включает затраты на производство продукции и рассчитывается по формуле

$$Спр = МЗ + ЗПо + ЗПд + Ос.с + Оф.з + Нч + Рпр + Рхоз, \quad (1.128)$$

где Спр - производственная себестоимость, руб.;

Рпр – общепроизводственные расходы, руб.;

Рхоз – общехозяйственные расходы, руб.

В статью «Общепроизводственные расходы» (Рпр, руб.) включаются расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих; амортизация; расходы на ремонт основных средств; охрану труда работников; на содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др. Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле

$$P_{np} = \frac{\% P_{np} * ЗПо}{100}, \quad (1.129)$$

где  $P_{np}$  - расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих; амортизация; расходы на ремонт основных средств; охрану труда работников; на содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др., руб.;

$ЗПо$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\% P_{np}$  – процент общепроизводственных расходов, %;

$\% P_{np} = 280-500\%$ .

В статью «Общехозяйственные расходы» ( $P_{хоз}$ , руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников в Белгосстрахе от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний. Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле

$$P_{хоз} = \frac{\% P_{хоз} * ЗПо}{100}, \quad (1.130)$$

где  $P_{хоз}$ - расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников в Белгосстрахе от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний, руб.;

$ЗПо$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\% P_{хоз}$  – процент общехозяйственных расходов, %;

$\% P_{хоз} = 230-350\%$ .

Подставив значения формул (1.114), (1.121), (1.124), (1.125), (1.127), (1.129), (1.130), (1.131) в формулу (1.128), найдем производственную себестоимость.

Полная себестоимость ( $Спол$ , руб.) включает затраты на производство и реализацию продукции и рассчитывается по формуле

$$Спол = Спр + Рвн + Оин.ф, \quad (1.131)$$

где  $Спол$  - полная себестоимость, руб.;

$Спр$  – формула (1.128);

$Рвн$  – внепроизводственные расходы, руб.;

$Оин.ф$  – отчисления в инновационный фонд, руб.

В статью «Внепроизводственные расходы» ( $Рвн$ , руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле

$$Рвн = \frac{\% Рвн * Спр}{100}, \quad (1.132)$$

где  $Рвн$  - расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках, руб.;

$\% Рвн$  – процент внепроизводственных расходов;

$\% Рвн = 0,1-0,5\%$ ;

$Спр$  - производственная себестоимость, руб.

Отчисления в инновационный фонд ( $Оин.ф$ , руб.) рассчитываются по формуле

$$O_{ин.ф} = \frac{ин.ф \times (C_{пр} + P_{вн})}{100}, \quad (1.133)$$

где  $O_{ин.ф}$  - отчисления в инновационный фонд, руб.;

$ин.ф$  – ставка отчислений в инновационный фонд, действующий на момент выполнения ДП, %;

$C_{пр}$  - производственная себестоимость, руб.;

$P_{вн}$  - расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках, руб.

Подставив значения формул (1.128), (1.132), (1.133) в формулу (1.131) найдем значение полной себестоимости изготовления детали.

Результаты расчетов заносим в таблицу 4.28.

**Таблица 4.28**

**Калькуляция себестоимости по сравниваемым вариантам**

| Наименование статей калькуляции   | Сумма, руб. |        | Отклонения |   |
|---|-------------|--------|------------|---|
|   | проект.     | базов. | руб.       | % |
| 1.Стоимость основных материалов (за минусом возвратных отходов) с учетом транспортно-заготовительных расходов |             |        |            |   |
| 2.Стоимость вспомогательных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов                          |             |        |            |   |
| 3.Стоимость энергоресурсов на технологические цели  |             |        |            |   |
| Итого материальные затраты  |             |        |            |   |
| 1.Основная заработная плата производственных рабочих  |             |        |            |   |
| 2. Дополнительная заработная плата производственных рабочих   |             |        |            |   |
| 3. Отчисления в Фонд социальной защиты населения  |             |        |            |   |
| 4. Чрезвычайный налог и обязательные отчисления в государственный фонд содействия занятости                   |             |        |            |   |
| 5. Общепроизводственные расходы   |             |        |            |   |
| 6. Общехозяйственные расходы  |             |        |            |   |
| Итого производственная себестоимость  |             |        |            |   |
| 1. Внепроизводственные расходы  |             |        |            |   |
| 2. Отчисления в инновационный фонд  |             |        |            |   |
| Всего полная себестоимость  |             |        |            |   |

Отклонения рассчитываются следующим образом:

а) в абсолютном выражении, руб.

$$\Delta = \text{проектируемое значение статьи} - \text{базовое значение статьи} \quad (1.134)$$

б) в относительном выражении

$$\% \Delta = \frac{\text{проектируемое значение статьи} - \text{базовое значение статьи}}{\text{базовое значение статьи}} \times 100\% \quad (1.135)$$

**19.4. Сравнение вариантов технологического процесса изготовления детали**

Годовой экономический эффект от снижения себестоимости за счет уменьшения расхода (сырья, материалов, топлива, энергии, снижения трудоемкости на операции, сокращения брака и простоя оборудования) рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = (C_{полпр} - C_{полбаз}) \times B, \quad (1.136)$$

где  $\mathcal{E}$  – годовогой экономический эффект от снижения себестоимости за счет уменьшения расхода;

$C_{полпр} C_{полбаз}$  – полная себестоимость детали по проектируемому и базовому вариантам, руб.;

$B$  – годовая программа, шт.

По изготовлению детали можно рассчитать следующие технико-экономические показатели:

- трудоемкость изготовления детали;
- коэффициент использования основных материалов;
- материалоемкость;
- сдельная расценка;
- полная себестоимость изготовления детали;
- годовогой экономический эффект.

Материалоемкость ( $Me$ , руб/руб.) рассчитывается по формуле

$$Me = \frac{MЗ}{C_{пол}}, \quad (1.137)$$

где  $Me$  – материалоемкость, руб/руб.;

$MЗ$  - материальные затраты, руб.;

$C_{пол}$  - полная себестоимость, руб.

Основные технико-экономические показатели заносятся в таблицу 4.29.

**Таблица 4.29**

**Технико-экономические показатели**

| Наименование показателей                   | Ед.изм.  | Варианты |        | Проект к базе, % |
|--|----------|----------|--------|------------------|
|  |          | проект.  | базов. |                  |
| 1 Трудоемкость изготовления детали         | мин.     |          |        |                  |
| 3 Материалоемкость                         | руб/руб. |          |        |                  |
| 4 Сдельная расценка                        |          |          |        |                  |
| 5 Полная себестоимость изготовления детали | руб.     |          |        |                  |
| 6 Годовой экономический эффект             | тыс.руб. |          | –      | –                |

На этом цель экономической части дипломного проекта достигнута.

Вывод формулируется по результатам анализа данных таблиц 3.2 и 3.3, указывая причины отклонений калькуляционных статей изготовления изделия, годовогой экономический эффект и экономическую целесообразность данного дипломного проекта.

## 20. Заключение.

В заключении необходимо отразить конструкторские и технологические мероприятия, разработанные в дипломном проекте, особенно те, которые имеют преимущества по сравнению с базовым вариантом.

Следует особенно уделить внимание вопросам ресурсосберегающих технологий:

- замена основного металла с целью снижения металлоемкости, трудоемкости, расхода сварочных материалов и электроэнергии, увеличения прочности конструкций;
- применение специальных устройств и механизмов, обеспечивающих повышение производительности и качества изготовления сварных конструкций;
- выбор более экономичного способа сварки;
- применение форсированных режимов сварки;
- рациональное размещение оборудования с оптимальным использованием производственной площади.

## **21. Список используемых источников**

Используемые источники приводятся по ГОСТ 7.1-84.

## **22. Приложения**

К пояснительной записки могут быть приложены фотографии изделия, установок, акты о внедрении и т.д.

## **23. Состав и содержание графической части проекта**

### **23.1. Изделие (общий вид и основные сборочные единицы)**

Приводится общий вид изделия (1,2 листа) с указанием сварных швов по ГОСТ 2.312-72 и технических условий на изготовление. На чертежах должно быть представлено необходимое количество проекций, разрезов или сечений, характеризующих конструкцию изделия ж сварных соединений.

### **23.2. Схема технологического процесса изготовления изделия**

На листе указывается наименование и последовательность основных технологических операций по изготовлению изделия принятых в проекте (заготовительные, сборочные, термические, контрольные). Операции иллюстрируются схемами или рисунками, наиболее полно отражающими сущность технологической операции. Лист выполняется в виде плаката. Рекомендованное количество листов – 1.

### **23.3. Выбор и обоснование способа сварки**

Рекомендуется на 1 листе в виде таблиц, диаграмм, графиков привести:

- полную информацию о сварных швах в соответствии с рабочими чертежами изделия и технологией базового производства (тип шва по ГОСТ, метод сварки, режимы сварки, сварочные материалы, протяжённость сварных швов, массу наплавленного металла, положение сварных швов в пространстве, квалификация рабочих-сварщиков;

- сварочно-технологические показатели и показатели механической прочности металла шва и сварных соединений по конкурирующим способам сварки, удовлетворяющим требованиям технических условий на изготовление и приемку изделия, расчетные данные технологической себестоимости сварки 1 п/м шва по укрупненным показателям, окупаемость капитальных затрат;

- параметры режима выбранного способа сварки;

- технические предложения на основании проведенного технологического анализа по выбору способа сварки. Лист выполняется в виде плаката.

### **23.4. Общий вид и основные узлы оборудования**

На листах представляются общие виды специализированного сварочного оборудования, применяемого в разработанном проекте (2 листа). На листах должно быть представлено необходимое количество проекций, разрезов или сечений, характеризующих конструкцию оборудования или приспособления.

Все проекции, разрезы и сечения одного приспособления, установки или комплекта оборудования должны быть представлены на одном листе одного из форматов, принятых по ГОС 2.301-68. Листы являются сборочными чертежами или общего вида.

### **23.5. Чертежи приспособлений**

На листах представляются чертежи одного из нескольких модернизированных или вновь разработанных приспособлений. Рекомендуется представлять один лист общего вида приспособления и один или два листа детализовки к нему. На листах детализовки необходимо представлять только детали модернизированных или вновь разработанных узлов с обязательным указанием допусков и посадок по действующим ГОСТам. Листы выполняются как сборочные чертежи общего вида и чертежи деталей.

### **23.6. Средства механизации сборочно-сварочного производства**

Рекомендуется привести общий вид отдельных узлов или частей поточно-механизированных линий с транспортными и подъемными устройствами, схемное изображение комплексов оснастка – робот. Лист (1 шт.) выполняется как сборочный чертеж или чертеж общего вида. При наличии отдельных рабочих мест сборщиков, сварщиков с высоким уровнем механизации, автоматизации и роботизации рекомендуется привести их технологическую планировку и в этом случае лист выполняется как габаритный чертеж.

### **23.7. Технологический план цеха с грузопотоком**

На 1 листе изображается технологический план участка с оборудованием, рабочими и складочными местами, разводками электроэнергии, газов, пара, воды в соответствии с требованиями "Норм технологического проектирования цехов металлоконструкций машиностроительных заводов". На технологический план наносится грузопоток. Поперечный разрез участка на листе технологического плана не изображается. Лист выполняется как габаритный чертёж. (для всех тем по проектированию производства, кроме "Технологии изготовления сложных сварных конструкций").

### **23.8. Техничко-экономические показатели проекта**

На 1 листе представляют в виде диаграмм, таблиц или графиков сравнительные показатели разработанного проекта и базового производства, иллюстрирующие экономию материалов, энергии, снижение массы наплавленного металла, повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции, повышение уровня механизации и автоматизации процессов сварки и т.д.

Лист выполняется в виде плаката [48].

## **3.1.4.2. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА ПО УЧЕБНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ**

### ***1. Введение***

В разделе "Введение" раскрываются значения отрасли, к которой относится производство заданного изделия, раскрываются перспективы развития сварочной технологии, задачи, стоящие перед сварочным производством, цели и задачи дипломного проекта, его актуальность (1 страница).

### ***2. Описание изделия***

Данный раздел включает в себя следующие пункты (2-3 страницы):

- назначение изделия и его технические характеристики;
- применяемые материалы. Рекомендуется использовать конструкционные материалы, требующие специальных технологий;
- технические требования на изготовление и приемку изделия;
- качественный анализ технологичности.

•

### ***3 Исходные данные для проектирования***

В данном разделе необходимо отразить следующее (1-2 страницы):

- программа производства;
- чертёж общего вида изделия;
- технические условия на изготовление, испытания и приемку сборочных единиц и изделия в целом;
- нормативные материалы;
- техническую и экономическую литературу.

•

#### **4. Разработка технологии изготовления изделия**

Рекомендуется разрабатывать несколько вариантов проектных решений при разработке технологического процесса и проводить количественную оценку при поиске оптимального решения, использовать компьютерные технологии, проектировать автоматизированные производства, использовать современные методы контроля и управления качеством, аттестации и сертификации производства выпускаемой конструкции (30-50 страниц). Необходимо проводить прочностные и технологические расчёты с использованием компьютерного моделирования.

Раздел строится в следующей последовательности:

- разбивка изделия на технологические сборочные единицы и разработка схемы технологического процесса;
- определение вида и размеров исходных заготовок;
- определение рационального раскроя;
- выбор вариантов сборки и сварки и технико-экономическое обоснование способа сварки;
- расчёт и выбор режимов сварки;
- выбор сварочного и вспомогательного оборудования и их технические характеристики;
- разработка технологических операций сборки и сварки для сборочных единиц изделия в целом:
- разработка технического задания на проектирование нестандартного оборудования;
- описание технологии сборки и сварки сборочных единиц и изделия в целом, маршрутная схема технологического процесса;
- описание средства механизация и автоматизация производства;
- разработка системы обеспечения качества. Контроль качества;
- нормирование сборочно-сварочных работ;
- определение длительности производственного цикла.

•

#### **5. Расчет параметров поточных линий**

Непрерывно-поточные линии организуются при наличии полной технологической синхронизации (при предварительной синхронизации допускаются отклонения времени операций от равенства или кратности такту  $\pm 10\%$ ). При их организации должны соблюдаться следующие условия:

- 1) за каждым рабочим местом (параллельными местами) закрепляется одна организационная операция;
- 2) движение предметов труда от одного рабочего места к другому должно быть непрерывным, без задержек и образования межоперационных оборотных заделов;
- 3) организационная синхронизация (многостаночное обслуживание) допускается только на смежных операциях;
- 4) межоперационная транспортировка предметов труда осуществляется с помощью конвейеров различного типа.

Исходными данными для расчета непрерывно-поточной линии являются:

- годовая (месячная, суточная) программа ремонта бытовых машин (приборов), агрегатов, узлов или деталей в натуральном выражении;
- технологический процесс ремонта бытовых машин (приборов), агрегатов, узлов или деталей с указанием применяемого оборудования и норм времени. В том случае, если норма времени на операцию содержит машинное время, из него необходимо выделить время машинно-автоматической работы для расчетов норм обслуживания станков или агрегатов;
- режим работы цеха, участка или мастерской, где организуется поточная линия (сменность работы, продолжительность смены);

- масса бытовой машины (прибора), агрегата, узла или детали, их габаритные размеры;
- габаритные размеры оборудования, промышленно-санитарные нормы, которые необходимо соблюдать при планировке поточной линии;
- конструктивные особенности здания, производственная площадь цеха, участка или мастерской, где будет организовываться поточная линия.

Расчет непрерывно-поточной линии осуществляют в такой последовательности:

- 1) рассчитывают такт поточной линии;
- 2) проводят технологическую синхронизацию;
- 3) рассчитывают потребное число рабочих мест и их загрузку, средний процент загрузки рабочих мест на линии, составляют график загрузки рабочих мест;
- 4) рассчитывают численность рабочих на линии, вместе с этим проводят организационную синхронизацию (рассчитывают нормы обслуживания, составляют циклограммы работы многостаночников, определяют коэффициенты их занятости);
- 5) определяют транспортную партию, выбирают и обосновывают межоперационный транспорт;
- 6) составляют схему планировки поточной линии и определяют ее параметры;
- 7) рассчитывают внутрилинейные заделы.

### **6. Определение оптимального выпуска продукции**

Под оптимальным объемом выпуска продукции понимается такой объем, который обеспечивает выполнение заключенных договоров и обязательств по производству продукции (выполнению работ) в установленные сроки с минимумом затрат и максимально возможной эффективностью.

К наиболее распространенным методам определения оптимального объема производства относятся:

- метод сопоставления валовых показателей;
- метод сопоставления предельных показателей.

При использовании этих методов применяются следующие допущения:

- предприятие производит и реализует только один товар;
- целью предприятия является максимизация прибыли в рассматриваемый период;
- оптимизируются только цена и объем производства (предполагается, что все остальные параметры деятельности предприятия остаются неизменными);
- объем производства в рассматриваемый период равен объему реализации.

### **7. Расчет элементов производства**

Расчет элементов производства включает:

- потребное количество производственных рабочих;
- потребное количество оборудования и рабочих мест;
- потребное количество материалов и технологической энергии.

### **8. Расчёт количественных показателей технологичности**

Расчёт количественных показателей технологичности себестоимость, материалоёмкость, трудоемкость, стоимость электроэнергии, материалов и др.

### **9. Охрана труда и окружающей среды**

В данном пункте описываются мероприятия, обеспечивающие надлежащее техническое оборудование всех рабочих мест и создание условий для работы, соответствующие правилам по охране труда, правилам по технике безопасности, санитарным нормам и правилам.

### **10. Библиографический список**

Список используемых источников по ГОСТ 7.1-84

## **11. Состав и содержание графической части проекта**

Содержание графической части соответствует п. 4.2 настоящих методических указаний со следующими дополнениями:

- допускается сократить объём графической части до 8 листов с обязательным представлением не менее четырех листов конструкции вновь разработанных приспособлений.
- в связи с тем, что в проекте отсутствует базовая технология, сравнение показателей технологического процесса не производится.
- допускается по решению руководителя проекта изменять соотношение количества конструкторских и технологических листов графической части с учётом специализации.

### **3.1.4.3. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА ПО КОНСТРУКТОРСКОЙ ТЕМАТИКЕ**

#### **1. Структура и содержание**

##### **1.1. Введение.**

##### **1.2. Описание конструкция и назначение изделия, для которого проектируется объект техники.**

Данный раздел включает в себя следующие пункты:

- патентно-информационные исследования (по СТП-5-82): выбор направления проектирования объекта техники;
- цель и задача проекта;
- назначение и область применения проектируемого объекта техники;
- техническая характеристика;
- описание и обоснование выбора конструктивного решения объекта техники.

##### **1.3. Расчетная часть**

Основной целью написания данного параграфа является определение работоспособности и надёжности конструкции проектируемого объекта. Этот раздел должен содержать:

- эскиз или схему конструктивного решения изделия или его составных частей;
- исходные данные для проектирования (технические условия на изготовление и испытание проектируемой конструкции; район и условия эксплуатации конструкции, температурные режимы работы изделия, внешние факторы, оказывающие влияние на работоспособность конструкции);
- анализ нормативно-технологической документации, позволяющей выполнить проектирование заданной конструкции;
- описание метода(ов) проектировочного расчёта с указанием величин, подлежащих определению при расчёте;
- расчет основных параметров, определяющих работоспособность, надёжность и долговечность конструкции, и подтверждающих технико-экономические показатели;
- заключение, вытекающее из расчёта;
- перечень нормативно-технической документации, на основании которой производился расчет.

##### **1.4. Описание конструкции и работы спроектированного объекта техники, уровень унификации.**

В данном разделе необходимо описать принципиальные решения дающие представление о проектируемом объекте и принципе его работы, произвести анализ конструкции изделия на технологичность, составить эскиз проектируемого изделия, описать его назначение, основные параметры.

С целью улучшения технико-экономических показателей проектируемой конструкции необходимо произвести унификацию конструкции. Использование типовых и

унифицированных проектных решений приводит также к упрощению и ускорению проектирования.

Обосновать целесообразность создания данного объекта.

### **1.5. Описание организации работ с применением данного объекта техники.**

Данный параграф должен быть посвящен разработке подробной технологии изготовления проектируемого изделия – последовательности действий направленных на создание конструкции. Описать разработанную методику, направленную на осуществление контроля качества проектируемого изделия. Также необходимо оценить возможность транспортирования, хранения, а также монтажа изделия на месте его применения.

В случае необходимости изготовить опытный образец и провести его испытания. По результатам испытания скорректировать разработанные программы и описать скорректированный процесс изготовления проектируемого объекта, с учетом мер по контролю качества изделия, процедуры утилизации объекта по истечении срока эксплуатации. Произвести оценку эксплуатационных данных изделия (взаимозаменяемости, удобства обслуживания, ремонтпригодности, устойчивости против воздействия внешней среды, возможности быстрого устранения отказов, контроля качества работы изделия, обеспеченность средствами контроля технического состояния и др), проверить не соответствие техники безопасности и производственной санитарии.

### **1.6. Паспорт и инструкция по эксплуатации и обслуживанию.**

Паспорт изделия относится к технической документации, удостоверяющей технические параметры и характеристики изделия, которые гарантирует изготовитель, сведения о сертификации и утилизации изделия. Паспорт на изделие разрабатывается согласно ГОСТ 2.610-2006 и содержит следующие разделы:

1. Техстойчивость и технические данные;
2. Комплектность;
3. Ресурсы, срок службы и гарантийные обязательства;
4. Консервация;
5. Свидетельство об упаковывании;
6. Свидетельство о приемке;
7. Утилизация;
8. Сведения о цене.

Инструкция по эксплуатации разрабатывается в соответствии с ГОСТ 2.601-2006 и включает в себя сведения о конструкции, принципе работы, свойствах технического изделия, правила безопасной работы.

Обязательные разделы инструкции:

1. Введение;
2. Описание прибора;
3. Использование по назначению;
4. Техническое обслуживание;
5. Текущий ремонт;
6. Хранение;
7. Транспортирование;
8. Утилизация.

### **1.7. Ожидаемые технико-экономические показатели.**

С помощью анализа возможных вариантов конструктивного исполнения осуществляется выбор окончательного варианта. Анализируются технологические процессы изготовления его основных узлов и деталей, возможности компоновки конструкции, и др. На основании произведенного анализа осуществляется описание технико-экономических показателей проектируемого изделия.

## 2. Заключение.

• В заключении необходимо отразить конструкторские и технологические мероприятия, принятые и разработанные в дипломном проекте.

## 3. Список использованных источников по ГОСТ 7.1-84.

Используемые источники приводятся по ГОСТ 7.1-84.

## 4. Состав и содержание графической части проекта.

Графическая часть дипломного проекта должна включать следующее:

Состояние вопроса - лист-плакат - I

Общий вид разрабатываемого объекта - лист-чертёж, содержащий общий вид объекта техники, разработанного в проекте, раскрывающий компоновку блоков и сборочных единиц, взаимодействие и работу основных частей - I лист.

Общие виды конструкций нестандартных сборочных единиц - листы-чертежи, на которых вычерчивают наиболее оригинальные в конструктивном отношении сборочные единицы, раскрывающие нестандартные решения, разработанные в проекте - 3-4 листа.

Деталировки сложных сборочных единиц - листы-чертежи, содержащие наиболее сложные детали или детали, спроектированные студентами при работе над объектом техники, разработанным в проекте - 2. листа.

Схемы - листы-чертежи, отражающие построение блочных электрических, пневматических, гидравлических, газо-вакуумных, водяных, мнемонических и других схем объектов техники, разработанных в проекте -1...2 листа.

При выполнении схем следует руководствоваться соответствующими стандартами:

Рабочие характеристики разработанного объекта техники - лист-плакат, на котором приводят основные технические данные, уточненные после пуска в действие и испытания объекта, созданного в проекте - I лист.

Технические и экономические показатели " лист-плакат – 1 лист

## 5. Пример расчетной части дипломного проекта по конструкторской тематике

Описание конструкции балки

Подробно опишите части, из которых состоит сварная конструкция. Опишите назначение сварной конструкции, условия ее работы [1, с. 153-174], [2, с. 155-169], [3, с. 162-168].

Выбор и обоснование металла сварной конструкции

Выбор и обоснование производить с учетом следующих требований:

- обеспечение прочности и жесткости при номинальных затратах на изготовление с учетом максимальной экономии металла и снижения массы сварной конструкции;
- гарантированное условие хорошей свариваемости при минимальном
- разупрочнении и снижении пластичности в зонах сварных соединений;
- обеспечение надежности эксплуатации конструкции при заданных нагрузках, агрессивных средах и переменных температурах.

Обосновав выбор марки стали, необходимо указать химический состав и механические свойства стали в форме таблицы 1 и таблицы 2 соответственно (пункт 4.1.2.1.методических указаний).

Расчет и конструирование балки

Определяем максимальный расчетный изгибающий момент и максимальную расчетную поперечную силу. Строим эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

Первоначально определяем расчетные нагрузки  $F^P$ , кН

$$\begin{aligned} F_1^P &= \gamma_c * F_1^H \\ F_2^P &= \gamma_c * F_{21}^H \\ F_3^P &= \gamma_c * F_3^H \\ F_4^P &= \gamma_c * F_4^H \end{aligned} \quad (6.1)$$

где  $F_1^H, F_2^H, F_3^H, F_4^H$  - нормативные нагрузки, кН;  
 $\gamma_c$  - коэффициент условий работы, кН ( $\gamma_c = 1,1$ ).

Определяем сумму моментов относительно точки В,  $\Sigma M_B$ , кН·м

$$\Sigma MB = -F_4H * (I - d) + F_3H * (I - c) - F_2H * (I - b) + F_1H * (I - a) * RAH * I = 0$$

где a, b, c, d, I – расстояние между приложенными усилиями на балке, м.

Выражаем из уравнения реакцию опоры относительно точки А,  $R_A^H$ , кН

$$R_A^H = \frac{F_4^H * (I - d) - F_3^H * (I - c) + F_2^H * (I - b) - F_1^H * (I - a)}{I} \quad (6.2)$$

Определяем сумму моментов относительно точки А,  $\Sigma M_A$ , кН·м

$$\Sigma M_A = F_1H * a + F_2H * b - F_3H * c + F_4H * d - RBH * I = 0 \quad (6.3)$$

Выражаем из уравнения реакцию опоры относительно точки В,  $R_B^H$ , кН

$$R_B^H = \frac{F_1^H * a + F_2^H * b - F_3^H * c + F_4^H * d}{I} \quad (6.4)$$

Определяем расчетные реакции опор,  $R_A^P, R_B^P$ , кН

$$R_A^P = \gamma_c * R_B^H \quad (6.5)$$

$$R_B^P = \gamma_c * R_A^H$$

Производим проверку правильности определения реакций. Реакции будут определены правильно, если сумма реакций будет равна сумме всех сил, действующих на балку, взятых с их знаком, кН

$$R_A^H + R_B^H = F_1^H + F_2^H - F_3^H + F_4^H, \quad (6.6)$$

$$R_A^P + R_B^P = F_1^P + F_2^P - F_3^P + F_4^P$$

Определяем нормативные моменты в точках 1,2,3,4,5,6, кН·см

$$M_1^H = 0,$$

$$M_2^H = R_A^H * a,$$

$$M_3^H = R_A^H * b - F_1^H * (b - a),$$

$$M_4^H = R_A^H * c - F_1^H * (c - a) - F_2^H * (c - b)$$

$$M_5^H = R_B^H * (I - d)$$

$$M_6^H = 0$$

Указываем, в какой точке будет максимальный нормативный изгибающий момент  $M_{max}^H$ , кН·см.

Определяем расчетные изгибающие моменты в точках 1,2,3,4,5,6, кН·см

$$M_1^P = \gamma_c * M_1^H, \quad (6.7)$$

$$M_2^P = \gamma_c * M_2^H,$$

$$M_3^P = \gamma_c * M_3^H,$$

$$M_4^P = \gamma_c * M_4^H,$$

$$M_5^P = \gamma_c * M_5^H,$$

$$M_6^P = \gamma_c * M_6^H,$$

Указываем, в какой точке будет максимальный расчетный изгибающий момент  $M_{max}^P$ , кН·см.

На листе формата А4 строим эпюру изгибающих моментов в масштабе.

Определяем нормативные поперечные силы в точках 2,3,4,5,6, кН

$$Q_2^H = R_A^H,$$

$$Q_3^H = R_A^H - F_1^H,$$

$$Q_4^H = R_A^H - F_1^H - F_2^H,$$

$$Q_5^H = R_A^H - F_1^H - F_2^H + F_3^H$$

$$Q_6^H = -R_B^H,$$

Указываем сечение балки, где действует максимальная нормативная поперечная сила  $Q_{\max}^H$ , кН.

Определяем расчетные поперечные силы в токах 2,3,4,5,6, кН

$$\begin{aligned} Q_2^P &= \gamma_c \cdot Q_2^H, \\ Q_3^P &= \gamma_c \cdot Q_3^H, \\ Q_4^P &= \gamma_c \cdot Q_4^H, \\ Q_5^P &= \gamma_c \cdot Q_5^H, \\ Q_6^P &= \gamma_c \cdot Q_6^H \end{aligned} \quad (6.8)$$

Указываем максимальную расчетную поперечную силу  $Q_{\max}^P$ , кН.

На листе формата А4 строим эпюру поперечных сил в масштабе.

Подбор сечения сварной балки

Определяем требуемый момент сопротивления сечения балки с учетом развития в ней пластических деформаций при работе на изгиб  $W_{TP}$ , см<sup>3</sup>

$$W_{TP} = \frac{M_{\max}^P}{1,12 \cdot R_y} \quad (6.9)$$

где  $R_y$  – расчетное сопротивление материала сварной балки [1, с.40], кН/см<sup>2</sup>.

$$M_{\max}^P = 1,1 \cdot M_{\max}^H$$

Максимальный нормативный изгибающий момент  $M_{\max}^H$  берется из эпюры, кН·см.

Главной задачей при подборе сечения сварной балки является установление ее высоты  $h$ , так как высота является главным размером сечения.

Определяем наименьшую высоту сечения балки  $h_{\min}$ , см из условия жесткости

$$h_{\min} = \frac{I \cdot R_y}{10^5 \cdot [f/I]} \cdot \frac{M_{\max}^H}{M_{\max}^P} \quad (6.10)$$

где  $I$  – длина балки, см;

$[f/I]$  – допускаемый относительный прогиб балки.

В практических расчетах отношение  $M_{\max}^H / M_{\max}^P$  принимается равным 0,8.

Определяем оптимальную высоту стенки балки  $h_{\text{опт}}$ , см из условия экономичного расхода металла

$$h_{\text{опт}} = 1,1 \sqrt{\frac{W_{TP}}{S_{CT}}} \quad (6.11)$$

где  $S_{CT}$  – толщина стенки, возрастает с увеличением высоты сечения балки и определяется по эмпирической формуле, мм.

$$S_{CT} = 7 + 3 \cdot h, \quad (6.12)$$

где  $h$  – ориентировочная высота балки, м.

$$h = \left( \frac{1}{8} - \frac{1}{12} \right) \cdot I \quad (6.13)$$

где  $I$  – пролет балки, м.

По конструктивным соображениям толщина стенки обычно принимается не менее 6 мм.

Окончательно высоту стенки балки  $h_{CT}$  принимаем, руководствуясь данными ГОСТ 82-70 [2, с.358], близкую к оптимальной, но не менее минимальной.

Установив высоту стенки балки и толщину стенки, переходит к компоновке поясов.

Определяем требуемую площадь сечения одного поясного листа,  $A_{\Pi}$ , см<sup>2</sup>

$$A_{\Pi} = \frac{W_{CT}}{h_{CT}} - \frac{S_{CT} \cdot h_{CT}}{6} \quad (6.14)$$

Выразив площадь сечения пояса  $A_{\Pi}$ , см<sup>2</sup> через ширину пояса и толщину пояса, получим

$$A_{\Pi} = b r, \quad (6.15)$$

где  $b$  – ширина пояса, см;

$r$  – толщина пояса, см.

Ширину поясного листа принимаем в пределах, вл, см

$$b_{II} = \left( \frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) * h_{CT}$$

По техническим условиям эта ширина должна быть не менее 180 мм.

Тогда толщина поясного листа,  $S_{II}$ , см определяется по формуле

$$S_{II} = \frac{A_{II}}{b_{II}}$$

Причем,  $S_{II}$  назначается в пределах 8-40 мм, но не меньше, чем  $S_{CT}$  с градацией по ГОСТ 82-70 и определяем действительное значение сечения поясного листа  $A_{II}^d$ , см<sup>2</sup>

$$A_{II}^d = b_{II}^d \cdot S_{II}^d$$

Причем отношение  $b_{II}^d / S_{II}^d$  должно быть меньше или равно 20.

Проверка прочности и жесткости скомпонованного сечения балки

По назначенным размерам определяем геометрические характеристики сечения: момент инерции сечения балки относительно оси  $x$   $I_x$ , см<sup>4</sup>

$$I_x = \frac{S_{CT} \cdot h_{CT}^3}{12} + 2 \cdot A_{II}^d \cdot \left( \frac{S_{II}^d}{2} + \frac{h_{CT}}{2} \right)^2 \quad (6.16)$$

$A_{II}^d$  - действительное значение момента сопротивления сечения балки  $W_d$ , см<sup>3</sup>

$$W_d = \frac{2 \cdot I_x}{h} \quad (6.17)$$

где  $h$  – высота балки, см.

$$h = h_{CT} + 2 \cdot S_{II}^d \quad (6.18)$$

статический момент половины сечения балки относительно оси  $x$   $S_x$ , см<sup>3</sup>

$$S_x = A_{II}^d \cdot \left( \frac{h_{CT}}{2} + \frac{S_{II}^d}{2} \right) + \frac{A_{CT}}{2} \cdot \frac{h_{CT}}{4} \quad (6.19)$$

где  $A_{CT}$  – площадь сечения стенки балки, см<sup>2</sup>.

$$A_{CT} = h_{CT} \cdot S_{CT}$$

Производим проверку балки на прочность по нормальным напряжениям от максимального изгибающего момента,  $\sigma$ , кН/см<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{M_{max}^P}{W_d} \leq R_y \quad (6.20)$$

Производим проверку балки на прочность по касательным напряжениям от максимальной силы,  $\tau$ , кН/см<sup>2</sup>

$$\tau = \frac{Q_{max}^P \cdot S_x}{I_1 \cdot S_{CT}} \leq R_s \quad (6.21)$$

где  $R_s$  – расчетное сопротивление материала срезу, кН/см<sup>2</sup>.

Производим проверку балки на жесткость по относительному прогибу  $\frac{f}{I}$

$$\frac{f}{I} = \frac{M_{max}^H \cdot I}{10 * E \cdot I_x} \leq \left[ \frac{f}{I} \right]$$

где  $E$  – модуль упругости,  $E = 21000$  кН/см<sup>2</sup>;

$\left[ \frac{f}{I} \right]$  – нормативный прогиб, зависит от назначения балки и дается в условии.

Расчет сварных швов, соединяющих пояса со стенкой

При работе балки на изгиб в сварных швах, соединяющих пояса со стенкой, возникают сдвигающие усилия  $T$ , которые вызывают касательные напряжения  $\tau$ .

Величина сдвигающего усилия на длине 1 см балки  $T$ , кН

$$T = \frac{Q_{\max}^P}{I_x} \quad (6.23)$$

где  $S_{\text{пк}}$  – статический момент поясного листа,  $\text{см}^3$ .

$$S_{\text{пк}} = A_{\text{п}} \cdot a, \quad (6.24)$$

где  $A_{\text{п}}$  – площадь поперечного сечения поясного листа,  $\text{см}^2$ ;

$a$  – расстояние от нейтральной оси  $x$  до центра тяжести поясного листа,  $\text{см}$ .

$$a = \frac{S_{\text{п}}^D}{2} + \frac{h_{\text{ст}}}{2} \quad (6.25)$$

Определяем напряжение в сварных швах,  $\tau_w^T$ ,  $\text{кН}/\text{см}^2$

$$\tau_w^T = \frac{T}{A_{\text{ш}}} \leq R_{\text{wf}} \quad (6.26)$$

где  $A_{\text{ш}}$  – площадь поперечного сечения сварных швов на длине 1 см,  $\text{см}^2$ .

$$A_{\text{ш}} = 2 \cdot \beta \cdot Kf, \quad (6.27)$$

где  $\beta$  – коэффициент, зависящий от способа сварки;

$Kf$  – катет сварного шва,  $\text{см}$ .

$\beta = 0,7$  при ручной дуговой сварке;

$\beta = 0,85$  при полуавтоматической сварке;

$\beta = 1$  при автоматической сварке;

Тогда

$$\tau_w^T = \frac{T}{2 \cdot \beta \cdot Kf} \leq R_{\text{wf}}$$

$$Kf \geq \frac{T}{2 \cdot \beta \cdot R_{\text{wf}}}$$

Проверка местной устойчивости стенки балки

Местная устойчивость стенки балки проверяется в зависимости от отношения  $h_{\text{ст}}/S_{\text{п}}^D$  и напряженного состояния.

При  $\frac{h_{\text{ст}}}{S_{\text{п}}^D} \leq 80$  стенка устойчива, но нужны промежуточные ребра жесткости. Расстояние между ребрами жесткости  $a$ ,  $\text{мм}$  равны

$$a = 2,5 \cdot h_{\text{ст}} \quad (6.28)$$

На всем пролете балки устанавливаются парные ребра жесткости, расстояние,  $a$  корректируется в зависимости от пролета балки,  $n$  – количество ребер

Определяем ширину ребра,  $\text{мм}$

$$b_p = \frac{h_{\text{ст}}}{30} + 40 \text{ мм} \quad (6.29)$$

Определяем толщину ребра  $S_p$ ,  $\text{мм}$

$$S_p = \frac{1}{15} \cdot b_p \quad (6.30)$$

Толщину и ширину уточняем по ГОСТ 82-70.

Ребра к поясам и стенке приваривают сплошными швами, катет не менее 4  $\text{мм}$ .

Расчет опорных частей балок

При шарнирном опирании сварных балок не ниже лежащие конструкции передачу опорной реакции осуществляют через парные опорные ребра, приваренные к нижнему поясу балки, к стенке (двумя вертикальными швами) и к верхнему поясу.

Размеры опорного ребра определяем из расчета на смятие их торцов. Площадь опорного ребра  $A_{\text{оп.р.}}$ ,  $\text{см}^2$

$$A_{оп.р.} = \frac{R_A^P}{R_{CM}} \quad (6.31)$$

где  $R_A^P$  – расчетная реакция опоры, кН;

$R_{CM}$  – расчетное сопротивление на смятие торцевой поверхности [2, с. 29].

Принимаем толщину опорного ребра  $S_{оп.р.} = 16...20$  мм. Тогда, зная, что площадь опорного ребра вычисляется по формуле

$$A_{оп.р.} = b_{оп.р.} * S_{оп.р.} \quad (6.32)$$

выразим из нее ширину опорного ребра  $b_{оп.р.}$ , см

$$b_{оп.р.} = A_{оп.р.} / S_{оп.р.}$$

Наименьшая ширина опорного ребра принимается  $b_{оп.р.} = 180...200$  мм. Чтобы ребро не потеряло местную устойчивость, необходимо

$$\frac{b_{оп.р.}}{S_{оп.р.}} \leq 30 \sqrt{\frac{21}{R_y}} \quad (6.33)$$

После определения размеров ребра определяем катет сварного шва  $K_f$ , см из условия прочности сварных швов. В сварных балках вся опорная реакция передается на ребро через вертикальные угловые швы.

$$K_f = \sqrt{\frac{R_A^P}{\beta * n * 60 * R_{wf}}} \quad (6.34)$$

где  $n$  – число сварных швов.

Передачу опорной реакции можно осуществить и посредством диафрагмы с фрезерованным нижним торцом, приваренной к торцу балки в соответствии с рисунком 6.

Размеры диафрагмы определяем из расчета на смятие ее торца. Площадь диафрагмы  $A_d$ , см<sup>2</sup>

$$A_d = \frac{R_A^P}{R_{cc}} \quad (6.35)$$

Зададимся толщиной диафрагмы  $S_d = 16...20$

Определим ширину диафрагмы  $b_d$ , см

$$b_d = A_d / S_d \quad (6.36)$$

Наименьшая ширина диаграммы принимается

$b_d \geq 180$  мм.

Определяем катет сварного шва  $K_f$ , см

$$K_f = \sqrt{\frac{R_A^P}{B * n * 60 * R_{wf}}}$$

Расчет стыков балок

Стыки стенки и сжатого пояса делают прямыми. Стык растянутого пояса устраивают прямым, если напряжение в поясе не превышает расчетное сопротивление сварного соединения растяжения. В противном случае делают косым.

Стык каждого элемента балки рассчитываются на усилие (момент), воспринимаемое этим элементом. Стык стенки рассчитывают на действие изгибающего момента и поперечной силы.

Определяем изгибающий момент, приходящийся на стенку  $M_{CT}$ , кН·см

$$M_{CT} = M^P * \frac{I_{CT}}{I_x} \quad (6.37)$$

где  $M^P$  – изгибающий момент, действующий в данном сечении (в месте расположения стыка), кН·см;

$I_{CT}$  – момент инерции всего сечения стенки, см<sup>4</sup>;

$I_x$  – момент инерции всего сечения балки, см<sup>4</sup>.

$$I_{CT} = \frac{S_{CT} * h_{CT}^3}{12} \quad (6.38)$$

Определяем касательные напряжения в сварном стыковом шве от действия поперечной силы  $\tau_w^Q$ , кН/см<sup>2</sup>

$$\tau_w^Q = \frac{Q^P * S_x}{I_{CT} * S_{CT}} \leq R_{ws}, \quad (6.39)$$

где  $Q^P$  - поперечная сила, действующая в данном сечении, кН;

$S_x$  – статический момент половины продольного сечения шва относительно нейтральной оси, см<sup>3</sup>.

$$S_x = \frac{S_{CT} * h_{CT}^2}{8} \quad (6.40)$$

Определяем нормативные напряжения в сварочном шве от изгибающего момента  $\sigma_w^{Mct}$ , кН/см<sup>2</sup>

$$\sigma_w^{Mcm} = \frac{M_{CT}}{W_{CT}} \quad (6.41)$$

где  $W_{CT}$  – момент сопротивления сечения стенки балки, см<sup>3</sup>.

$$W_{CT} = \frac{S_{CT} * h_{CT}^2}{6} \quad (6.42)$$

Кроме того, стыковой сварной шов должен быть проверен на приведенные напряжения  $\sigma_w^{pp}$ , кН/см<sup>2</sup>

$$\sigma_w^{pp} = \sqrt{(\sigma_w^{Mcm})^2 + 3 * (\tau_w^Q)^2} \leq 1,15 * R_{wy}, \quad (6.43)$$

Определим усилие  $N$ , воспринимаемое поясом, кН

$$N = \frac{M^P - M_{CT}}{h_0}, \quad (6.44)$$

где  $h_0$  – расстояние между центрами тяжести поясов, см.

Тогда напряжение в растянутом поясе будет равно  $\sigma_w^N$ , кН/см<sup>2</sup>

$$\sigma_w^N = \frac{N}{A_{ш}} \leq R_{wy} \quad (6.45)$$

где  $A_{ш}$  – площадь поперечного сечения пояса, см<sup>2</sup>.

$$A_{ш} = b n^A * S n^A \quad (6.46)$$

Расчет массы балки

Определяем массу балки  $G$ , кг

$$G = 2 * G_{п} + G_{CT} * G_{P.Ж} + G_{ОП.Р}$$

где  $G_{п}$  - масса пояса балки, г;

$G_{CT}$  – масса стенки балки, г.

$$G_{п} = b_{п}^A * S_{п}^A * I * \gamma,$$

где  $I$  – пролет балки, см;

$\gamma$  – удельный вес металла, г/см<sup>3</sup> ( $\gamma = 7,84$  см<sup>3</sup> для СтЗпс);

$$G_{CT} = h_{CT} * S_{CT} * I * \gamma$$

$$G_{P.ЭЛ.} = P_{P.ЭЛ.} * h_{CT} * b_{P.ЭЛ.} * S_{P.ЭЛ.} * \gamma = 16 * 80 * 600,4 * 7,84 =$$

$$G_{ОП.Р.} * P_{ОП.Р.} * h_{CT} * b_{ОП.Р.} * S_{ОП.Р.} * \gamma = 4 * 80 * 1,6 * 70 * 7,84 =$$

Выбор способов сварки и методов контроля качества сварных соединений

Выбираем и обосновываем способ сварки для изготовления балки, исходя из обеспечения высокой производительности и качества изготовления. Выбираем и обосновываем методы контроля качества сварных соединений.

Выбор режимов сварки и сварочного оборудования

Исходя из выбранного способа сварки, необходимо выбрать и обосновать параметры режима:

- для сварки поясных швов;
- для сварки ребер жесткости и опорных ребер;



|       |                     |                                 |                                      |                                   |                              |                                  |  |
|-------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|
| S, мм | проволоки,<br>d, мм | ный ток,<br>I <sub>св</sub> , А | жение<br>дуги,<br>U <sub>д</sub> , В | электрода,<br>I <sub>э</sub> , мм | газа,<br>дм <sup>3</sup> /мм | сварки,<br>V <sub>св</sub> , м/ч | подачи<br>проволоки,<br>V <sub>под</sub> , м/ч |
|       |                     |                                 |                                      |                                   |                              |                                  |  |

Учитывая выбранный способ и режимы сварки, выбираем сварочное оборудование. Рассчитанные диапазоны скоростей уточняем по паспортным данным полуавтомата. Далее описываем принцип работы, конструкцию и техническую характеристику оборудования.

#### 4.1.2. Литература и интернет-ресурсы, необходимые для выполнения дипломного проекта

|   |  |
|---|--|
| 1 | Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех» <a href="https://biblio.asu.edu.ru">https://biblio.asu.edu.ru</a> Учетная запись образовательного портала АГУ   |
| 2 | Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований.<br><a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a> . Регистрация с компьютеров АГУ |
| 3 | Электронная библиотечная система IPRbooks. <a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a>  |

#### Перечень лицензионного учебного программного обеспечения

| Наименование программного обеспечения  | Назначение  |
|--|---|
| Adobe Reader   | Программа для просмотра электронных документов  |
| MathCad 14   | Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением |
| Moodle   | Образовательный портал ФГБОУ ВО «АГУ»   |
| Mozilla FireFox  | Браузер   |
| Microsoft Office 2013,<br>Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013 | Пакет офисных программ  |
| 7-zip  | Архиватор   |
| Microsoft Windows 7 Professional   | Операционная система  |
| Kaspersky Endpoint Security  | Средство антивирусной защиты  |
| KOMPAS-3D V13  | Создание трехмерных ассоциативных моделей отдельных элементов и сборных конструкций из них  |
| Google Chrome  | Браузер   |
| OpenOffice   | Пакет офисных программ  |
| Opera  | Браузер   |
| VLC Player   | Медиапроигрыватель  |

1. Выполнение выпускной квалификационной работы по направлению 15.03.01 «Машиностроение»: учебно-методическое пособие. сост.: О.М. Алыкова, А.Г. Валишева, В.В. Коган, Д.И. Меркулов, Н.Н. Панасенко, Р.А. Рзаев, В.В. Смирнов, М.Х. Сундетов – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2019. – 114 с. — Текст : электронный // Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». : [сайт]. — URL: <https://biblio.asu.edu.ru>
2. Сварочные и газотермические процессы: конспект лекций : учебное пособие / В. В. Смирнов, Д. И. Меркулов, О. М. Алыкова ; под общ. ред. д-ра пед. наук, канд. физ.-мат. наук В. В. Смирнова/ Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2018. – 351 с. — Текст : электронный // Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». : [сайт]. — URL: <https://biblio.asu.edu.ru>
3. Сварочное оборудование : учебное пособие /Панасенко, Н. Н., Смирнов, В. В./ Издательский дом «Астраханский университет», 2016. – 113 с. — Текст : электронный // Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». : [сайт]. — URL: <https://biblio.asu.edu.ru>
4. Гончаров, А. Н. Контроль качества сварных и паяных соединений : курс лекций / А. Н. Гончаров, В. В. Карих, С. В. Лебедев. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011. — 238 с. — ISBN 978-5-88247-522-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/17713.html>
5. Еремин, Е. Н. Источники питания для сварки. Сварочные трансформаторы и выпрямители : учебное пособие / Е. Н. Еремин. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 204 с. — ISBN 978-5-8149-2428-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/78437.html>
6. Технология изготовления сварных конструкций : учебное пособие / составители Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — ISBN 978-5-4387-0667-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>
7. Данильцев, Н. Н. Проектирование сварных конструкций : конспект лекций / Н. Н. Данильцев. — Омск : Омский государственный технический университет, 2014. — 176 с. — ISBN 978-5-8149-1857-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/60884.html>
8. Денисов Л.С., Контроль и управление качеством сварочных работ : учеб. пособие / Л.С. Денисов - Минск : Выш. шк., 2016. - 619 с. - ISBN 978-985-06-2739-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850627391.html>
9. Бигус Г.А., Диагностика состояния сварных соединений и конструкций. Курс лекций : учебное пособие / Г.А. Бигус, А.Л. Ремизов, А.А. Дерябин - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. - 315 с. - ISBN 978-5-7038-4937-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703849378.html>
10. Катаев, Р. Ф. Теория и технология контактной сварки : учебное пособие / Р. Ф. Катаев, В. С. Милютин, М. Г. Близник. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 144 с. — ISBN 978-5-7996-1491-1. — Текст : электронный //

Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68491.html>

11. Катаев, Р. Ф. Оборудование контактной сварки : учебное пособие / Р. Ф. Катаев, В. С. Милютин, М. Г. Близник. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 144 с. — ISBN 978-5-7996-1192-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68446.html>

12. Конюшков, Г. В. Специальные методы сварки давлением : учебное пособие / Г. В. Конюшков, Р. А. Мусин. — 2-е изд. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 631 с. — ISBN 978-5-4486-0498-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/79815.html>

13. Федосов С.А., Основы технологии сварки : учебное пособие. 2-е изд., испр. / С.А. Федосов, И.Э. Оськин - М.: Машиностроение, 2017. - 125 с. - ISBN 978-5-9909179-3-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990917934.html>

14. Оборудование и технология механизированной и автоматической сварки [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.В. Лупачев, В.Г. Лупачев - Минск : РИПО, 2016. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855036075.html>

15. Хайдарова, А. А. Практикум по конструированию сварочных приспособлений : учебное пособие / А. А. Хайдарова, С. Ф. Гнусов. — Томск : Томский политехнический университет, 2014. — 63 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/34697.html>

#### **в) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

**1. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех».** <https://biblio.asu.edu.ru> *Учетная запись образовательного портала АГУ*

**2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента».** Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований.

[www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru). *Регистрация с компьютеров АГУ*

**3. Электронная библиотечная система IPRbooks.** [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)

Программа ГИА при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание программы ГИА может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

## 4. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

### ОТЗЫВ

на бакалаврскую работу (проект) «Разработка технологии изготовления цистерны топливной» студента группы ЗТС-52 физико-технического факультета Музюкова Сергея Викторовича

Цистерна топливная предназначена для хранения запаса топлива дизельного земснаряда при его автономной эксплуатации. Основные принципы работы цистерны топливной заключаются в том, что в процессе работы она заполнена дизельным топливом и играет роль топливного бака. Топливо подается насосом в топливно-заливную систему земснаряда по трубопроводу через отсеки боковых понтонов. Таким образом, топливная цистерна обеспечивает жизнеспособность земснаряда, что делает настоящую тему выпускной квалификационной работы актуальной.

В ходе выполнения дипломного проекта:

1. Выполнен анализ недостатков базовой технологии изготовления цистерны топливной и на основе анализа разработан новый вариант.

2. Обоснованно выбраны способы сварки, формы разделок кромок, сварочные материалы.

3. На основе сравнения технико-экономических показателей доказано, что способ полуавтоматической сварки в среде защитного газа, с применением гибкой самоклеющейся подкладки имеет преимущество над другими при изготовлении цистерны топливной.

4. Выбраны параметры режима сварки, позволяющие обеспечить высокую технологическую прочность сварных соединений.

5. Показано, что разработанная технология изготовления может быть реализована с использованием современного существующего оборудования для сборки и сварки. Произведен обоснованный выбор оборудования, соответствующий требованиям сварочного производства.

6. Обоснованность выбранных в дипломном проекте инженерных решений подтверждена экономическим расчетом. Показано, что эффект от внедрения способа полуавтоматической сварки в смеси защитного газа, с уменьшением толщины стенок корпуса цистерны, составляет 496722 руб.

7. Разработан план участка сборки и сварки цистерны топливной на основе норм технологического проектирования сварочных цехов и норм и правил БЖД, обеспечивающий максимально возможную степень загрузки оборудования и использования производственных площадей. На участке обеспечено прямоточное, безвозвратное движение грузопотока.

Выполненный проект включает в себя пояснительную записку на 102 страницах и графическую часть на 10 листах и может быть представлена к защите.

В процессе работы над проектом Музюков Сергей Викторович показал себя инициативным и грамотным студентом, самостоятельно изучил значительный объем теоретического материала, провел большой поиск в сети Интернет. При встречах с руководителем предлагал и отстаивал различные варианты изложения изучаемого материала.

В целом содержание и оформление проекта соответствует требованиям образовательного стандарта, предъявляемым к выпускным квалификационным работам, сам проект заслуживает высокой оценки, а его автор, Музюков Сергей Викторович, присвоения академической степени «бакалавр» по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

Руководитель дипломного проекта  
д.т.н., профессор

Н.Н. Панасенко

**МИНОБРНАУКИ НАУКИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева»  
Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева**

**ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ  
И ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ  
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ**

Форма обучения *заочная*

**Бардынин Анатолий Сергеевич**

**Разработка технологии сварки-наплавки и участка монтажа  
тормозной системы вагона**

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)  
Выпускная квалификационная работа  
На присвоение квалификации: Бакалавр**

**Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
профиль – Оборудование и технология сварочного производства**

К защите ГЭК рекомендуется  
Решение кафедры от  
«   »     20    г.

Протокол №      
Заведующий кафедрой  
    Е.Ю. Степанович

Научный руководитель проекта: доцент  
к.ф.-м.н.

    Д.И. Меркулов

*С размещением работы в электронной библиотеке  
«Астраханский государственный университет.  
Выпускные квалификационные работы» согласен*

**А.С. Бардынин**

## Спецификация

| ф<br>о<br>р<br>м<br>а<br>т | з<br>о<br>н<br>а | Поз.           | Обозначение         | Наименование  | Кол.  | Примечание |       |      |
|----------------------------|------------------|----------------|---------------------|---|---|------------|-------|------|
|                            |                  |                |                     | <u>Документация</u>   |   |            |       |      |
|                            |                  |                |                     | <i>Вновь разработанная</i>  |   |            |       |      |
| A4                         |                  |                | ЗТС51. 010.000.00ТЗ | Задание на проект   | 1   |            |       |      |
| A4                         |                  |                | ЗТС51. 010.000.00ПЗ | <b>Пояснительная записка</b>                                      | 1   |            |       |      |
|                            |                  |                |                     |   |   |            |       |      |
| A1                         |                  |                | ЗТС51. 010.001.00   | Односекционный<br>пластинчатый<br>теплообменник                   | 1   |            |       |      |
| A1                         |                  |                | ЗТС51. 010.002.00   | Сварные швы<br>односекционного<br>пластинчатого<br>теплообменника | 1   |            |       |      |
| A1                         |                  |                | ЗТС51. 010.003.00   | Технологический процесс   | 1   |            |       |      |
| A1                         |                  |                | ЗТС51. 010.004.00   | Инструмент для стяжки   | 1   |            |       |      |
| A1                         |                  |                | ЗТС51. 010.005.00   |   | 1   |            |       |      |
| A1                         |                  |                | ЗТС51. 010.006.00   |   | 1   |            |       |      |
| A1                         |                  |                | ЗТС51. 010.007.00   |   | 1   |            |       |      |
| A1                         |                  |                | ЗТС51. 010.008.00   |   | 1   |            |       |      |
|                            |                  |                |                     | Технологический<br>план сборочно-<br>сварочного<br>участка        | ЗТС51.010.000.00  |            |       |      |
|                            |                  |                |                     |   |   |            |       |      |
| Изм                        | лист             | №<br>Документа | Подп.               | Дата  |   |            |       |      |
| Разраб.                    |                  | Васильев       |                     |   | Разработка технологии<br>изготовления<br>односекционного<br>пластинчатого<br>теплообменника |            |       |      |
|                            |                  |                |                     |   |   |            | Литер | Лист |
|                            |                  |                |                     |   |   |            | 97    | 97   |
| Пров.                      |                  | Чуларис.А.А    |                     |   | АГУ<br>Кафедра ТМПИ   |            |       |      |
| Утв.                       |                  | Смирнов        |                     |   |   |            |       |      |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

Факультет физики, математики и инженерных технологий

Специальность Оборудование и технология и сварочного производства

Кафедра технологии материалов и промышленной инженерии

У т в е р ж д а ю

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Подпись

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ  
РАБОТЫ СТУДЕНТА

МЕНСУЛТАНОВА ФАРХАТА АККАЛИЕВИЧА

Тема бакалаврской работы (проект)

«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ  
ВЫПАРНОГО АППАРАТА»

утверждена приказом по университету от 15.11.2019 №0801-06/1860

Научный руководитель к. т. н., доцент В.В. Коган

(ф. и. о. уч. степень, должность)

Дата выдачи плана – графика « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Научный руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

(подпись)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| №№ п.п. | Наименование этапов выполнения выпускной квалификационной работы                                    | Срок выполнения этапов работы | Отметка о выполнении, подпись научного руководителя |
|---------|---|-------------------------------|---|
| 1       | Составление библиографии по теме  | Сентябрь 2019                 |   |
| 2       | Составление плана работы и формулировка концепции (в объеме 3-5 стр.)                               | Сентябрь 2019                 |   |
| 3       | Написание работы (введение, первая глава, вторая глава, ... заключение)                             | Сентябрь 2019                 |   |
|         | Введение  | Октябрь 2019                  |   |
|         | Конструкция, назначение и условия работы выпарного аппарата   | Октябрь 2019                  |   |
|         | Разработка технологии сборки и сварки выпарного аппарата  | Ноябрь 2019                   |   |
|         | Оборудование для реализации разработанной принципиальной технологии изготовления выпарного аппарата | Декабрь 2019                  |   |
|         | Определение технических норм времени на сборку и сварку   | Январь 2020                   |   |
|         | Экономическая часть   | Февраль 2020                  |   |
|         | Безопасность жизнедеятельности  | Март 2020                     |   |
|         | Проектирование сборочно-сварочного участка  | Апрель 2020                   |   |
|         | Заключение, список литературы   | Май 2020                      |   |
| 4       | Представление к предзащите (1-й вариант)  | Май 2020                      |   |
| 5       | Доработка и представление окончательного варианта работы  | Май 2020                      |   |
| 6       | Представление к защите  | Май 2020                      |   |

Студент \_\_\_\_\_

(подпись)

Научный руководитель \_\_\_\_\_ (подпись)

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Студент гр. ЗТС51 \_\_\_\_\_  
Ф.И.О. Ф.А. Менсултанов

### **Заявление**

Прошу утвердить мне тему выпускной квалификационной работы

**«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ  
ВЫПАРНОГО АППАРАТА»**

Научный руководитель к. т. н., доцент В.В. Коган

Подпись студента \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Согласовано:

подпись предполагаемого  
научного руководителя \_\_\_\_\_ к. т. н., доцент В.В. Коган

Дата \_\_\_\_\_