

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**  
 Отделение **электронной инженерии**

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

| Тема работы   |
|---|
| <b>Конструирование и расчет приспособления для сборки и сварки секции стрелы подъемного механизма</b> |

УДК 621.791.7.01-52:621.873.13.072

Студент

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 1ВМ91  | Захаров Дмитрий Сергеевич |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Першина А.А. | К.Т.Н.                 |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Профессор | Гасанов М.А. | Д.Э.Н.                 |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------|
| Профессор | Федорчук Ю.М. | Д.Т.Н.                 |         |      |

Нормоконтроль

| Должность | ФИО             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Наталинова Н.М. | К.Т.Н.                 |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Руководитель ООП | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Доцент           | Киселев А.С. | К.Т.Н.                 |         |      |

## Планируемые результаты освоения ООП

| Код компетенции СУОС                    | Наименование компетенции СУОС  |
|---|--|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |  |
| УК(У)-1                                 | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий   |
| УК(У)-2                                 | Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла  |
| УК(У)-3                                 | Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели   |
| УК(У)-4                                 | Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия   |
| УК(У)-5                                 | Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия   |
| УК(У)-6                                 | Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки  |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |  |
| ОПК(У)-1                                | Способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки   |
| ОПК(У)-2                                | Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы   |
| ОПК(У)-3                                | Способностью использовать иностранный язык в профессиональной сфере  |
| ОПК(У)-4                                | Способностью осуществлять экспертизу технической документации  |
| ОПК(У)-5                                | Способностью организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов |
| ОПК(У)-6                                | Способностью к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными  |
| ОПК(У)-7                                | Способностью обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности   |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| ОПК(У)-8                            | Способностью проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения  |
| ОПК(У)-9                            | Способностью обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений |
| ОПК(У)-10                           | Способностью организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников   |
| ОПК(У)-11                           | Способностью подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения   |
| ОПК(У)-12                           | Способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения   |
| ОПК(У)-13                           | Способностью разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения  |
| ОПК(У)-14                           | Способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении   |
| <b>Профессиональные компетенции</b> |  |
| ПК(У)-1                             | Способностью разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку                               |
| ПК(У)-2                             | Способностью разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении  |
| ПК(У)-3                             | Способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии                         |
| ПК(У)-8                             | Способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов   |
| ПК(У)-9                             | Способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов       |
| ПК(У)-10                            | Способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности   |

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**  
 Отделение **электронной инженерии**

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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

| Группа | ФИО                         |
|--------|-----------------------------|
| 1ВМ91  | Захарову Дмитрию Сергеевичу |

Тема работы:

|   |                       |
|---|-----------------------|
| <b>«Конструирование и расчет приспособления для сборки и сварки секции стрелы подъемного механизма»</b> |                       |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)   | 22-74/с от 22.01.2021 |

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 08.06.2021 |
|--|------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

| <b>Исходные данные к работе</b><br><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i> | Объектом разработки является приспособление для сборки и сварки секции стрелы подъемного механизма. Секция стрелы входит в состав крана, входящий в группу технических устройств «Подъемно-транспортное оборудование (ПТО)» и служит для подъема и перемещения грузов в пространстве. |
|--|---|
|  |   |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание и назначение секции стрелы подъёмного механизма.</li> <li>2. Анализ сварной конструкции и назначение секции стрелы.</li> <li>3. Выбор основного и сварочного материалов.</li> <li>4. Расчёт режимов сварки и выбор сварочного оборудования.</li> <li>5. Разработка технологического процесса</li> <li>6. Разработка схем базирования и принципиальной схемы приспособления.</li> <li>7. Расчёт деформаций</li> <li>8. Выбор зажимного устройства</li> <li>9. Проектирование основания приспособления</li> <li>10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>11. Социальная ответственность.</li> <li>12. Заключение и выводы.</li> </ol> |
|--|---|

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Титульный лист (название работы), цель, задачи.</li> <li>2. Материалы, оборудование и методы конструирования.</li> <li>3. Детализовка секции стрелы</li> <li>4. Схема базирования и принципиальная схема приспособления</li> <li>5. Обзор приспособления</li> <li>6. Экономическая часть, и социальная ответственность.</li> <li>7. Заключение и выводы</li> </ol> |
|--|--|

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

| Раздел | Консультант   |
|--------|---------------|
| 1-3    | Першина А.А.  |
| 4      | Гасанов М.А.  |
| 5      | Федорчук Ю.М. |

|   |
|---|
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b> |
| Анализ сварной конструкции  |
| Analysis of a welded structure  |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 05.02.2021 |
|---|------------|

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 1ВМ91  | Захаров Дмитрий Сергеевич |         |      |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                  |
| 1ВМ91         | Захарову Дмитрию Сергеевичу |

|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| <b>Школа</b>        | <b>Отделение школы (НОЦ)</b> |
| Уровень образования | Направление/специальность    |
| Магистратура        | 15.04.01<br>«Машиностроение» |

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

|  |  |
|--|--|
| <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | Оклад руководителя - 59904 руб.<br>Оклад студента - 7020 руб.  |
| <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>   | Премиальный коэффициент руководителя 30 %;<br>Премиальный коэффициент студента 30 %;<br>Надбавки руководителя 20-30 %;<br>Надбавки инженера 20-30 %;<br>Дополнительной заработной платы 12 %;<br>Накладные расходы 16 %;<br>Районный коэффициент 30 %. |
| <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>                                  | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %  |

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

|   |   |
|---|---|
| <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>   | - Анализ конкурентных технических решений.  |
| <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>  | - Цель и результат НИ.  |
| <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i> | Формирование плана и графика разработки:<br>- определение структуры работ;<br>- определение трудоемкости работ;<br>Формирование бюджета затрат на научное исследование:<br>- материальные затраты;<br>- заработная плата (основная и дополнительная);<br>- отчисления на социальные цели;<br>- накладные расходы. |
| <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>   | - Определение эффективности исследования.   |

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

|  |
|--|
| <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i><br><i>Сегментирование рынка</i><br><i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i><br><i>Матрица SWOT</i><br><i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i><br><i>Расчет затрат НТИ</i><br><i>Отчисления во внебюджетные фонды</i><br><i>Накладные расходы</i> |
|--|

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

#### Задание выдал консультант:

|                  |              |                               |                |             |
|------------------|--------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>   | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| Профессор        | Гасанов М.А. | Д.Э.Н.                        |                | 27.02.2021  |

#### Задание принял к исполнению студент:

|               |                           |                |             |
|---------------|---------------------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 1ВМ91         | Захаров Дмитрий Сергеевич |                | 27.02.2021  |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                |
| 1ВМ91         | Захаров Дмитрий Сергеевич |

|                            |              |                                  |   |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|---|
| <b>ШКОЛА</b>               | <b>ИШНКБ</b> | <b>Отделение школы (НОЦ)</b>     |   |
| <b>Уровень образования</b> | Магистр      | <b>Направление/специальность</b> | 15.04.01<br>Машиностроение<br>«Машины и технологии сварочного производства» |

**Тема дипломной работы: «Конструирование и расчет приспособления для сборки и сварки секции стрелы подъемного механизма»**

|   |  |
|---|--|
| <b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>  |  |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения  | «Конструирование и расчет приспособления для сборки и сварки секции стрелы подъемного механизма»<br>Изделие входит в группу технических устройств «Подъемно-транспортное оборудование (ПТО)», состоящее в перечне групп опасных производственных объектов.   |
| <b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>   |  |
| <b>1. Производственная безопасность</b><br>1.1. Анализ выявленных вредных факторов<br>- Природа воздействия<br>- Действие на организм человека<br>- Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов)<br>- СИЗ коллективные и индивидуальные<br>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:<br>- Термические источники опасности<br>- Электробезопасность<br>- Пожаробезопасности | <b>Вредные факторы:</b><br>- Недостаточная освещенность;<br>- Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;<br>- Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;<br>- Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;<br>- Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ;<br><b>Опасные факторы:</b><br>- Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R <sub>заземления</sub> , СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;<br>- Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации. |
| <b>2. Экологическая безопасность:</b><br>- Выбросы в окружающую среду<br>- Решения по обеспечению экологической безопасности  | Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов, бракованная строительная продукция) и способы их утилизации.  |

|   |  |
|---|--|
| <b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b><br>- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;<br>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;<br>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. | Рассмотрены 2 ситуации ЧС:<br>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);<br>2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае. |
| <b>4. Перечень нормативно-технической документации.</b>   | (ГОСТы, СанПиНы, СНиПы);   |

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

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Профессор | Федорчук Ю.М. | д.т.н.                 |         | 27.02.2021 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата        |
|--------|---------------------------|---------|-------------|
| 1ВМ91  | Захаров Дмитрий Сергеевич |         | 27.02.2021. |



Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**  
 Уровень образования **магистратура**  
 Отделение **электронной инженерии**  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний/ весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы

магистерская диссертация

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 08.06.2021 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)   | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 18.03.2021    | Сбор литературных данных  | 5                                  |
| 06.04.2021    | Проведение анализа учебной литературы, периодических изданий, нормативно-технической документации, с целью систематизации информации о возникновении и правке сварочных деформаций возникающих после сварки | 10                                 |
| 10.04.2021    | Обзор существующих методов сборки и сварки подобных конструкций   | 10                                 |
| 20.04.2021    | Изучение требований к изготовлению конструкции  | 15                                 |
| 08.05.2021    | Разработка технологического процесса сборки и сварки изделия  | 20                                 |
| 31.05.2021    | Финансовый менеджмент   | 10                                 |
| 03.06.2021    | Социальная ответственность  | 10                                 |
| 04.06.2021    | Английский язык   | 10                                 |
| 05.06.2021    | Заключение  | 5                                  |
| 06.06.2020    | Презентация   | 5                                  |

#### Составил преподаватель:

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

#### СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП             | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| 15.04.01<br>«Машиностроение» | Киселев А.С. | к.т.н.                 |         |      |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 112 с., 12 рис., 17 табл., 19 источников.

Ключевые слова: приспособление для сборки и сварки, механизированная сварка, сварка в среде защитных газов, секция стрелы, расчёт режимов сварки, остаточные деформации, сварочная установка.

Объектом исследования является разработка приспособления для сборки и сварки секции стрелы подъёмного механизма.

Цели работы: конструирование и расчёт приспособления для сборки и сварки секции стрелы подъёмного механизма.

В процессе исследования проводились анализы существующих способов сварки подобных сварных конструкций, способы правки остаточных деформаций.

В результате исследования было разработано приспособление для сборки и сварки.

Степень внедрения: проявление интереса к исследуемой установке и технологии сварки у большего числа предприятий.

Область применения: данный способ конструирования и расчёта приспособления может применяться в разных отраслях: судостроении, промышленном и гражданском строительстве.

Экономическая эффективность/значимость работы: сравнив значения показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется унификация данной технологии сварки с моделями автоматических сварочных линий.

## Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;
- Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;
- ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;
- СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;
- СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение;
- ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- ГОСТ 12.1.019-70 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
- ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в ЧС. Основные положения;
- Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания;
- ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования к безопасности;
- ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

В настоящей работе использованы следующие сокращения: ОГСв – отдел главного сварщика;

ОТК – отдел технического контроля;

РМРС – Российский морской регистр судоходства; СПС – спецификация процесса сварки;

$I_{св}$  – сварочный ток;  $U_{д}$  – напряжение дуги;

$t_{под}$  – время подачи (движения) балки;  $t_{фл}$  – время подачи флюса;

$t_{св}$  – время подачи сварочного тока (время сварки);  $t_{нр}$  – время активации нижних прижимных роликов;  $t_{вспом}$  – время вспомогательных операций:

$t_{зак}$  – время активации боковых прижимных роликов;

$F_{вр}$  – сила прижима верхнего прижимного ролика во время работы установки;

$I_{нагр}$  – ток индукционных нагревателей во время работы установки.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 15 |
| 1 Описание и назначение секции стрелы подъёмного механизма.....                                  | 16 |
| 1.1 Анализ сварной конструкции .....   | 16 |
| 1.2 Назначение секции стрелы подъёмного механизма и условия её эксплуатации .....                | 17 |
| 2 Технологическая часть .....  | 18 |
| 2.1 Выбор материала конструкции.....   | 18 |
| 2.2 Обзор существующих методов сборки и сварки подобных конструкций и выбор способа сварки ..... | 19 |
| 2.3 Выбор сварочных материалов .....   | 20 |
| 2.4 Расчёт режимов сварки.....   | 25 |
| 2.5 Выбор сварочного оборудования .....  | 30 |
| 2.6 Разработка технологического процесса сборки и сварки секции стрелы ..                        | 32 |
| 2.7 Контроль качества.....   | 33 |
| 3 Конструкторская часть .....  | 37 |
| 3.1 Разработка схемы базирования деталей короба .....  | 37 |
| 3.2 Разработка схемы базирования короба.....   | 37 |
| 3.3 Разработка принципиальной схемы приспособления для сборки и сварки короба .....              | 38 |
| 3.4 Размерные цепи приспособления.....   | 39 |
| 3.5 Схема действия сил на детали .....   | 41 |
| 3.6 Усилия прижатия свариваемых деталей в приспособлении .....                                   | 42 |
| 3.7 Выбор зажимного устройства.....  | 44 |
| 3.8 Проектирование и расчёт основания приспособления для сборки и сварки .....                   | 47 |
| 3.9 Направляющие элементы приспособления для сборки и сварки .....                               | 48 |
| 3.10 Расчёт нижней опорной балки корпуса приспособления для сборки и сварки секции стрелы .....  | 48 |
| 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....                           | 51 |
| 4.1 Предпроектный анализ и потенциальные потребители результатов .....                           | 51 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.2 SWOT анализ .....  | 55  |
| 4.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического<br>исследования .....  | 61  |
| 4.5 Расчет материальных затрат НТИ .....   | 62  |
| 4.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....  | 64  |
| 4.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды.....  | 65  |
| 4.5.4 Накладные расходы .....  | 65  |
| 5 Социальная ответственность .....   | 68  |
| 5.1 Введение.....  | 68  |
| 5.2 Анализ имеющихся вредных и опасных факторов .....  | 68  |
| 5.2.1 Категория тяжести труда.....   | 69  |
| 5.2.2 Вредные факторы.....   | 70  |
| 5.2.3 Опасные факторы.....   | 80  |
| 5.3 Экологичность разрабатываемой темы .....   | 87  |
| 5.4 Обеспечение устойчивой работы предприятия в чрезвычайных ситуациях<br>.....  | 87  |
| Заключение .....   | 89  |
| Список использованный источников .....   | 90  |
| Приложение А. Design and calculation of a fixture for assembly and welding of the<br>boom section of the lifting mechanism ..... | 92  |
| Приложение Б. Технологический процесс сборки и сварки секции стрелы ....   | 103 |

## **Введение**

Сборочно-сварочные приспособления при изготовлении сварочной конструкции позволяют решать задачу повышения производительности труда и качества сборки и сварки конструкции. Актуальность данной работы заключается в разработке приспособления, позволяющее расширить технологические возможности сварочного оборудования, повысить производительность за счёт механизации процесса, снизить уровень требуемой квалификации персонала и понизить себестоимость конструкции.

Объектом исследования является конструкция секции стрелы подъёмного механизма, входящая в состав погрузочного крана, который в свою очередь входит в группу технических устройств «Подъёмно-транспортное оборудование (ПТО)», состоящее в перечне групп опасных производственных объектов, поэтому обеспечение качества при сварке подобных конструкций играет важную роль.

Целью данной работы является конструирование и расчёт приспособления для сборки и сварки секции стрелы подъёмного механизма, которое позволит изготовить сварную конструкции требуемой точности.

Для достижения поставленной цели предлагается решить следующие задачи:

- провести анализ сварной конструкции и выполнить обзор существующих методов сборки и сварки;
- произвести выбор материала конструкции и сварочных материалов;
- рассчитать режимы сварки и подобрать сварочное оборудование;
- выполнить описание технологического процесса изготовления изделия;
- рассчитать размерные цепи изделия и приспособления;
- произвести расчёт сварочных деформаций;
- выбрать конструкцию основания приспособления и спроектировать приспособление.

# 1 Описание и назначение секции стрелы подъёмного механизма

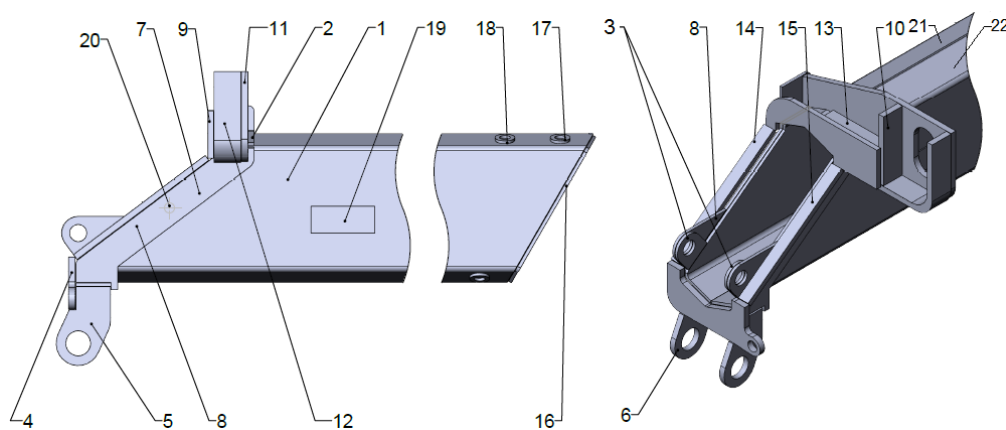
## 1.1 Анализ сварной конструкции

При конструировании приспособления для сборки и сварки изделия используются основные исходные данные, которыми являются чертежи изделия и технологическая документация на процесс его изготовления. Разработку технологического процесса в соответствии с Р 50-54-93-88, необходимо начинать с анализа его технологичности.

Секция стрелы подъёмного механизма входит в состав основных элементов погрузочного крана и является одной из наиболее важных и ответственных частей, обеспечивающая необходимое значение вылета и (или) высоту подъема грузозахватного органа.

Представляет собой сварную конструкцию коробчатого сечения, состоящую из двух листов, которые образуют основную сборочную единицу изделия – короб, к которому приваривают последующие сварные части и детали.

Внешний вид секции стрелы (рис. 1). Конструктивно изделие состоит из 27 деталей: лист (3 шт.); крышка (1 шт.); накладка (3 шт.); ребро (3 шт.); ухо (4 шт.); полоса (2 шт.); втулка (8 шт.); лист короба (2 шт.) и бирка (1 шт.). Общая масса изделия составляет 108,19 кг.



1 – Короб; 2 – Накладка; 3 – Ухо; 4 – Лист; 5,6 – Ухо; 7,8 – Накладка; 9 – Лист; 10 – Ребро; 11 – Лист; 12 – Ребро; 13 – Ребро; 14,15 – Полоса; 16 – Крышка; 17,18 – Втулка; 19 – Бирка; 20 – Элементы электрооборудования; 21,22 – Лист короба.

Рисунок 1 – Секция стрелы подъёмного механизма



## **1.2 Назначение секции стрелы подъёмного механизма и условия её эксплуатации**

Данное изделие входит в состав стрелы крана, который в свою очередь является грузоподъёмной машиной с силовым приводом, предназначенная для подъёма и перемещения грузов в пространстве и т.п.

Кран входит в группу технических устройств «Подъёмно-транспортное оборудование (ПТО)», которые состоят в перечне групп опасных производственных объектов.

Погрузочные краны создаются с учётом требований, где прописаны основные положения, правила разработки, применения и рекомендации. Условия эксплуатации зависят от назначения изделия и прописаны в соответствующих технических заданиях, стандартов и технических условиях.

Одним из основополагающих документов возьмём ГОСТ 33171-2014 [1], в котором изложены общие технические требования к конструкции, а также требования для изготовления, модернизации и реконструкции кранов, что поможет обеспечить заданную надёжность и безопасность, при эксплуатации данного изделия, которое будет использоваться как современное оборудование, изготовленное в соответствии с новым стандартом.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Выбор материала конструкции

Для выбора и оценки пригодности основного материала, рассмотрим ГОСТ 32578-2013 [2], цель которого является совершенствование и унификация методов выбора и оценки пригодности материала для металлических конструкций кранов.

Материал для изготовления конструкции должен обладать прочностью и надёжностью, иметь хорошее сопротивление нагрузкам, и наряду с высокой прочностью, обладать вязкостью. Самое лучшее сочетание прочности, долговечности и надёжности имеет сталь, в большинстве случаев она является основным материалом для изготовления ответственных конструкций, которые подвергаются нагрузкам.

В качестве основного материала, выбранного по ГОСТ 32578-2013 [2], наибольшее применение находит сталь 09Г2С.

Сталь 09Г2С – сталь конструкционная низколегированная кремнемарганцовистая, предназначенная для изготовления деталей сварных конструкций.

Химический состав и механические свойства стали приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19281-2014 [3].

| Марка стали | Массовая доля элементов, % |           |           |          |       |               |          |      |               |                  |
|-------------|----------------------------|-----------|-----------|----------|-------|---------------|----------|------|---------------|------------------|
|             | С                          | Si        | Mn        | P        | S     | Cr            | Ni       | Cu   | V             | Других элементов |
|             |                            |           |           | не более |       |               | не более |      |               |                  |
| 09Г2С       | не более 0,12              | 0,50-0,80 | 1,30-1,70 | 0,030    | 0,035 | не более 0,30 | 0,30     | 0,30 | не более 0,12 | не более 0,05    |

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014 [3].

| Марка стали | Толщина проката | Механические свойства |                      |              |
|-------------|-----------------|-----------------------|----------------------|--------------|
|             |                 | $\sigma_B$ , МПа      | $\sigma_{0,2}$ , МПа | $\delta$ , % |
| 09Г2С       | До 140,0 включ. | 480                   | 345                  | 21           |

## 2.2 Обзор существующих методов сборки и сварки подобных конструкций и выбор способа сварки

Согласно ГОСТ 34587-2019 [4], прописывающий требования к изготовлению металлических конструкций кранов, сварка при изготовлении производится в соответствии с требованиями технологического процесса, устанавливающего способ сварки, порядок выполнения швов и режимы сварки. Технологии выполнения сварки, которые используются при изготовлении грузоподъемных машин, подлежат аттестации в соответствии с нормативными документами государств, принявших настоящий стандарт.

Так как секция стрелы подъемного механизма является геометрически сложной конструкцией, то не все способы сварки будут подходить для её производства. Ручная дуговая сварка будет обладать низкой производительностью, к тому же для качественного выполнения сварных швов нужен будет квалифицированный сварщик, автоматическая сварка тоже не найдёт своё применение по причине отсутствия типовых компонентов конструкции и из-за конструктивных особенностей аппарата, которые не позволят произвести сварку некоторых деталей. Исходя из этого, целесообразно будет назначить механизированный способ сварки плавящимся электродом проволокой сплошного сечения в среде инертных газов, какой и назначен в исходном задании.

Механизированная (полуавтоматическая) сварка – процесс сварки, с автоматически подающейся электродной проволокой в зону сварки и

одновременно поступающим в эту же зону защитным газом, который обеспечивает защиту электродного и основного металлов.

Принцип этого способа сварки достаточно понятен, процесс управления горелкой происходит вручную, а подача проволоки автоматически, из сопла горелки выходит проволока, которая подаётся с катушки при помощи подающего механизма (подвод сварочного тока осуществляется через скользящий контакт) и смесь защитных газов, которая в свою очередь вытесняет воздух из зоны сварки.

Выбираем сварку в среде защитной смеси  $Ar+CO_2$  плавящимся электродом.

Такой вид сварки является распространённым на предприятиях машиностроительной отрасли, к тому же имея ряд преимуществ, такие как:

- высокие механические свойства сварных швов;
- меньшая склонность к образованию горячих трещин;
- меньшая себестоимость сварочных работ;
- высокая производительность;
- сварка во всех пространственных положениях;
- лёгкая техника сварки.

### **2.3 Выбор сварочных материалов**

В исходном задании указано, чтобы механические свойства сварных швов были не ниже нижнего предела свойств основного металла. Что бы выполнить это условие, нужно правильно подобрать сварочные материалы.

Состав металла сварного шва при сварке плавлением, формируется в результате расплавления составов основного и присадочного материалов и их долями, а также при сварке в защитных газах влияет состав самого защитного газа и ход металлургических реакций в общей сварочной ванне.

Проволокой, которая в нашем случае является присадочным материалом, можно в достаточных пределах изменять состав и свойства металла шва. Состав металла проволоки выбирается близким к составу основного металла за счёт чего

и обеспечиваются необходимые свойства сварного шва. Для выбранного материала нашей конструкции, стали 09Г2С, нужно вести сварку проволокой с повышенным содержанием элементов – раскислителей. Для сварки низкоуглеродистых, низколегированных и аустенитных сталей, необходима проволока, которая будет с одной стороны приблизительно совпадать с составом свариваемого материала, а с другой стороны – легировать металл шва, тем самым компенсируя окисление легирующих элементов в основном металле при его сварке. В книге Акулова [5], даны рекомендации по выбору сварочных материалов, исходя из вышеперечисленных условий и рекомендациям, для сварки стали 09Г2С целесообразно выбрать проволоку Св-08Г2С ГОСТ 2246-70 [6], химический состав приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав проволоки Св-08Г2С

| Марка проволоки | Химический состав, % |           |           |               |               |    |                |                |                 |
|-----------------|----------------------|-----------|-----------|---------------|---------------|----|----------------|----------------|-----------------|
|                 | С                    | Si        | Mn        | Cr            | Ni            | Mo | S              | P              | Прочие элементы |
| Св-08Г2С        | 0,05-0,11            | 0,70-0,95 | 1,80-2,10 | не более 0,20 | не более 0,25 | -  | не более 0,025 | не более 0,030 | -               |

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. Свариваемость – это свойство металла или сочетание металлов, при котором образовывается при установленной технологии соединения, которое отвечает требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. Следовательно, под свариваемостью нужно понимать отношение металлов к этим основным процессам, поэтому свариваемость рассматривают с технологической и физической точки зрения.

Под физической свариваемостью понимается способность рассматриваемого материала давать неразъёмное соединение, путём внутренних связей между частицами (молекулами, атомами) материалов, которые соединяются, вне зависимости от способа сварки.

Под технологической свариваемостью понимают способность данного материала давать при рассматриваемой технологии сварки неразъёмное соединение, которое удовлетворяет определённым требованиям.

Технологическая свариваемость металлов зависит от многих факторов: степени легирования, химической активности металлов, структуры и содержания примесей. Поэтому, чем более химически активен металл, тем больше его склонность к взаимодействию с окружающей средой и в первую очередь к окислению, поэтому в этом случае должны быть выше качество защиты и возможность металлургической обработки при сварке. В данном случае наивысшее значение защиты обеспечит инертный газ.

Наибольшее влияние на свариваемость сталей оказывает углерод, при увеличении его содержания, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей будет становиться хуже. Одни из главных трудностей при сварке этих деталей, будет являться склонность к образованию горячим трещинам, холодным трещинам и чувствительности к закаливанию при обеспечении равнопрочности сварных соединений. Для ориентировочных количественных показателей свариваемости стали из известного химического состава, является определение по формуле эквивалентного содержания углерода, которые делается на группы: хорошо сваривающиеся стали, удовлетворительно сваривающиеся стали, ограниченно свариваемые стали и плохо свариваемые стали.

В ряде случаев при сварке из-за высокой температуры нагрева, малого объёма сварочной ванны, специфичностью атмосферы над сварочной ванной, а также формы и конструкции свариваемых деталей, обуславливаются нежелательные последствия:

- отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химических свойств, структуры и свойств основного металла;
- изменение в зоне термического влияния структуры и свойств основного металла;

- возникновение значительных напряжений в сварной конструкции, которые способствуют в ряде случаев образованию трещин;
- образование в процессе сварки тугоплавких окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающие его качества;
- образование газовых раковин и пористости в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения.

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны используем смесь Ar и CO<sub>2</sub>. Смесь изготавливается в соотношении (18-20) % углекислоты и (80-82) % аргона высшего сорта по ГОСТ 10157-2016 [7].

Температура сварочной ванны является основным параметром, который определяет направление и интенсивность физико-химических процессов в ней.

Из-за повышения доли теплоты, выделяющейся в результате химических реакций и некоторым напряжением дуги, тепловые характеристики дуги при сварке Ar+CO<sub>2</sub> возрастают. При высокой температуре дуги происходит реакция диссоциации [7].



Вводимое в изделие количество тепла увеличивается с повышением температуры, что способствует снижению скорости охлаждения. С увеличением содержания кислорода в смеси, время существования ванны в жидком состоянии увеличивается, что способствует более полному удалению неметаллических включений и дегазации металла сварочной ванны.

Растекаясь по поверхности аргон, довольно длительно защищает широкую и протяжную зону как расплавленного, так и нагретого при сварке металла.

При сварке в смеси Ar+CO<sub>2</sub> плавящимся электродом в зоне высоких температур происходит разложение CO<sub>2</sub> по реакции [7]:



Окисление металла происходит по реакции [7]:



Большая концентрации окиси углерода, которая будет тормозить этот процесс и задерживать окисление углерода стали [7]:



Когда происходит сварка в смеси, содержащая  $\text{CO}_2$ , то происходит потеря легирующих элементов, что приводит к повышенному содержанию кислорода в металле сварочной ванны. В следствии чего происходит выделение оксида углерода в процессе кристаллизации, из-за чего возрастает вероятность образования дефектов пор и снижаются механические свойства металла шва. Предотвращение таких дефектов предотвращается, если металл шва содержит углерод, до (0,12-0,14) % и не ниже (0,5-0,8) % марганца. В таком случае металл шва будет характеризоваться малой склонностью к тому, чтобы образовывались поры и трещины, а также будет наблюдаться проявление достаточных высоких механических свойств.

При сварке низкоуглеродистых сталей при использовании кремне-марганцовистых электродных проволок, которые обеспечивают малую загрязнённость металла шва оксидными включениями, в большинстве случаев, сварные швы получаются без пор.

Кислород, который растворен в металле, связывают содержащие в проволоке марганец и кремний, обладая тем самым сродством к кислороду: [7]



Всплывающие на поверхность сварочной ванны в виде шлака окислы марганца и кремния, способствуют образования легкоплавкого соединения. Поэтому количество шлака при сварке, составляет примерно до 1,5 % массы наплавленного металла, а содержание в наплавленном металле шва выполняемый в среде  $\text{Ar}+\text{CO}_2$  и проволокой Св-08Г2С, будет оставаться на необходимом уровне.

Сварка в смеси  $\text{CO}_2$  способствует по сравнению с другими способами сварки повышенному разбрызгиванию металла, вылетающие капли расплавленного металла летят на поверхность детали, сопло горелки и



мундштук, тем самым происходит их налипание, что приводит к нарушению равномерной подачи электродной проволоки. Поэтому периодически нужно очищать от брызг сопло и токопроводящий мундштук.

Добавление в смесь аргона 80 %, будет способствовать на значительное снижение разбрызгивания электродного металла, так как в процессе происходит переход в дуге от крупнокапельного переноса, к струйному, это будет способствовать улучшению сплавления, уменьшит подрезы, увеличит производительность сварки и позволит получить более качественные и плотные сварные швы.

## **2.4 Расчёт режимов сварки**

Формы и размеры шва оказывают существенное влияние на прочность и работоспособность сварного соединения и в значительной степени определяют стойкость его против образования трещин и пор, вероятность образования не проваров, подрезов, наплывов и других дефектов формирования, плавность перехода к основному металлу, расход сварочных материалов и электроэнергии и производительность процесса.

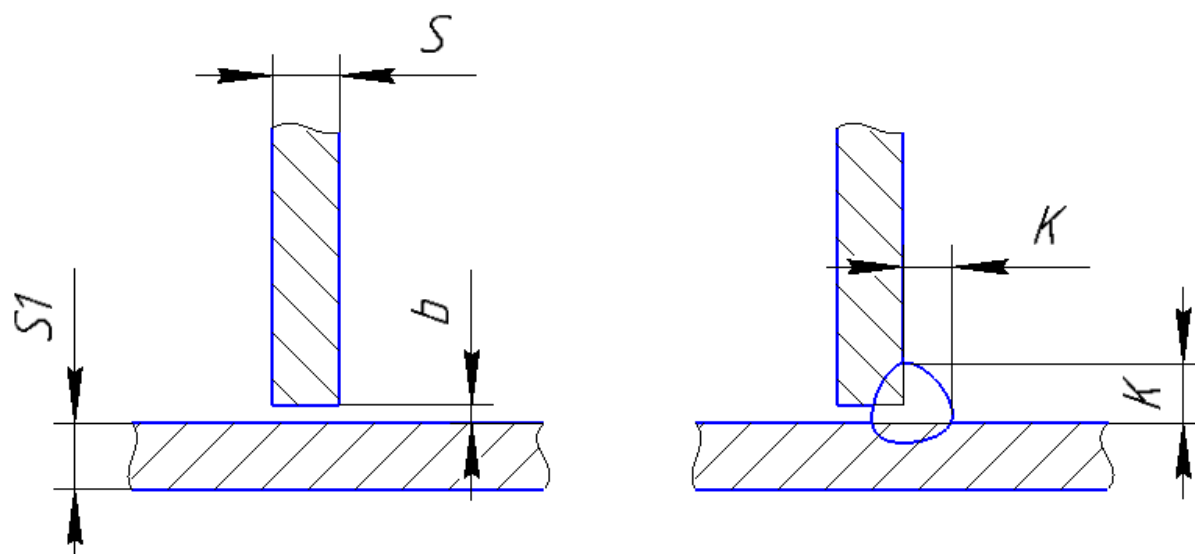
Размеры шва и его конфигурация определяются типом шва и режимом его выполнения и назначаются в зависимости от конкретной задачи.

К основным элементам режима при сварке и наплавки в среде защитных газов плавящимся электродом, относятся величина сварочного тока, диаметр электродной проволоки, напряжение на дуге, скорость подачи электродной проволоки, расход защитного газа и вылет электрода.

С целью выбора оптимальных параметров режимов сварки, при которых гарантируется отсутствие прожогов и непроваров, а также хорошее формирование шва используем методику, для расчета режимов механизированной сварки в среде защитных газов  $Ar+CO_2$ , изложенную в учебном пособии [8].

Секция стрелы подъёмного механизма сваривается из листов, толщиной 6 и 12 мм. Так как изделие имеет большое количество свариваемых деталей, то для их соединения используются различные типы сварных швов – нахлесточные (Н1), тавровые (Т1, Т3), угловые (У4, У5) и стыковое (С10). Геометрические размеры вышеуказанных швов выдерживаются по ГОСТ 14771-76 [9].

Для примера произведём расчёт параметров режима сварки для соединения типа Т1 (рис. 2).



$S_1, S_2$  – толщина деталей;  $b$  – зазор между деталями;  $K$  – катет шва.

Рисунок – 2 Тавровое соединение типа Т1

Первоначально для расчёта режима сварки, зададим диаметр электродной проволоки  $d_э$ , его назначение будет зависеть от толщины свариваемой детали и способа сварки, по рекомендациям [8], выберем  $d_э = 1,6$  мм.

Далее рассчитаем силу сварочного тока по формуле (8). для полуавтоматической сварки в среде защитных газов. Расчёт будет производиться по диаметру электрода и по плотности тока  $j$ , по рекомендациям [8], примем  $j = 150$  А/мм<sup>2</sup>, из этого получаем:

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

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 140 = 281 \text{ А},$$

Примем  $I_{св} = 280$  А.

Полученное значение сварочного тока и выбранный диаметр электродной проволоки позволят нам определить оптимальное напряжение дуги по формуле (9):

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (9)$$

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 280 \pm 1 = 25 \pm 1 \text{ В},$$

Примем полученное значение  $U_d = 25$  В.

Определим коэффициент формы провара по формуле (10):

$$\Psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_э \cdot U_d}{I_{св}} \quad (10)$$

$$\Psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 280) \cdot \frac{1,6 \cdot 25}{280} = 2,0.$$

Согласно рекомендациям [8], если  $j \geq 120$  А/мм<sup>2</sup>, то величина коэффициента  $K' = 0,92$ .

Значение коэффициента формы провара получилось в допуске, так как для механизированной сварки он должен составлять (0,8 – 4,0). Соответственно посчитанное значение выше, находится в данном интервале, откуда следует что режимы подобраны верно.

Далее предстоит определить коэффициент наплавки  $\alpha_n$  для механизированных способов сварки в смеси газов, для этого воспользуемся формулой (11):

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \Psi_n),$$

где  $\Psi_n$  – коэффициент потерь, в относительных единицах.

Согласно анализу экспериментальных данных, которые были получены при сварке в среде защитного газа, проволокой Св-08Г2С показал, что величина этого коэффициента для сварки при оптимальных значениях напряжения дуги зависит от плотности тока. Следующее уравнение (12), позволяет рассчитать данную величину коэффициента потерь в диапазоне тока  $j = (60 - 320)$  А/мм<sup>2</sup>:

$$\Psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (12)$$

известные значения  $j$  подставим в данную формулу и получим:

$$\Psi_{\Pi} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 140 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 140^2 = 11,22 \%$$

Для определения коэффициента наплавки, нам не хватает ещё одного составляющего – коэффициента расплавления  $\alpha_p$ , который рассчитаем по формуле (13):

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}} \cdot \frac{I_{\text{выл}}}{d_3^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{140} \cdot \frac{2}{1,6} = 9,5 \text{ г/А}\cdot\text{ч}, \quad (13)$$

Величина вылета электрода  $I_{\text{выл}}$ , выбирается в пределах (1-2) см по рекомендации [8].

Все рассчитанные выше значения, подставим в формулу (11), для расчёта коэффициента наплавки и получим:

$$9,5 \cdot (1 - 0,112) = 8,5 \text{ г/А}\cdot\text{ч}.$$

Имея нужные некоторые значения, рассчитанные ранее, можем рассчитать скорость сварки по формуле (14):

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}} = \frac{8,5 \cdot 280}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,18} = 0,47 \text{ см/с} = 17 \text{ м/ч}, \quad (14)$$

где  $\gamma$  – плотность наплавленного металла;

$F_{\text{н}}$  – площадь сечения наплавленного металла сварного соединения Т1 с катетом 6 мм (рис. 2), рассчитывается по формуле (15):

$$F_{\text{н}} = \frac{K^2}{2} = \frac{6^2}{2} = 18 \text{ мм}^2. \quad (15)$$

Затем, определим скорость подачи электродной проволоки при механизированной сварки по формуле (16):

$$V_{\text{пэл}} = \frac{\alpha_p \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot F_{\text{эл}} \cdot \gamma} \quad (16)$$

$$V_{\text{пэл}} = \frac{9,5 \cdot 140}{3600 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 7,8} \approx 4,7 \text{ см/с} = 170 \text{ м/ч},$$

где  $\gamma$  – плотность электродного металла, проволоки, г/см<sup>3</sup>;

$F_{\text{эл}}$  площадь поперечного сечения электрода, см<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле (17):

$$F_{\text{эл}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}, \quad (17)$$

$$F_{эл} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \text{ см}^2.$$

При сварке проволокой (1,6 – 2,0) мм площадь первого прохода будет составлять (20-40) мм<sup>2</sup>, второго (40-60) мм<sup>2</sup>, и последующих (40-100) мм<sup>2</sup>.

Что бы посчитать количество теплоты, которое введётся на единицу сварного шва, следует посчитать погонную энергию, рассчитываемая по формуле (18):

$$q_{п} = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}}, \quad (18)$$

$$q_{п} = \frac{0,82 \cdot 280 \cdot 25}{0,47} = 12212 \text{ Дж/см},$$

где  $\eta_u$  – эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, составляющий при сварке в смеси защитных газов (0,8..0,84), примем  $\eta_u = 0,82$ .

Расход защитного газа посчитаем по формуле (19):

$$q_{зг} = 0,21 \cdot I_{св}^{0,75}, \quad (19)$$

$$0,21 \cdot 280^{0,75} = 15 \text{ л/мин.}$$

По рекомендациям [8], где показаны типовые параметры режима сварки, для механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитного газа, рекомендуются следующие параметры для расхода газа:

для стыковых и угловых швов, при толщине металла (6,0-8,0) мм, расход газа будет равен (16-18) л/мин.

Расчёты параметров режимов сварки для остальных типов соединений (Н1, Т3, У4, У5 и др.), проведём аналогичным образом. Полученные значения сравним с типовыми режимами, которые рекомендованы в источнике [8], далее сравним их и результаты проведённых расчётов для всех сварных швов сведём в таблицу 4.

Таблица 4 – Общие параметры режимов сварки для сварных швов секции стрелы подъёмного механизма

| Номер шва | Тип соединения | Величина катета, мм | Сила тока, А | Напряжение, В | Диаметр электродной проволоки, мм | Скорость сварки, м/ч | Вылет электрода, мм | Расход Ar+CO <sub>2</sub> л/мин |
|-----------|----------------|---------------------|--------------|---------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1         | H1             | 2                   | 80-100       | 18-20         | 1,6                               | 18-24                | 2                   | 10-12                           |
| 2         | H1             | 4                   | 140-180      | 22-28         |                                   | 18-22                |                     | 14-16                           |
| 3         | H1             | 6                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 4         | T1             | 6                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 5         | T1             | 10                  | 280-300      | 28-30         |                                   | 29-31                |                     | 16-18                           |
| 6         | T3             | 6                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 7         | У4             | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 8         | У5             | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 9         | C10            | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 10        | Нест.          | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 11        | Нест.          | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 12        | Нест.          | -                   | 270-290      | 28-30         |                                   | 29-31                |                     | 16-18                           |
| 13        | Нест.          | -                   | 280-300      | 28-30         |                                   | 29-31                |                     | 16-18                           |
| 14        | Нест.          | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 15        | Нест.          | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 16        | Нест.          | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 17        | Нест.          | -                   | 280-300      | 28-30         |                                   | 29-31                |                     | 16-18                           |
| 18        | Нест.          | -                   | 270-290      | 25-27         |                                   | 17-19                |                     | 16-18                           |
| 19        | Нест.          | -                   | 280-300      | 28-30         |                                   | 29-31                |                     | 16-18                           |

## 2.5 Выбор сварочного оборудования

Для обеспечения требуемого качества сварных швов и обеспечения высокой производительности, в соответствии с принятыми методами и режимами сварки, нужно произвести выбор сварочного оборудования, которое

позволит в широких пределах регулировать параметры собственных статических и динамических характеристик. Это обеспечит эффективное управление процессами тепло- и массопереноса, силовым воздействием дуги на сварочную ванну, что обеспечивает управляемость процесса сварки в различных положениях и качественный провар корня шва. Для сварочных работ выберем модульное оборудование фирмы KEMPPИ, серии FastMig M [10], (рис. 3).



Рисунок 3 - Сварочный полуавтомат KEMPPИ FastMig M 420

В комплект оборудования входит:

- источник питания FastMig M 420 Power source;
- механизм подачи проволоки MXF 65 EL Wire feeder;
- сварочная горелка GX 403W;
- блок охлаждения FastCool 10.

Выбранный сварочный полуавтомат предназначен для полуавтоматической сварки изделий и является высокотехнологичным сварочным оборудованием, отличающимся высочайшими характеристиками рабочего цикла, компактным корпусом и малой массы, что и обеспечивает повышение производительности и мобильности при работе. Система управления данного аппарата обеспечит хорошее зажигание дуги, отличительные сварные характеристики и стабилизированные параметры режимов сварки. Поэтому при выборе уже однажды отработанных режимов нет необходимости в их корректировке при изменении внешних факторов (температуры и влажности

среды, напряжения питающей сети и др.), что очень важно при сварке ответственных конструкций. Основные характеристики оборудования приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики сварочного полуавтомата КЕМРРІ FastMig M 420

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Напряжение питающей сети    | 380 В              |
| Частота питающей сети       | (50/60) Гц         |
| Диапазон сварочного тока    | (20 – 420) А       |
| Рабочее напряжение          | (12 – 44) В        |
| Выходной ток, ПВ 100 %      | 380 А              |
| Подающий механизм           | Выносной           |
| Количество роликов          | 4 шт.              |
| Диаметр сварочной проволоки | 1.6 мм             |
| Скорость подачи проволоки   | (0 – 25) м/мин     |
| Габариты                    | 590 x 440 x 430 мм |

## **2.6 Разработка технологического процесса сборки и сварки секции стрелы**

Технологический процесс сборки и сварки секции стрелы подъёмного механизма является как основополагающий при выборе конструкции приспособления. При правильном его составлении будет достигаться цель определения наиболее выгодной последовательности сборки и сварки, обеспечивающей выполнение технологических требований при изготовлении изделия, что в свою очередь позволит добиться упрощения изготовления, применение минимальной рабочей силы и сокращение времени для производства изделия.

Сборка секции стрелы будет производиться в 2 этапа, это сборка короба (рис. 3) и полная сборка секции стрелы (рис. 4).



Операции сборки и сварки и их последовательность представлены в маршрутном описании технологического процесса в приложении Б.

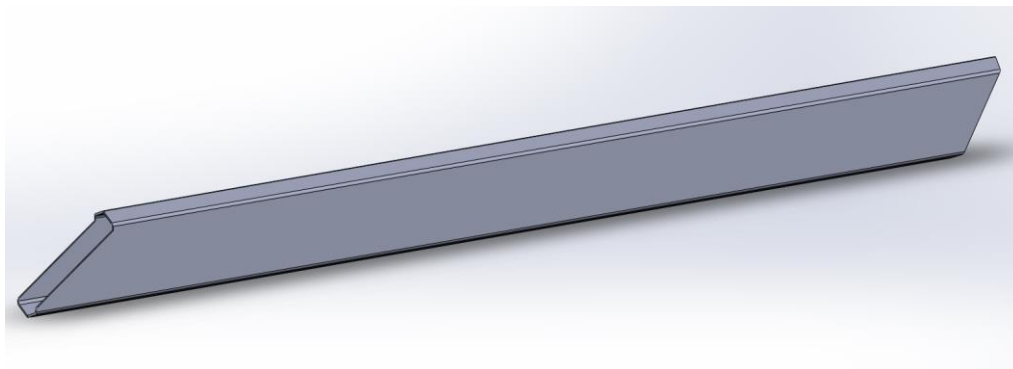


Рисунок 3 – Сборка короба

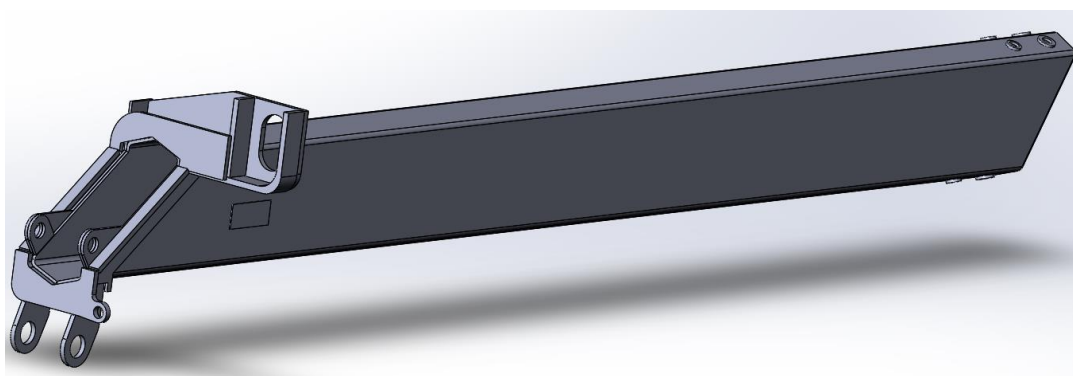


Рисунок 4 – Сборка секции стрелы

## 2.7 Контроль качества

Для выявления причин появления брака и предупреждения его, необходимо проводить предварительный и пооперационный контроль качества изготовления изделия. Дефекты сварных соединений могут быть вызваны низким качеством сварочных материалов, неудовлетворительной подготовкой поверхностей под сварку и наплавку, нарушением технологии и режимов сварки, недостаточной квалификацией сварщика, неисправностью оборудования и другими причинами.

Для контроля швов секции стрелы подъёмного механизма используются визуально-измерительный (ВИК), ультразвуковой (УЗК) и капиллярный (ПВК) методы контроля.

Визуально измерительный контроль, далее ВИК – один из основных методов неразрушающего контроля, основан на возможностях зрения определять поверхностные дефекты.

Ультразвуковой контроль, далее УЗК, основан на механических колебаниях частиц. Ультразвуковая волна, создаваемая пьезоэлектрическим преобразователем, проникает в глубь металла и обнаруживая на своем пути дефекты отражается и принимается преобразователем. Данные обрабатываются ультразвуковым прибором и отображаются на экране в виде диаграмм.

Капиллярный метод неразрушающего контроля (ПВК) основан на проникновении внутрь поверхностной несплошности индикаторной жидкости с последующей регистрацией индикаторных следов, возникающих вследствие взаимодействия индикаторной жидкости, оставшейся в полости капилляра, с проявителем.

ВИК проводят на стадиях:

- входного контроля;
- подготовки деталей и сборочных единиц к сварке;
- процесса сварки;
- контроля готовых сварных соединений;
- оценки состояния материала и сварных соединений в процессе эксплуатации.

Обнаружение поверхностных дефектов происходит невооруженным глазом или с использованием визуально–оптических приборов до двадцатикратного увеличения.

Для измерения применяются измерительные приборы, внесенные в Государственный реестр средств измерений. Измерительные приборы и инструменты для проведения контроля должны проходить проверку или

калибровку в метрологических службах, аккредитованных Госстандартом России.

При ВИК применяют:

- лупы, и измерительные;
- линейки измерительные металлические;
- угольники поверочные 90 градусные лекальные;
- штангенциркули, штангенрейсмасы и штангенглубиномеры;
- щупы;
- микрометры;
- шаблоны, в том числе специальные и универсальные;
- штриховые меры длины (стальные измерительные линейки, рулетки).

Ультразвуковой контроль, далее УЗК, основан на механических колебаниях частиц. Ультразвуковая волна, создаваемая пьезоэлектрическим преобразователем, проникает в глубь металла и обнаруживая на своем пути дефекты отражается и принимается преобразователем. Данные обрабатываются ультразвуковым прибором и отображаются на экране в виде диаграмм.

УЗК проводят ручным методом или механизированным способом. Механизированный или автоматизированный способ набирает большую популярность в неразрушающем контроле. В данном проекте большое количество сварных соединений проверяется методом УЗК, поэтому рекомендуется проводить УЗК механизированным способом, в качестве прибора будем использовать ультразвуковой дефектоскоп на фазированных решётках HARFANG VEO.

Дефектоскоп обеспечивает высокую производительность контроля изделий из металла за счёт применения многоканальных преобразователей на фазированных решётках, в том числе роликового типа. Для обеспечения акустического контакта применяют специальные контактные смазки, в том числе, специализированные пасты, гели отечественного и зарубежного производства, или контактные смазки на основе технических смазок и масел. Это гораздо экономичнее чем использование радиографического метода.

Достоинства УЗК: высокая выявляемость плоскостных дефектов; высокая точность местонахождения дефектов; высокая скорость сканирования в механизированном методе; возможность сохранять результаты контроля и выводить информацию на любые носители; экономичность метода.

К недостаткам УЗК можно отнести: наличие мертвой зоны в области малых толщин исследуемых объектов; трудность идентификации результатов контроля; необходимость механической подготовки к контролю, шероховатость поверхности не менее Rz40.

Капиллярный контроль изделий осуществляют с помощью дефектоскопических материалов, представляющих собой наборы, в которые входят: индикаторный пенетрант, очищающая жидкость и проявитель. Индикаторный пенетрант представляет собой раствор или суспензию красителя или люминофора в смеси органических растворителей. В качестве основы индикаторных пенетрантов применяют бензол, керосин, скипидар, ксилол и другие вещества, трудно смываемые водой.

В исходном задании указано, что контроль (ВИК) проводят в соответствии с инструкцией по визуальному контролю РД-03-606-03 [20], методом (УЗК) по ГОСТ Р 55724-2013 [21] и методом капиллярного контроля по РД РОСЭК-004-97 [22].

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Разработка схемы базирования деталей короба

Придание изделию требуемого положения относительно выбранной системе координат позволяет базирование, представляющее собой схематичное изображение в проекциях и указанием мест расположения опорных точек, которые выбираются в соответствии с ГОСТ 21495-76 [11].

Для начала проведём базирование левого листа короба (рис. 5). Лист лишается 5 степеней свободы. Выбираем второй комплект баз, в который входит две направляющие базы и одна опорная.

Направляющие базы (1,2,3,4,5,6,7 и 8) лишают лист 2 степеней свободы: перемещения вдоль оси  $Ox$  и вращения вокруг осей  $Oy$  и  $Oz$ . Направляющие базы (9,10,11,12,13,14,15 и 16) лишают 2 степеней свободы: перемещения вдоль оси  $Oy$  и вращения вокруг осей  $Oz$  и  $Ox$ . Использование опорной базы (17) лишает лист возможности перемещения по оси  $Oz$ .

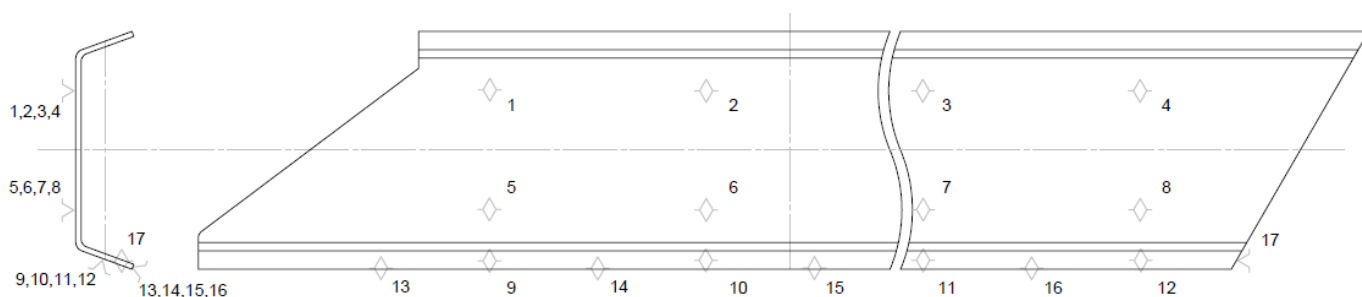


Рисунок 5 – Схема базирования левого листа короба

Схема базирования правого листа короба, будет аналогична схеме базирования левого листа короба.

#### 3.2 Разработка схемы базирования короба

Для разработки схемы базирования короба выберем первый полный комплект баз, в которой входит: установочная, направляющая и опорная базы.

На установочной плоскости размещается 8 точек баз (1,2,3,4,5,6,7 и 8), которые лишают возможности перемещения короба вдоль оси  $Ox$  и вращения вокруг осей  $Oy$  и  $Oz$ . Направляющая база (9,10,11,12,13,14,15 и 16) используется для лишения возможности перемещения вдоль оси  $Oy$  и вращения вокруг осей  $Oz$  и  $Ox$ . Использование опорной базы (17) лишает короб возможности перемещения вдоль оси  $Oz$ . Установочная база лишает короб трёх степеней свободы, направляющая двух и опорная одной. Схема базирования конструкции изображена на рисунке 6.

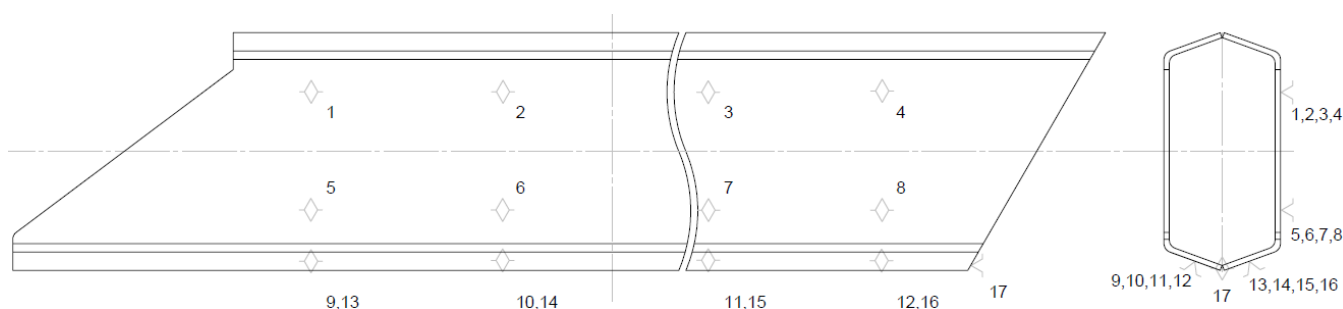


Рисунок 6 – Схема базирования короба

### 3.3 Разработка принципиальной схемы приспособления для сборки и сварки короба

При разработке принципиальной схемы приспособления необходимо учитывать выбранную схему базирования (рис. 6). При сборке под сварку собираемых деталей в изделие, нужно их последовательно ориентировать, учитывать их совмещение в зависимости с размерами сборочного чертежа и временные закрепления этих деталей перед сварочной операцией с помощью зажимных устройств. Так же исходя из схемы базирования будут определяться тип и размеры зажимных и установочных элементов, их взаимное расположение и количество.

Схема представляет собой чертёж рассматриваемого изделия, на котором указаны места в виде условных обозначений и способы для закрепления и фиксирования деталей сварной конструкции, а также различные способы для

установки, подъёмов, поворотов, съёмов деталей и изделий и другие механизмы (Рисунок 7) [12].

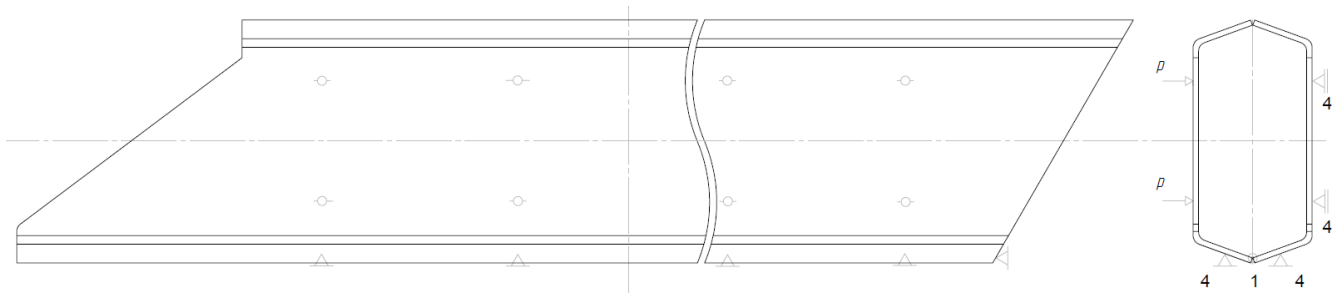


Рисунок 7 – Принципиальная схема приспособления для сборки и сварки  
короба

### 3.4 Размерные цепи приспособления

При сборке конструкции точность перед сваркой будет определяться точностью размера между опорными базами приспособления и плотностью прилегания собираемых деталей к этим поверхностям.

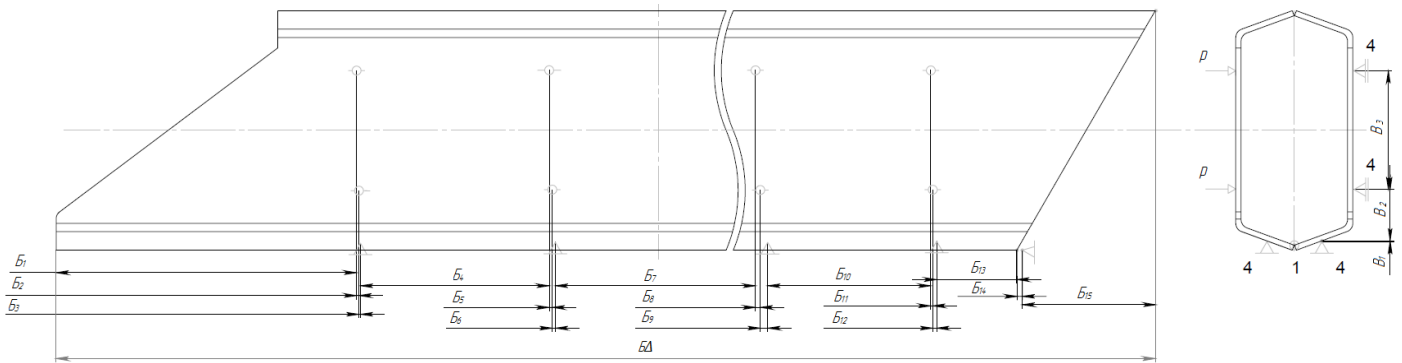


Рисунок 8 – Размерная цепь приспособления

На рисунке 8 замыкающим звеном является  $B\Delta$ , увеличивающими

$\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3, \vec{B}_4, \vec{B}_5, \vec{B}_6, \vec{B}_7, \vec{B}_8, \vec{B}_9, \vec{B}_{10}, \vec{B}_{11}, \vec{B}_{12}, \vec{B}_{13}, \vec{B}_{14}, \vec{B}_{15}$ , где  $\vec{B}_1 = 652^{+0,1}$ ;  
 $\vec{B}_2 = 0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_3 = 0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_4 = 660^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_5 = 0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_6 = 0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_7 = 660^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_8 = 0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_9 =$   
 $0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_{10} = 660^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_{11} = 0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_{12} = 0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_{13} = 228^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_{14} = 0^{+0,1}$ ;  $\vec{B}_{15} = 157^{+0,1}$ .

Подставляя значения в формулу (19), рассчитаем номинальный размер замыкающего звена и получим:

$$B_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i - \sum_{n+1}^{m-1} \vec{B}_i, \quad (19)$$

где  $\vec{B}_i$  - сумма номинальных размеров увеличивающих звеньев;  $\vec{A}_i$  - сумма номинальных размеров уменьшающих звеньев.

Подставляем значения в формулу (19) и получаем:

$$B_{\Delta} = 625+0+0+0+660+0+0+660+0+0+660+0+0+228+0+157=2990 \text{ мм.}$$

Верхний предельный размер замыкающего звена, мм

$$\Delta_{VB_{\Delta}} = \sum_{i=1}^n A_{VB_i} - \sum_{n+1}^{m-1} A_{NB_i}, \quad (20)$$

где  $\sum_{i=1}^n A_{VB_i}$  - сумма наибольших предельных размеров увеличивающих звеньев;  $\sum_{n+1}^{m-1} A_{NB_i}$  - сумма наименьших предельных размеров уменьшающих звеньев.

Подставляем значения в формулу (2) и получаем:

$$\Delta_{VB_2} = 625,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 660,1 + 0,1 + 0,1 + 660,1 + 0,1 + 0,1 + 660,1 + 0,1 + 0,1 + 228,1 + 0,1 + 157,1 = 2991,6 \text{ мм.}$$

Нижний предельный размер замыкающего звена

$$\Delta_{NB_{\Delta}} = \sum_{i=1}^n A_{NB_i} - \sum_{n+1}^{m-1} A_{VB_i}, \quad (21)$$

где  $\sum_{i=1}^n A_{NB_i}$  - сумма наименьших предельных размеров увеличивающих звеньев;  $\sum_{n+1}^{m-1} A_{VB_i}$  - сумма наибольших предельных размеров уменьшающих звеньев.

Подставляем значения в формулу (21) и получаем:

$$\Delta_{NB} = 624,9 + 0 + 0 + 0 + 659,9 + 0 + 0 + 659,9 + 0 + 0 + 659,9 + 0 + 0 + 227,9 + 0 + 156,9 = 2989,4 \text{ мм.}$$

Верхнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (22):

$$\Delta_{VB_{\Delta}} - B_{\Delta} = 2991,6 - 2990 = 1,6 \text{ мм.} \quad (22)$$

Нижнее предельное отклонение замыкающего звена

$$\Delta_{NB_{\Delta}} - B_{\Delta} = 2988,4 - 2990 = -1,6. \quad (23)$$



Следовательно, размер замыкающего звена составит

$$A_{\text{зам}} = 2990_{-1,6}^{+1,6} \text{ мм.}$$

На рисунке 8 замыкающим звеном является ВД, увеличивающими  $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$ , где  $\vec{B}_1 = 0^{+0,2}$ ;  $\vec{B}_2 = 56,8^{+0,3}$ ;  $\vec{B}_3 = 133^{+0,5}$ .

Подставляем в формулу (19) и получаем:

$$ВД = 0 + 56,8 + 133,2 = 190 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (20) и получаем:

$$\Delta_{ВВ_{\Delta}} = 0,2 + 57,1 + 133,5 = 190,8 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу 21 и получаем:

$$\Delta_{НВ_{\Delta}} = 0 + 56,5 + 132,5 = 189 \text{ мм.}$$

Верхнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (22):

$$\Delta_{ВВ_{\Delta}} - В_{\Delta} = 190,8 - 190 = 0,8 \text{ мм.}$$

Нижнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (23):

$$\Delta_{НВ_{\Delta}} = 189 - 190 = 1 \text{ мм.}$$

Следовательно размер замыкающего звена будет равен:

$$В_{\text{зам}} = 190_{-1}^{+0,8} \text{ мм.}$$

### 3.5 Схема действия сил на детали

При обеспечении неподвижности детали в приспособлении, постоянства её положения при повороте, плотного прилегания поверхностей к опорам приспособления, удержание сварных деталей от деформации необходимо обеспечить силовое замыкание детали. Её базирование и одновременное силовое замыкание и будет называться установкой.

При определении требуемого усилия зажима необходимо иметь учёт коэффициента запаса, который будет предусматривать непостоянство установки, отклонение формы и размеров заготовок, также износ опорных и зажимных элементов приспособления, выберем для механизированных – 1,5.

Вспользуемся формулой (24), связывающая массу изделия и коэффициент трения между опорными элементами приспособления и поверхности детали, для обеспечения неподвижности детали в приспособлении и постоянства её места положения при повороте.

$$P = \frac{k \cdot G \cdot \mu}{n}, \quad (24)$$

где  $k$  – коэффициент запаса;

$G$  – масса изделия, кг;

$\mu$  – коэффициент трения стали по стали, принимаемый 0,16 для чистых обработанных поверхностей;

$n$  – количество прижимов.

Определим усилие прижатия изделия:

$$\frac{1,5 \cdot 90,86 \cdot 0,16}{n} = \frac{22}{2} = 11 \text{ Н.}$$

Для выбора зажимного устройства необходимо составить схему действия сил на детали сварочной конструкции, выбрать точки приложения, направление этих сил при зажиме. В два этапа ведётся определение требуемых сил закрепления деталей. Первый этап теоретическим расчётом или экспериментальным будет определяться форма и размеры остаточных деформаций при сварке. Второй этап – расчётным путём, будут определяться усилия и моменты.

### **3.6 Усилия прижатия свариваемых деталей в приспособлении**

При нахождении сил, удерживающих изделие от деформирования и обеспечения плотного прижатия деталей по теории сварочных деформаций, нужно определить форму остаточных сварочных деформаций или фактических отклонений, далее расчётным путём установить усилия, которые необходимы для сведения этих деформаций к нулю.

Зная вид деформации сварного соединения и его величину, можно рассчитать усилие прижатия свариваемых деталей, которое необходимо развить в зажимных устройствах приспособления.

Осевой изгиб наблюдается чаще всего в балочных конструкциях и встречается при сварке пластин (рис. 9). Такой прогиб появляется под действием момента, возникающего при усадочной силе за счет эксцентриситета между центром тяжести шва и центром тяжести сварного соединения.

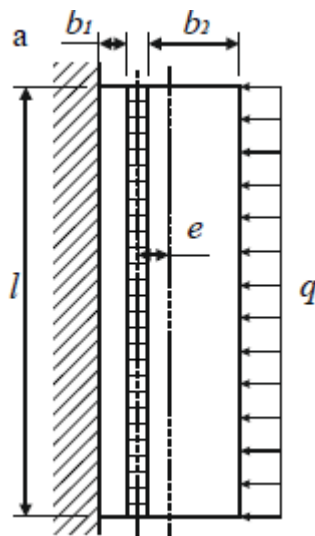


Рисунок 9 – Схемы закрепления детали при осевом продольном изгибе.

Чтобы предотвратить изгиб сварного соединения, наличие которого может привести к смещению электрода от центра шва, его можно закрепить по схеме, представленной из рисунка (9).

$$P = \frac{b^3 \cdot E \cdot \operatorname{tg} \alpha}{4 \cdot l^2}, \quad (25)$$

где  $b$  – толщина детали, мм;

$E$  – модуль упругости стали, МПа;

$\alpha$  – угол поворота детали.

Необходимо проверить, чтобы напряжение, возникающее в шве при таком методе расчета, не превышало предела текучести.

Для таврового соединения напряжение изгиба:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{6 \cdot P \cdot l}{(b + k)^2} \quad (26)$$

где –  $k$  – катет сварного шва, мм.

Расчетная эффективная мощность:

$$q_p = \frac{q}{V_{св} S_p^2}, \quad (27)$$

где –  $S_p$  – расчетная толщина металла, мм;

$q/V_{св}$  – погонная энергия сварки, Дж/м.

Найдем значение расчетной эффективной мощности по формуле (9):

$$q_p = \frac{0,85 \cdot 22 \cdot 210}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,004^2} = 7 \cdot 10^9 \text{ Дж/м}^3,$$

На номограмме (рис. 6) нет необходимого значения скорости,  $V_{св}=35$  м/ч, но можно предположить, что угол  $\beta$  равен 1, т.к. все если смотреть по оси абсцисс, то почти все кривые пересекаются в этой точке.

Тогда по формуле (7):

$$P = \frac{0,004^3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot \text{tg}1}{4 \cdot 0,107^2} = 5,1 \text{ кН}$$

Напряжение изгиба по формуле (8):

$$\sigma_{и} = \frac{6 \cdot 5,1 \cdot 10^3 \cdot 0,107}{(0,004 + 0,003)^2} = 67 \text{ МПа.}$$

Предел текучести стали 09Г2С – 205 МПа, следовательно, пластической деформации не произойдет.

### 3.7 Выбор зажимного устройства

Для обеспечения требуемого расчётами усилия для прижатия свариваемых деталей и плотного прилегания базовых поверхностей детали к опорам и упорам приспособления, используются различные прижимы и зажимы.

Отличие прижимов от зажимов заключается в действии силе прижатия, у прижимов оно одностороннее. К прижимам и зажимам предъявляются требования.

1. Прилагаемое усилие должно прилагаться к выбранной точке и иметь направление, которое указана в схеме закрепления.

2. Расположение прижимов должно быть над опорами или вблизи них.
3. Заранее проведённый расчёт необходимо проводить для элементов прижимов, также это способствует предохранению его от деформаций, а не наоборот.
4. Что бы не нарушать заданное положение, усилия от прижимов должны восприниматься жёсткими опорами.
5. Прижимы должны быть быстродействующими, удобными и безопасными при работе с ними.

Для сокращения времени на зажатие деталей используются пневматические и гидравлические прижимы, позволяющие обеспечивать требуемые усилия прижатия одновременно в нескольких точках.

Пневматические прижимы часто используют на предприятиях при наличии сети сжатого воздуха, сравнительной простоты конструкции, надежности при работе и удобству управления. Несмотря на вышеуказанные достоинства пневмоприводов гидравлические прижимы превосходят их по нескольким параметрам, что способствует выбору в пользу гидропривода. Также выбор в пользу гидропривода делается при необходимости увеличения хода штока, так как они обеспечивают плавность и бесшумность в работе. Пневмоцилиндры при большом ходе штока работают рывками и со значительным шумом, создавая добавочную динамическую нагрузку на все связанные с цилиндрами механизмы и опорные конструкции.

По схеме расчета пневматические и гидравлические прижимы схожи, и при индивидуальном проектировании расчет производится по заданному усилию зажатия детали. В цилиндрах одностороннего действия с возвратной пружиной по формуле (28):

$$P = Q \frac{\pi D^2}{4} \eta - P_{\text{пруж}}, \quad (28)$$

где  $Q$  – давление сжатого воздуха или масла в цилиндре, МПа;  $D$  – диаметр цилиндра, мм;  $d$  – диаметр штока, мм;  $\eta$  – коэффициент полезного действия,

учитывающий потери на трение в манжетах, уплотнениях и направляющих штока.

Требуемое усилие пневмо- или гидроцилиндра сопоставляется с данными по ГОСТ и выбирается ближайший типоразмер цилиндра. Общие технические требования к конструкциям пневмоприводов представлены в ГОСТ 18460-81.

Расчет силовых цилиндров производится в зависимости от усилия на штоке  $P$ , диаметра цилиндра  $D$  и давления в цилиндре  $Q$ .

Диаметр штока рассчитывается исходя из условий прочности под действием силы зажима. Шток изготавливается из нержавеющей стали (например, 12X18H10T), допускаемое напряжение на сжатие  $[\sigma]=184$  МПа.

Тогда

$$\sigma = \frac{P_2}{F} \leq [\sigma]$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения штока, равная

$$F = \frac{\pi d^2}{4}$$

$P_2$  - усилие на штоке равно  $Q = 1800$  Н/мм.

Тогда,

$$\sigma = \frac{4 \cdot P_2}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma] \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot P_2}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1800}{3,14 \cdot 184}} = 7,3 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр штока 8 мм. Принимаем диаметр цилиндра  $D$ , равным 100 мм.

В цилиндрах двустороннего действия при толкающем движении штока:

$$P = Q \frac{\pi D^2}{4} \eta, \quad (28)$$

где  $\eta$  – коэффициент полезного действия, равный (0,85...0,95).

$Q$  – давление сжатого воздуха или масла в цилиндре, МПа.

Найдем давление в цилиндре по формуле (8):

$$Q = \frac{4P}{\pi D^2 \eta} = \frac{4 \cdot 1800}{3,14 \cdot 100^2 \cdot 0,9} = 1 \text{ МПа} = 10 \text{ бар},$$

В цилиндрах двустороннего действия при тянущем движении штока:

$$P = Q \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \eta, \quad (29)$$

Найдем давление в цилиндре по формуле (29):

$$Q = \frac{4P}{\pi(D^2 - d^2)\eta} = \frac{4 \cdot 1800}{3,14 \cdot (100^2 - 8^2) \cdot 0,9} = 1,1 \text{ МПа} = 11 \text{ бар.}$$

Усилие, которое требуется для пневмо- и гидроцилиндра сопоставляется с данными ГОСТ и выбирается ближайший типоразмер цилиндра. По ГОСТ 15608-81 [13], определим основные параметры пневмоцилиндра.

### **3.8 Проектирование и расчёт основания приспособления для сборки и сварки**

Корпус и основание являются базовыми деталями и считаются наиболее ответственными элементами приспособления, с помощью которых все детали и устройства будут объединяться в единое целое. Их основные функции считаются обеспечение заданного расположения всех элементов и устройств, восприятие силы обработки и зажима изделия.

Предъявляемые основные требования к корпусу и основанию приспособления являются технологичность, рациональное конструктивное оформление, обладание малой массы и быть компактным.

Корпуса и основания в зависимости от условий их эксплуатаций изготавливаются из материалов, обладающие хорошими демпфирующими свойствами, либо высокой прочностью или лёгкостью.

Экономически целесообразно изготавливаются сварно-литые, сварно-кованные, сварно-штампованные основания, а также применяют для их производства низколегированные стали с повышенной прочностью.

При изготовлении сварных оснований соблюдаются нижеперечисленные условия:

- одним сварным швом не должно присоединяться более двух деталей;

- обеспечение высокой усталостной прочности соединения конфигурацией сварного шва;
- свариваемые детали должны иметь близкую или одинаковую толщину;
- значительные деформации не должны возникать из-за расположения швов;
- обеспечение симметричного расположения рёбер, которые усиливают основание приспособление;
- необходимое обеспечение припуска для окончательной обработки поверхностей и термообработка для снятия внутренних напряжений.

### **3.9 Направляющие элементы приспособления для сборки и сварки**

Направляющие элементы приспособления для сборки и сварки относятся к вспомогательным элементам технологической оснастки. В качестве направляющих элементов будут использоваться будут использоваться различного рода кронштейны, отличающиеся размерами и представляющие собой стойки.

Частно стока кронштейна собирается и сваривается из отдельных элементов. Применение прокатного профиля снижает временные и материальные затраты при изготовлении стойки, поэтому нужно добиться максимального использования профильного проката при конструировании стоек, кронштейнов и подобных деталей.

### **3.10 Расчёт нижней опорной балки корпуса приспособления для сборки и сварки секции стрелы**

У стационарных зажимных устройств, обычно установленных на полу цеха, нижняя продольная балка основания приспособления может укрепляться на жёстком основании фундамента, поэтому её деформации и напряжения могут быть сведены к нулю путём соответствующего усиления фундамента. При



установке нижней балки на отдельные опоры, а не на сплошной фундамент, то её необходимо рассчитывать на прочность и жёсткость.

Расчёт основания приспособления конструкции на прочность и жёсткость сводится к схеме расчёта нижней оперной балки, которая опёрта по двум концам и нагружена равномерно распределённой нагрузкой.

Равномерная распределённая нагрузка  $q$  (кгс/мм<sup>2</sup>) будет складываться из собственного веса опорной балки  $G_n$  (кгс/мм<sup>2</sup>), требуемого усилия зажатия деталей и веса изделия, устанавливаемого в приспособление  $G_d$  (кгс/мм<sup>2</sup>) по формуле (30):

$$q = 2P + G_n + G_d, \quad (30)$$

где  $p$  – требуемое усилие зажатия деталей, установленных на опорной балке (кгс/мм),  $g_n$  – собственный вес нижней балки (кгс/мм)

Изгибающий момент под действием равномерно распределенной нагрузки будет рассчитываться по формуле (31):

$$M_{\text{изг}} = \frac{qL^2}{8} = \frac{(2P + G_n + G_d)L^2}{8}, \quad (31)$$

Под действием изгибающего момента прогиб нижней балки ( $f$ ) составит:

$$f = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{(2P + G_n + G_d)L^4}{EI}, \quad (32)$$

где  $E$  – модуль упругости, МПа;  $I$  – момент инерции сечения балки, см<sup>4</sup>. Значения моментов инерции представлены в ГОСТах на соответствующий металлопрокат.

Проверка стола на прочность

Принимаем, что вес всех конструкций, расположенных на столе, составляет равномерно распределенную нагрузку.

Вес короба равен 7236 Н, вес приспособлений принимаем равным весу короба 7236 Н, тогда общий вес нагрузки равен 14472 Н; общая распределенная нагрузка будет равна  $g=2412$  Н/м.

Свободный пролет  $l=1,4$  м.

Тогда максимальный изгибающий момент в самом опасном месте сечения рассчитывается по формуле (33):

$$M^{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{2412 \cdot 1,4^2}{8} = 591 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (33)$$

Прочность на поперечный изгиб определяется по формуле (31):

$$\sigma = \frac{M^{\max}}{W_x[\sigma]}. \quad (34)$$

Осевой момент сопротивления находим по формуле:

$$W_x = 2 \frac{bh^2}{6} = \frac{14 \cdot 5^2}{6} = 1167 \text{ см}^3 = 1167 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3, \quad (35)$$

где  $b$  – длина свободного пролета стола, 1400 мм;  $h$  – высота профиля, 50 мм.

Тогда прочность стола будет равна:

$$\sigma = \frac{591}{1167 \cdot 10^{-6}} = 0,5 \text{ Мпа} \leq 210 \text{ Мпа}$$

Не превышает допустимых значений.

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

Данный раздел посвящён определению перспективности и успешности научно-исследовательского проекта разработка механизма управления и сопровождение проектных решений на этапе реализации, для обеспечения цели нужно решить ряд задач, с учётом решения этих задач будет сформированная структура рассматриваемого раздела. Объектом исследования будет выступать Выпускная квалификационная работа по теме «Конструирование и расчет приспособления для сборки и сварки секции стрелы подъемного механизма», выполняемая в рамках научно-исследовательской работы, основная задача которой является конструирование и расчёт приспособления для сборки и сварки сварной конструкции.






### **4.1 Предпроектный анализ и потенциальные потребители результатов**

Рассмотрим целевой рынок и проведём его сегментирование для анализа потребителей результатов.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга) [13].

Сегментировать рынок услуг можно по степени потребности использования данных расчетов. Результат сегментирования представлены на рисунке 10.

|         | Вид производства  |   |   |   |
|---------|---|---|---|---|
|         | Подъемно-транспортное оборудование  | Металлургическое оборудование   | Оборудование для транспортировки опасных грузов                                     | Строительные конструкции  |
| Крупные |  |  |  |   |
| Средние |  |   |   |  |
| Мелкие  |   |  |  |  |

 Фирма А     Фирма Б     Фирма В

Рисунок 10 – Карта сегментации рынка услуг по разработке крановых конструкций

Так как рынки пребывают в постоянном движении, то детальный анализ существующих на рынке конкурирующих разработок нужно проводить систематически. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

О конкурентных разработках с такой целью может быть использована вся имеющиеся информация:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

При исследовании необходимо проанализировать конкурентные технические решения, используемые на сегодняшний день в промышленности, такие как уменьшение остаточных деформаций и качественная подготовка поверхностей. Широкое применение нашел способ ручной обработки металлических поверхностей к сварке и предварительный подогрев свариваемых кромок. На сегодняшний день используют разного рода технологии для уменьшения сварочных деформаций.

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты. Используемые техники уменьшения сварочных деформации для получения качественной продукции:

1. А – дробеструйная обработка поверхностей;
2. В – предварительный индукционный подогрев свариваемых кромок
3. С – механическая правка готовых изделий.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведены в таблице X, подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей, разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (36):

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (36)$$

где:

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя;

$B_i$  – балл  $i$ -ого показателя.

Таким образом, конкурентоспособность рассматриваемых продуктов составляет:

$$K_A = 0,45 + 0,35 + 0,5 + 0,35 + 0,35 + 0,35 + 0,15 + 0,15 + 0,25 + 0,1 + 0,3 + 0,1 + 0,3 + 0,25 + 0,25 + 0,25 = 4,0.$$

$$K_B = 0,6 + 0,35 + 0,5 + 0,28 + 0,28 + 0,35 + 0,15 + 0,15 + 0,25 + 0,15 + 0,06 + 0,1 + 0,3 + 0,25 + 0,25 + 0,25 = 4,27.$$

$$K_C = 0,35 + 0,35 + 0,3 + 0,28 + 0,21 + 0,35 + 0,15 + 0,05 + 0,25 + 0,1 + 0,12 + 0,15 + 0,24 + 0,15 + 0,15 + 0,25 = 3,9.$$

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений и разработок

| Критерии оценки   | Вес критерия | Баллы          |                |                | Конкурентно-способность |                |                |
|---|--------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|
|   |              | Б <sub>А</sub> | Б <sub>В</sub> | Б <sub>С</sub> | К <sub>А</sub>          | К <sub>В</sub> | К <sub>С</sub> |
| 1   | 2            | 3              | 4              | 5              | 6                       | 7              | 8              |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности        |              |                |                |                |                         |                |                |
| 1. Повышение производительности труда                   | 0,1          | 5              | 5              | 3              | 0,45                    | 0,6            | 0,35           |
| 2. Удобство в эксплуатации                              | 0,07         | 5              | 5              | 5              | 0,35                    | 0,35           | 0,35           |
| 3. Уровень качества сварных соединений                  | 0,1          | 5              | 5              | 3              | 0,5                     | 0,5            | 0,3            |
| 4. Энергоэкономичность                                  | 0,07         | 5              | 4              | 4              | 0,35                    | 0,28           | 0,28           |
| 5. Надежность   | 0,07         | 5              | 4              | 3              | 0,35                    | 0,28           | 0,21           |
| 6. Уровень производимого шума                           | 0,07         | 5              | 5              | 5              | 0,35                    | 0,35           | 0,35           |
| 7. Необходимость в высококвалифицированных специалистах | 0,05         | 3              | 3              | 3              | 0,15                    | 0,15           | 0,15           |
| 8. Функциональная мощность                              | 0,05         | 3              | 3              | 1              | 0,15                    | 0,15           | 0,05           |
| 9. Простота в эксплуатации                              | 0,05         | 5              | 5              | 5              | 0,25                    | 0,25           | 0,25           |
| 10. Качество интеллектуального интерфейса               | 0,05         | 2              | 3              | 2              | 0,1                     | 0,15           | 0,1            |
| Экономические критерии оценки эффективности             |              |                |                |                |                         |                |                |
| 1. Конкурентоспособность продукта                       | 0,06         | 5              | 1              | 2              | 0,3                     | 0,06           | 0,12           |
| 2. Уровень проникновения на рынке                       | 0,05         | 2              | 2              | 3              | 0,1                     | 0,1            | 0,15           |
| 3. Цена   | 0,06         | 5              | 5              | 4              | 0,3                     | 0,3            | 0,24           |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации                     | 0,05         | 5              | 5              | 3              | 0,25                    | 0,25           | 0,15           |
| 5. Срок эксплуатации                                    | 0,05         | 5              | 5              | 3              | 0,25                    | 0,25           | 0,15           |
| 6. Наличие сертификации разработок                      | 0,05         | 5              | 5              | 5              | 0,25                    | 0,25           | 0,25           |
| Итого   | 1            | 70             | 65             | 54             | 4,5                     | 4,17           | 3,4            |

Исходя из проведенного выше анализа можно сделать вывод, что технология «А» имеет ряд преимуществ над своими аналогами. При использовании данной технологии значительно снижается процент брака и повышается производительность работы что, безусловно, повышает количество и качество выпускаемых изделий. Также используя технологию «Б» можно повысить качество изготавливаемой продукции. Стоит отметить сочетание технологий «А» и «Б», что приведет к широкому диапазону возможностей, а именно уменьшить количество возврата бракованных изделий.

## **4.2 SWOT анализ**

SWOT анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз по его осуществлению. Этот анализ проводят для выявления внешней и внутренней среды проекта. Проводится этот анализ в три этапа.

### **Первый этап**

Данный этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны проекта – это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

- Легкое внедрение в текущее производство – С1;
- Повышенные показатели качества и скорости производства– С2;
- Использование современного оборудования– С3;
- Имеется высококвалифицированный персонал – С4;

- Наличие интереса со стороны потенциальных потребителей – С5. К слабым сторонам проекта относятся:

- Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости–Сл.1;

- Отсутствие возможности изготовления в полевых условиях – Сл.2;

- Узкая область применения – Сл.3;

- Отсутствие интереса со стороны потенциальных потребителей – Сл.4.

- К возможностям проекта относятся:

- Возможность внедрения линии подготовки, сборки и сварки в другие отрасли производства– В1;

- Стабильно возрастающая потребность в изготовлении подобного рода продукции– В2;

- Отсутствие аналогов у конкурентноспособных предприятий– В3. К угрозам относятся:

- Появление других научных разработок – У1;

- Отсутствие интереса руководства к данному исследованию ввиду высокой стоимости оборудования – У2.

Второй этап

Данный этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.



Таблица 7 – Интерактивная таблица проекта

| Сильные стороны |    |      |      |      |      |    |
|-----------------|----|------|------|------|------|----|
| Возможности     |    | C1   | C2   | C3   | C4   | C5 |
|                 | B1 | -    | +    | -    | -    | +  |
|                 | B2 | +    | -    | +    | +    | -  |
|                 | B3 | -    | +    | -    | -    | +  |
| Угрозы          |    | C1   | C2   | C3   | C4   | C5 |
|                 | У1 | +    | -    | +    | +    | -  |
|                 | У2 | -    | +    | -    | -    | +  |
| Слабые стороны  |    |      |      |      |      |    |
| Возможности     |    | Сл.1 | Сл.2 | Сл.3 | Сл.4 |    |
|                 | B1 | +    | -    | -    | -    | +  |
|                 | B2 | -    | -    | -    | -    | -  |
|                 | B3 | +    | -    | -    | -    | +  |
| Угрозы          |    | Сл.1 | Сл.2 | Сл.3 | Сл.4 |    |
|                 | У1 | -    | +    | +    | -    |    |
|                 | У2 | +    | +    | +    | +    |    |

Анализ интерактивной матрицы показал следующие направления проекта: B1B3C2C5, B2C1C3C4, B1B3Сл.1Сл.4, У1С1С3С4, У2С2С5, У1С2С3, У2Сл.1Сл.2Сл.3Сл.3

### Третий этап

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT–анализа в таблице 8.

Таблица 8 – SWOT – анализа

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:<br/>                 Легкое внедрение в текущее производство –С1;<br/>                 Повышенные показатели качества и скорости производства– С2;<br/>                 Использование современного оборудования– С3; Имеется высококвалифицированный персонал – С4;<br/>                 Наличие интереса со стороны потенциальных потребителей – С5.</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:<br/>                 Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости–Сл.1;<br/>                 Отсутствие возможности изготовления в полевых условиях – Сл.2;<br/>                 Узкая область применения – Сл.3;<br/>                 Отсутствие интереса со стороны потенциальных потребителей– Сл.4.</p> |
| Возможности:   | В1В3С2С5 – Внедрение технологии в другие  | В1В3Сл.1Сл.4 – В связи с постоянно   |
| <p>Возможность внедрения линии подготовки, сборки и сварки в другие отрасли производства–В1;<br/>                 Стабильно возрастающая потребность в изготовлении подобного рода продукции– В2;<br/>                 Отсутствие аналогов у конкурентноспособных предприятий– В3.</p> | <p>предприятия положительно скажется на производстве и распространении продукции;<br/>                 В2С1С3С4 – Возможность использования малозатратных технологий для производства продукции.</p>  | <p>растущей инфляцией появится потребность дополнительных инвестиционных средствах.</p>  |
| <p>Угрозы:<br/>                 Появление других научных разработок –У1;<br/>                 Отсутствие интереса руководства к данному исследованию ввиду высокой стоимости оборудования– У2.</p>   | <p>У1С1С3С4 –Появится потребность в проработке новых технологически операций карт; У2С2С5 - некоторые предприятия откажутся от внедрения в их производства. .</p>   | <p>У1С2С3;<br/>                 У2Сл.1Сл.2Сл.3Сл.3 – В связи с узко-направленности проекта и появления других конкурентноспособных технологий продукт может перестать интересовать производителей.</p>   |

### 4.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Коммерциализация инновационного продукта – процесс совпадения форматов поведения покупателя и продавца инновационного продукта относительно возможности использования, стоимости, перехода прав собственности на инновационный продукт (или рыночное освоение инновационного продукта).

На данном этапе производится оценка степени готовности проекта к коммерциализации и определение уровня собственных знаний для ее проведения или завершения.

При проведении анализа по таблице 4, приведенной ниже, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает непроработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать [14].

Таблица 9 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

| № п/п | Наименование                                 | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|-------|--|--|---|
| 1     | Определен имеющийся научно-технический задел | 5  | 4                                       |

Продолжение таблицы 9

|              |   |    |    |
|--------------|---|----|----|
| 2            | Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела  | 3  | 3  |
| 3            | Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке         | 4  | 4  |
| 4            | Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок   | 4  | 4  |
| 5            | Определены авторы и осуществлена охрана их прав                                   | 3  | 5  |
| 6            | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности                         | 4  | 3  |
| 7            | Проведены маркетинговые исследования рыночного сбыта                              | 2  | 3  |
| 8            | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки                        | 0  | 3  |
| 9            | Определены пути продвижения научной разработки на рынок                           | 3  | 3  |
| 10           | Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки                       | 2  | 5  |
| 11           | Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок    | 0  | 1  |
| 12           | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 3  | 3  |
| 13           | Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки            | 5  | 5  |
| 14           | Имеется команда для коммерциализации научной разработки                           | 1  | 1  |
| 15           | Проработан механизм реализации научного проекта                                   | 1  | 1  |
| ИТОГО БАЛЛОВ |   | 40 | 48 |

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле (37):

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (37)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;  $B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Анализируя вышеприведенную таблицу, значение  $B_{\text{сум}}$  получилось от 40 до 55, то такая разработка считается средней, а знания разработчика достаточными для ее коммерциализации.

#### **4.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

При коммерциализации научно–технических разработок владелец интеллектуальной собственности преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких–либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной диссертации выбран метод инжиниринга и передачи интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. При выборе данных методов коммерциализации возможно предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой

стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием. Также строительством и вводом объекта в эксплуатацию с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции. Так же планируется писать коммерческое предложение потенциальным покупателям.

#### 4.5 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (38):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (38)$$

где  $m$  - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;  $N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);  $C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Размер материальных затрат научно-технического исследования приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Материальные затраты

| Наименование оборудования | Количество единиц оборудования | Цена единицы оборудования, тыс.руб. | Общая стоимость оборудования, тыс.руб. |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| Компьютер                 | 3                              | 33500                               | 100500                                 |
| Итого                     |                                |                                     | 100500                                 |

#### 4.5.1 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает оплату труда научному руководителю и студенту, также ежемесячно выплачивается премия в размере (12-20) % от оклада [14].

Основная заработная плата рассчитывается по формуле (39):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (39)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (40):

$$Z_{\text{дн}} = Z_m \cdot M / F_d, \quad (40)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени                           | Руководитель | Студент |
|---|--------------|---------|
| Календарное число дней                                | 365          | 365     |
| Количество нерабочих дней: выходные и праздничные дни | 118          | 118     |
| Потери рабочего времени: отпуск                       | 50           | 93      |
| Действительный годовой фонд рабочего времени          | 197          | 154     |

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (41):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p \quad (41)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно (0,2 – 0,5) (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: (15-20) % от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 12 – Расчёт заработной платы

| Исполнители     | Разряд | $Z_{тс}$ ,<br>руб. | $k_{пр}$ | $k_d$ | $k_p$ | $Z_m$ ,<br>руб. | $Z_{дн}$ ,<br>руб. | $T_p$<br>раб.дн. | $Z_{осн}$ ,руб. |
|-----------------|--------|--------------------|----------|-------|-------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Руководитель    | К.т.н. | 26000              | 0,3      | 0,5   | 1,3   | 59904           | 3115               | 20               | 63500           |
| Магистр         | –      | 3500               | 0,3      | 0,5   | 1,3   | 7020            | 475                | 77               | 38575           |
| Итого $Z_{осн}$ |        |                    |          |       |       |                 |                    |                  | 102075          |

#### 4.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет производится по следующей формуле (42):

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (42)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным (0,12 – 0,15)).  $Z_{доп}$  (руководитель) = 8190 руб.,  $Z_{доп}$  (магистр) = 5014 руб.

Итого по статье «Дополнительная заработная плата» – 1204 руб.



### 4.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходом отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (39):

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (43)$$

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

На 2016г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году, водится пониженная ставка – 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель          | Основная заработная плата, руб | Дополнительная заработная плата, руб | Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | Итого, руб |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|------------|
| Научный руководитель | 63500                          | 8820                                 | 30,2 % = 0,302                               | 22690      |
| Студент              | 38575                          | 5120                                 |  | 13591      |
| Итого                |                                |                                      |  | 36281      |

### 4.5.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и

телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле (40):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \dots 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (44)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %.

$$Z_{\text{накл}} = 36444 \text{ руб.}$$

#### 4.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчёт бюджета затрат НИИ

| Наименование статьи  | Общая сумма затрат, руб. |
|--|--------------------------|
| Материальные затраты   | 79980                    |
| Затраты по основной заработной плате исполнителей темы       | 99575                    |
| Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 13940                    |
| Отчисления во внебюджетные фонды                             | 34281                    |
| Накладные расходы  | 36444                    |
| Итого:   | 264220                   |

Вывод: для достижения главной цели раздела решались такие важные задачи, как:

– анализ конкурентных технических решений, на основании которого можно сделать вывод, что предложенная в ходе исследований технология сварки и правки остаточных деформаций составляет серьезную конкуренцию другим способам сварки. Главными преимуществами данного способа сварки является сведение к минимуму остаточных деформаций изделия.

– SWOT анализ, на основании которого выявлены сильные и слабые стороны проекта.

– расчет бюджета научно-технического исследования. Итоговая сумма бюджета составляет 264220 рублей.

## **5 Социальная ответственность**

### **5.1 Введение**

Объектом исследования в данной работе является разработка технологии механизированной сварки в среде защитных газов, выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Основанная задача работы состоит в том, чтобы разработать технологию механизированной сварки в среде защитных газов с рациональным использованием сварочных материалов, снижением остаточных сварочных деформаций и возможностью их правки непосредственно в процессе сварки.

В данном разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в цехе, правила эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС, а также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности, как для помещения, так и для организации в целом.

### **5.2 Анализ имеющихся вредных и опасных факторов**

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при изучении процесса механизированной сварки в среде защитных газов. Перечень вредных и опасных факторов, воздействующих на сварщика приведен в таблице (15).

Вредным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности. Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому

внезапному резкому ухудшению здоровья. Критерии отношения фактора к вредным или опасным устанавливаются ГОСТ 12.0.003- 2015 [14].

Таблица 15 – Вредные и опасные факторы

| Источник фактора<br>Наименование<br>видов работ  | Факторы   |   | Нормативные<br>документы  |
|--|---|---|---|
|  | Вредные   | Опасные                                     |   |
| 1. Запуск источника питания.<br>2. Снятие осциллограмм<br>3. Проведение ремонтных работ источника питания<br>4. Проведение сварочных работ | 1. Отклонение показателей микроклимата.<br>2. Превышение уровня шума в рабочей зоне.<br>3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.<br>4. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.<br>5. Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. | 1. Электрический ток.<br>2. Пожароопасность | ГОСТ 12.1.003–2014<br>ССБТ,<br>ГОСТ 12.1.029-80<br>ССБТ,<br>ГОСТ 12.1.012–90<br>ССБТ,<br>ГОСТ 12.1.045–84<br>ССБТ, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03,<br>СанПиН 2.2.4.548–96, СН 2.2.4/2.1.8.562–96,<br>СН 2.2.4/2.1.8.566–96, СП 52.13330.2011,<br>СанПиН 2.2.2.540-96. |

### 5.2.1 Категория тяжести труда

Разделение работ по категориям тяжести труда, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [15], приводится в таблице 16.

Таблица 16 – Категории работ по тяжести

| Категории работ                    | Энергозатраты |           |
|------------------------------------|---------------|-----------|
|                                    | Вт            | Ккал/ч    |
| Легкие (I <sub>а</sub> )           | До 139        | До 120    |
| Легкие (I <sub>б</sub> )           | 140 – 174     | 121 – 150 |
| Средней тяжести (II <sub>а</sub> ) | 175 – 232     | 151 – 200 |
| Средней тяжести (II <sub>б</sub> ) | 233 - 290     | 201 – 250 |
| Тяжелые (III)                      | Более 290     | Более 250 |

Сварочные работы, выполняемые на автоматической поточной линии, не требуют постоянного передвижения на большие расстояния (движение сварщика-оператора в основном происходит вокруг установки) и перемещения тяжелых грузов (благодаря наличию в цехе кранов и другого подъемно-транспортного оборудования), а также не способствуют появлению значительных физических напряжений (поскольку сварщик-оператор управляет всеми процессами через контроллер и не осуществляет сварку вручную), поэтому эту работу можно отнести к категории легких (I<sub>б</sub>).

## 5.2.2 Вредные факторы

### 5.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности благодаря отсутствию посторонних раздражителей организма человека.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 в соответствии с легкой (I<sub>6</sub>) категорией работ. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для проведения производственных (в т.ч. сварочных) работ приведены в таблицах (16 – 17).

Микроклимат производственного помещения на рассматриваемом предприятии поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, принудительной вентиляцией, а также дополнительным прогревом в холодное время года.

Таблица 16 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

| Температура воздуха, °С | Влажность воздуха, %<br>относ. | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 19-22                   | 40-60                          | ≤0,2                           |

Таблица 17 - Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

| Температура воздуха, °С | Влажность воздуха, %<br>относ. | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 15-28                   | 20-80                          | ≤0,5                           |

#### 5.2.2.2 Превышение уровня шума на рабочем месте

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик системы питания для сварки в динамическом режиме изложены в ГОСТ 12.1.035–81 [16]. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – источник питания для сварки, процесс сварки. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 80 дБА (ГОСТ 12.1.003-2014).

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов;
- 2) Проведения акустической обработки помещения;
- 3) Создания дополнительных перегородок из ДВП, ДСП или других звукоизоляционных материалов;
- 4) Проведения профилактических работ.
- 5) Применения средств индивидуальной защиты органов слуха-противошумных наушников, ушных вкладышей (берушей).

#### 5.2.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещенность - важнейший параметр на рабочем месте оператора, обеспечивающий комфортные условия, повышенную эффективность и безопасность труда, снижающий утомление и травматизм, сохраняющий работоспособность.

В соответствии со СНиП 23-05-95 (табл. 17) освещение должно обеспечить: санитарные нормы освещенности на рабочих местах, равномерную яркость в поле зрения, отсутствие резких теней и блескости, постоянство



освещённости по времени и правильность направления светового потока. Освещенность на рабочих местах и в производственных помещениях должна контролироваться не реже одного раза в год. Фактическая освещённость в цехе должна быть больше или равна нормируемой освещенности. Требования, приведенные в таблице 9, соответствуют условиям труда оператора сварочной поточной линии.

К гигиеническим требованиям, отражающим качество производственного освещения, относятся:

- равномерное распределение яркостей в поле зрения и ограничение теней;
- ограничение прямой и отраженной блёскости;
- ограничение или устранение колебаний светового потока.

Таблица 17 – Требования к освещенности помещения

|  |  |   |                  |                  |
|--|--|---|------------------|------------------|
| Характеристика зрительной работы                           |  |   |                  | Средней точности |
| Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм |  |   |                  | Св. 0,5 до 1,0   |
| Разряд зрительной работы                                   |  |   |                  | IV               |
| Подразряд зрительной работы                                |  |   |                  | б                |
| Контраст объекта с фоном                                   |  |   |                  | Малый, средний,  |
| Характеристика фона  |  |   |                  | Средний, темный  |
| Искусственное освещение                                    | Освещенность,лк  | При системе комбинированного освещения    | всего            | 500              |
|  |  |   | в т.ч. от общего | 200              |
|  |  | при системе общего освещения              |                  | 200              |
|  | Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности (Р) и коэффициента пульсации (Кп) |   | Р                | 40               |
|  |  |   | Кп, %            | 20               |
| Естественное освещение                                     | Коэффициент естественного освещения (е <sub>н</sub> ), %                                 | При верхнем или комбинированном освещении |                  | 4                |
|  |  | при боковом освещении                     |                  | 1,5              |

## Продолжение таблицы 17

|                          |  |   |     |
|--------------------------|--|---|-----|
| Совмещенное<br>освещение |  | При верхнем или<br>комбинированном<br>освещении | 2,4 |
|                          |  | при боковом освещении                           | 0,9 |

Для обеспечения рационального освещения, отвечающего техническими санитарно-гигиеническим нормам, в цехе предусмотрены остекленные окна в стенах и крыше цеха (фонари) для достаточного проникновения солнечного света в светлое время суток, а также система светильников дневного света, обеспечивающих достаточную освещенность в темное время суток.

### 5.2.2.4 Расчет искусственного освещения

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Длина помещения  $A = 7$  м, ширина  $B = 6$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,0$  м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где  $A$  – длина, м;

$B$  – ширина, м.

$$S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $\rho_c = 50$  %, свежепобеленного потолка  $\rho_{\text{п}} = 70$  %. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_z = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен  $\Phi_{\text{ЛД}} = 2600$  лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda = 1,1$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,3$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $h_n = 3,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле (45):

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.} \quad (45)$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле (46):

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ м.} \quad (46)$$

Число рядов светильников в помещении (47):

$$N_b = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,2} = 2,72 \approx 3 \text{ шт.} \quad (47)$$

Число светильников в ряду (48):

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{7}{2,2} = 3,2 \approx 3 \text{ шт.} \quad (48)$$

Общее число светильников (49):

$$N = N_a \cdot N_b = 3 \cdot 3 = 9 \text{ шт.} \quad (49)$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле (50):

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м.} \quad (50)$$

Размещаем светильники в три ряда. На рисунке (11) изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

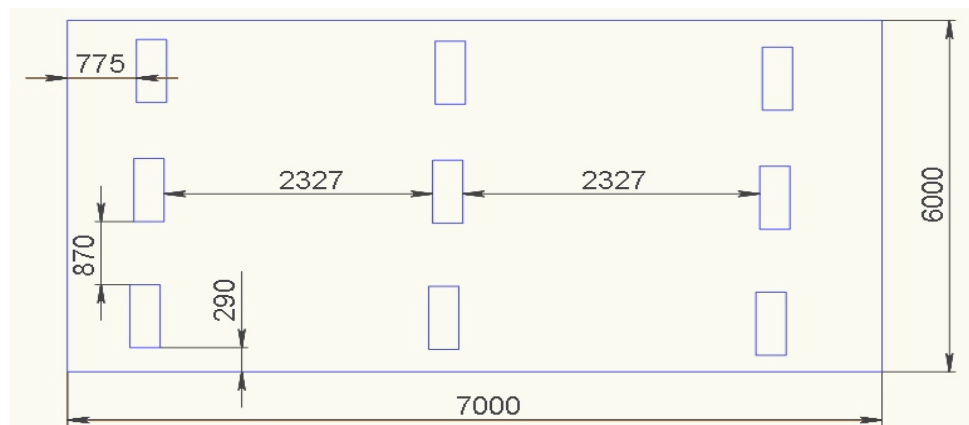


Рисунок 11 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле (51):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{7 \cdot 6}{2,0 \cdot (7+6)} = 1,6 \quad (51)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 70 \%$ ,  $\rho_{\text{С}} = 50 \%$  и индексе помещения  $i = 1,6$  равен  $\eta = 0,47$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле (52):

$$\Phi_{\text{л}} = (E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z) / N \cdot \eta = (300 \cdot 42 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / 18 \cdot 0,47 = 2457,44 \text{ лм} \quad (52)$$

Делаем проверку выполнения условия (53):

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%, \quad (53)$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2600 - 2457,44}{2600} \cdot 100\% = 5,5\%.$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:

#### 5.2.2.5 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Одним из широко распространенных вредных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работников, является производственная пыль. Это мельчайшие частицы твердых веществ, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии. Воздушная среда производственных помещений, в которой содержатся вредные вещества в виде пыли и газов, оказывает непосредственное влияние на здоровье работников и условия труда.

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

В таблице 17 представлены классы опасностей вредных веществ, выделяющихся при сварке сталей и их предельно допустимая концентрация согласно ГОСТ 12.1.005-88 (прил. 2).

Таблица 17 – Классы опасностей вредных веществ, выделяющихся при сварке сталей

| Вещество             | ПДК, мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности | Состояние     | Действие на организм человека  |
|----------------------|------------------------|-----------------|---------------|--|
| Марганец             | 0,05                   | 1               | аэрозоли      | Утомляемость, сонливость, ухудшение памяти                                 |
| Хром                 | 0,1                    | 1               | аэрозоли      | Повышение риска образования рака, заболевания астмой                       |
| Фтористые соединения | 0,5                    | 2               | аэрозоли      | Раздражение глаз, кожи, бронхов, воздействие на печень и щитовидную железу |
| Оксид углерода       | 20                     | 4               | пары или газы | Головные боли, одышка, аритмия, слабость                                   |

Для защиты и удаления вредных газов и пыли с мест сварки и подачи чистого воздуха используют вентиляцию. Общая вентиляция бывает приточной и вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также локальными устройствами.

На рабочих местах в зоне сварки нужно устанавливать аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом. Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию. В цехе, возле сварочной установки, должны быть установлены местные отсосы воздуха. В специальных помещениях, где находятся бункеры для хранения флюса, должны быть также предусмотрены местные отсосы для удаления взвешенных в воздухе частиц флюса, а также естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений.

#### 5.2.2.6 Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение

Сварка открытой и полужакрытой дугой сопровождается мощной лучистой и тепловой энергией. Тепловая энергия способна вызвать поражение глаз и ожоги незащищенных частей тела. Яркость электрической дуги превышает  $4 \cdot 10^6$  кд/м<sup>2</sup>. Нормальное зрение человека способно воспринимать безболезненно яркость не более 500 кд/м<sup>2</sup>.

Вредное воздействие оказывает не только видимые световые лучи, но и невидимые лучи. Они вызывают воспаление слизистой оболочки глаза, если действуют в течении (10-30) с на расстоянии до 1 м от источника излучения, а более 30 с – до 5 м. Результат действия – резкая боль в глазах, светобоязнь, электроофтальмия. На незащищенных частях тела ультрафиолетовое и инфракрасное излучение вызывает покраснение и ожоги различной степени, в зависимости от расстояния до источника излучения.

Для защиты лица сварщика во время выполнения сварочных операций закрывается щитком, в смотровое отверстие которого вставлен светофильтр по ОСТ 21-6-87 [17].

При работе вне кабины для защиты зрения окружающих должны применяться переносные щиты и ширмы.

Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи покрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла.

Щитки изготавливают из изоляционного материала - фибры, фанеры и по форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ 12.4.035-78).

Для ослабления резкого контраста между яркостью дуги и малой яркостью темных стен (кабины) последние должны быть окрашены в светлые тона (серый, голубой, желтый) с добавлением в краску окиси цинка с целью уменьшения отражения ультрафиолетовых лучей дуги, падающих на стены.

Защита рабочих от инфракрасного излучения может быть обеспечена сокращением времени пребывания в зоне воздействия теплового излучения.

## 5.2.3 Опасные факторы

### 5.2.3.1 Электрический ток

Рассматриваемое производственное помещение относится ко второй категории (повышенной опасности), ввиду влажности воздуха более 75 % из-за расположения цеха непосредственно возле моря. Сварочная установка работает под напряжением 380 вольт трехфазного переменного тока. В соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» она должна быть заземлена.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Поражение электрическим током чаще всего наступает при небрежном обращении с приборами, при неисправности электроустановок или при их повреждении.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавшего из-под напряжения он не дышит, или дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

- обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
- очистить дыхательные пути;
- приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
- в случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горящей изоляции или пластмассы;
- появления дыма или огня;



- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или других устройств.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

1. Заземление источников электрического тока;
2. Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

1. Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

В зависимости от расположения заземлителей по отношению к заземляемому оборудованию заземления бывают выносные (сосредоточенные) и контурные. Заземлители выносных заземлений располагают сосредоточенно на расстоянии свыше 20 м от заземляемого оборудования, т. е. вне зоны растекания тока замыкания на землю. Заземлители контурного заземления располагают по периметру и внутри площадки, на которой установлено заземляемое оборудование. Все эти заземлители электрически соединены друг с другом.

Заземлители могут быть естественными и искусственными. Искусственные заземлители выполняются в виде электродов. По расположению в грунте и по формам электродов заземлители делятся на:

- углубленные, состоящие из полос или круглой стали, укладываемых глубоко на дно котлована горизонтально по периметру фундаментов;
- вертикальные, состоящие из электродов, верхний конец которых заглубляется на (0,5 - 0,7) м от поверхности земли; в качестве их используют стальные вертикальные заложённые стержни диаметром (10 - 16) мм, (или отрезки стальных труб, различного диаметра), длиной (3-5) м, а также уголкового стержня длиной (2,5 - 3) м;

- горизонтальные (протяженные), состоящие из электродов, применяемых для связи между собой вертикальных заземлителей, соединяемых сваркой. В качестве таких заземлений используется круглая сталь диаметром не менее 10 мм или стальные полосы толщиной не менее 4 мм, сечением 48 мм<sup>2</sup>.

В качестве заземляющих проводников-ответвлений к оборудованию, где по условиям работы не требуются гибкие проводники, применяются медные или алюминиевые проводники. В качестве заземляющих проводников, образующих заземляющую магистраль, применяется полосовая или круглая сталь, сечением порядка 48 мм<sup>2</sup>.

Заземляющий проводник присоединяется к заземлению сваркой внахлестку не менее чем в двух местах. Длина нахлестки должна быть равна двойной ширине проводника при прямоугольном сечении или круглом шести диаметрам. Болты (винты, шпильки) для крепления заземляющего проводника должны изготавливаться из стойкого в отношении коррозии металла. Диаметр болта (винта, шпильки), зависит от номинального тока потребителя: при токе потребителя до 16 А, диаметр болта 4 мм потребителя (250-300) А диаметр болта 10 мм. Нельзя применять для выполнения заземления крепежные детали машин, оборудования.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, понижение напряжения, индивидуальные электротехнические средства.

Изолирующие средства индивидуальной защиты разделяются на:

1. Основные. Они могут выдержать долговременное воздействие напряжения, поэтому их целесообразно применять при производстве электромонтажных работ без обесточивания устройств от сети. Средства индивидуальной защиты, относящиеся к основным, включают в себя:

- указатели напряжения;
- изолирующие штанги;
- изолированный инструмент;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- переносные заземления;
- изолирующие устройства;

2. Дополнительные. Такая защита не способна полностью обеспечить защиту человека от воздействия электрического тока, в связи с чем такие средства используются совместно с основными. К таким средствам защиты относятся:

- диэлектрические сапоги или галоши;
- изолирующие накладки и подставки;
- коврики диэлектрические;
- диэлектрические колпаки;
- сигнализаторы напряжения.

К работам на сварочной установке допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. Также электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении

электрическим током. Все оборудование должно быть изготовлено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79 [18].

Сварочная установка работает под напряжением 380 В трехфазного тока (относится к группе электроустановок до 1000 В) и имеет глухозаземленную нейтраль. В соответствии с ТКП 181-2009 для установок напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, с учетом того, что заземляющее устройство является искусственным заземлителем, расположенным в непосредственной близости от нейтрали трансформатора, при трехфазном токе напряжением 380 В, нормируемое сопротивление заземления составляет 30 Ом. Групповой заземлитель предполагается изготовить со стержневыми (вертикальными) электродами в форме стальных уголков. Минимальные размеры стальных заземлителей из угловой стали, при их расположении в земле, составляют 4 мм. Наименьшее сечение медных заземляющих проводников для данной установки, при прокладке жил заземляющих кабелей в общей защитной оболочке со средними жилами, составляет 1 мм. Безопасные номиналы тока составляют 0,1 А, напряжения – (12...36) В, заземления – 4 Ом.

#### 5.3.3.2 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. В производственном помещении обязательно должен быть план эвакуации людей при пожаре, регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. План эвакуации при пожаре представлен на рисунке (12).

В целях пожарной безопасности помещение оборудовано рубильниками для полного обесточивания помещения, а также применением специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели), что также дополняет меры по электробезопасности. Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с

помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 20 % кислорода.

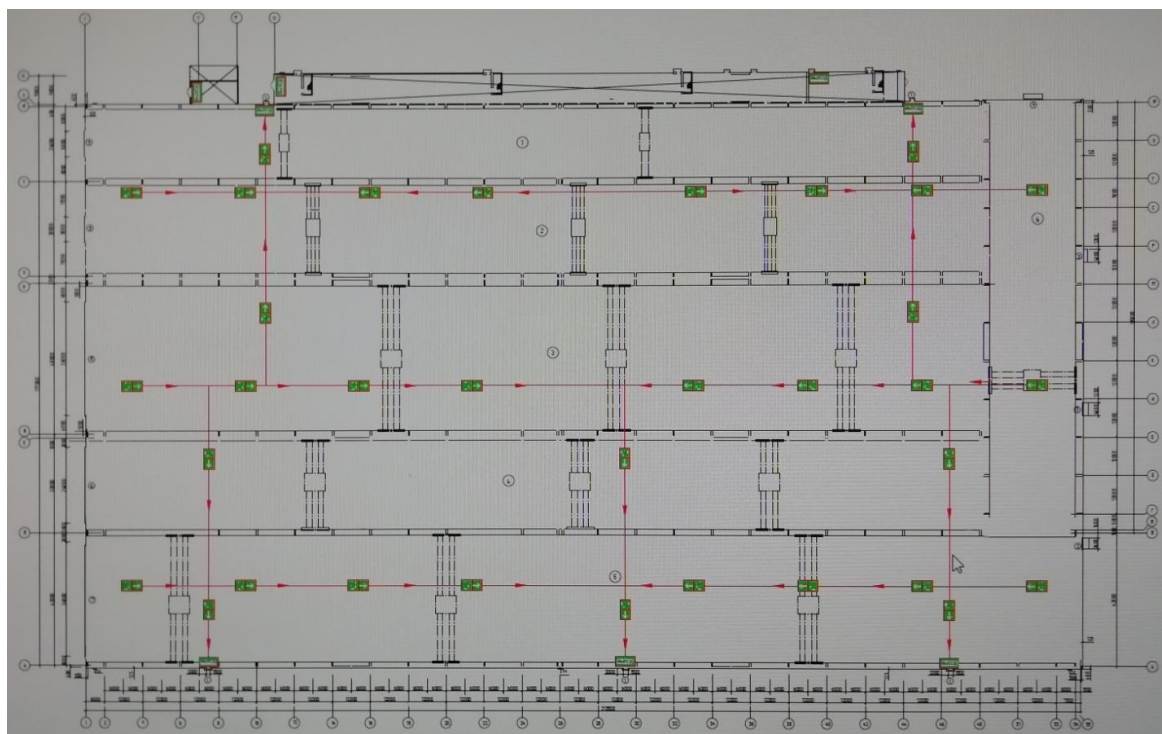


Рисунок 12 – Схема эвакуации из производственного цеха

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СП 12.13130.2009 [19] (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

В качестве средств оповещения при пожаре в цехе установлена система экстренного оповещения с центральным диспетчерским пультом и звуковым извещателем. Она получает сигнал о пожаре от установленных в помещении

специальных фототепловизионных датчиков, реагирующих на пламя по выделяемому им теплу и свечению. Также сигнал о пожаре может быть подан с кнопок экстренного пожарного оповещения, установленных по всему цеху. При срабатывании системы экстренного оповещения в цехе автоматически включается звуковой извещатель (сирена), аварийная система освещения и подсветка путей эвакуации и знаков аварийных выходов.

В качестве огнетушителей на предприятии используются порошковые огнетушители ОП-80, ОП-4, а также углекислотные огнетушители ОУ-15, ОУ- 5.

Автоматическая порошковая система пожаротушения состоит из системы трубопроводов, проложенных преимущественно под крышей производственного помещения, распылителей активного вещества, резервуаров для хранения порошка, резервуаров с газом-вытеснителем, инициирующим подачу вещества по трубопроводам к очагам горения, а также систему датчиков и управляющих клапанов. Данная система может срабатывать автоматически при поступлении сигнала от пожарных датчиков, или по команде диспетчера.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения, проверить отключение всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.

2. Курить только в отведенных для курения местах. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу.

3. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Неправильная изоляция данных проводов или отсутствие заземления может привести к возникновению возгораний.

### **5.3 Экологичность разрабатываемой темы**

Охрана окружающей среды — это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения — это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в ремонтном цеху необходимо осуществлять сбор (установить контейнеры с обозначенным предназначением), сортировку и прессовку металлолома, огарков с последующей транспортировкой в перерабатывающие предприятия. Также с помощью промышленных пылесборников собрать пыль, и упаковать её и транспортировать на ближайший строительный объект.

Вышедшие из работы лампы, подлежащие переработке, необходимо собирать в коробки (до установленного объема) для транспортировки на перерабатывающее предприятие.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов. Абразив после очистки швов направлять в строительную промышленность, вольфрамовые электроды – на изготовление крючков и мормышек для рыбаков.

### **5.4 Обеспечение устойчивой работы предприятия в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих,

стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. В данной работе невозможно охватить весь спектр возможных ЧС, основное внимание уделено двум вариантам ЧС:

1) природная – сильные морозы зимой.

Сильные морозы могут нанести вред, как и сотрудникам, работающим на предприятии, так и самому предприятию.

В случае сотрудников предприятие должно предпринять меры направленные на снижение вероятности получения сотрудниками травм результате переохлаждения – сократить количество работающих сотрудников (не привлекать сотрудников к работе в период сильных холодов без острой необходимости), обеспечить сотрудников транспортом и держать в готовности средства первой помощи, применяемые при переохлаждении.

В случае предприятия – уделить особое внимание состоянию тепловых и водоносных линий коммуникации во избежание их промерзания, также предусмотреть возможность резервного отопления (электродогревательная или тепловые пушки) при отказе основной магистрали для недопущения разморозки здания.

2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место.

Для недопущения несанкционированного проникновения на рабочее место на предприятии применяется система контроля и управления доступом, каждый сотрудник имеет ключ – карту для прохода через пропускной пункт. На лицевой стороне карты размещается фотография и ФИО сотрудника, на задней стороне ключ – карты – номер пропуска.

Пропускные пункты расположены на входе и внутри предприятия, контроль осуществляется, в том числе визуально на соответствие фотографии, для попадания в искомое помещение нужно преодолеть не менее 2-х пропускных пунктов, что практически исключает несанкционированный доступ.



## Заключение

Применение ручного труда на этапах производства сварных конструкций значительно увеличивает трудовые, временные и экономические затраты. При изготовлении конструкций состоящих в перечне групп опасных производственных объектов особое внимание обращается на точность сборки конструкции, обеспечению эксплуатационной надёжности и выдержке заданных параметров назначенных режимов сварки.

В данной выпускной квалификационной работе было выполнено конструирование и расчёт приспособления для сборки и сварки конструкции, данное приспособление за счёт механизации процесса сборки и сварки позволяет повысить производительность, снизить уровень требуемой квалификации персонала и понизить себестоимость конструкции, что существенно превосходит применение ручного труда.

Объектом исследования в данной работе являлась конструкция секции стрелы подъёмного механизма, входящая в состав крана. Цель работы заключалась в конструировании и расчёте приспособления для её сборки и сварки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведён анализ сварной конструкции и выполнен обзор существующих методов сборки и сварки;
- произведён выбор материала конструкции и сварочных материалов;
- рассчитаны режимы сварки и подобранно сварочное оборудование;
- выполнено описание технологического процесса изготовления изделия;
- рассчитаны размерные цепи изделия и приспособления;
- произведён расчёт сварочных деформаций;
- разработаны размерные цепи изделия и приспособления;
- выбрана конструкция основания приспособления и спроектировано приспособление.

## Список использованный источников

1. ГОСТ 33171-2014 Краны грузоподъемные. Краны металлургические и специальные. Общие технические требования.
2. ГОСТ 32578-2013 Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Требования к материалам.
3. ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия.
4. ГОСТ 34587-2019 Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Требования к изготовлению.
5. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич Е.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. 432с . с ил..
6. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия (с Изменениями N 1-5).
7. Коновалов А. В., Неровный В. М., Куркин А. С., Теория сварочных процессов. Учебник для вузов, МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2007, с. 752.
8. Технологические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие / Е.А. Трущенко
9. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3).
10. Информация <https://www.kemppi.com/ru/offering/family/fastmig-m/pdf/>
11. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
12. Хайдарова А.А. Сборочно-сварочные приспособления. Этапы конструирования: учебное пособие / А.А. Хайдарова; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. - 131 с..
13. Г123 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и

ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.;

14. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;

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

16. ГОСТ 12.1.035–81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений;

17. ОСТ 21-6-87 Система стандартов безопасности труда. Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве;

18. ГОСТ 12.1.019–79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ;

19. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.;

20. РД–03–606–03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

21. ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

22. РД РОСЭК-004-97 Контроль капиллярный. Основные положения.

## Приложение А

(справочное)

### Design and calculation of a fixture for assembly and welding of the boom section of the lifting mechanism

Студент

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 1ВМ91  | Захаров Дмитрий Сергеевич |         |      |

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

| Должность     | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Преподаватель | Цепилова А.В. | к.пед.н.                  |         |      |

## 1.1 Analysis of a welded structure

When designing a fixture for the assembly and welding of the product, basic input data are used, which are drawings of the product and technological documentation for the process of its manufacture. When developing the technological process in accordance with R 50-54-93-88, it is necessary to begin with the analysis of its manufacturability.

The boom section of the crane is a part of the main elements of the loading crane and is one of the most important and critical parts providing the necessary outreach value and (or) lifting height of the hoisting device.

It is a welded construction of a box section, consisting of two plates, which forms the main assembly unit of the product, namely the box to which subsequent welded parts and components are welded.

The appearance of the boom section is presented in Figure 1. The product is structurally made of 27 parts: sheet (3 pcs.); cover (1 pc.); overlay (3 pcs.); rib (3 pcs.); ear (4 pcs.); strip (2 pcs.); bushing (8 pcs.); sheet box (2 pcs.) and tag (1 pc.). The total weight of the product is 108.19 kg.

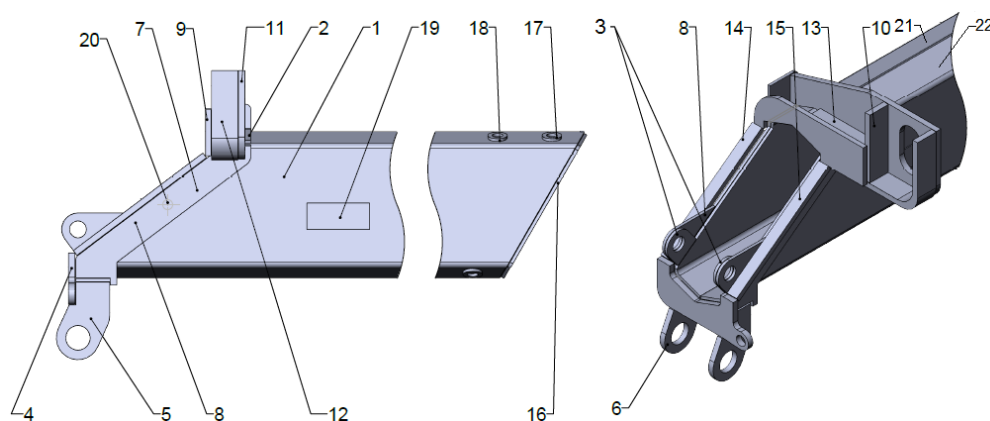


Figure A.1 - Boom section of the lifting mechanism

1 - Box; 2 - Overlay; 3 - Ear; 4 - Sheet; 5,6 - Ear; 7,8 - Overlay; 9 - Sheet; 10 - Rib; 11 - Sheet; 12 - Rib; 13 - Rib; 14,15 - Band; 16 - Cover; 17,18 - Sleeve; 19 - Label; 20 - Electrical Components; 21,22 - Box Sheet.

## **1.2 Selection of construction material**

To select and assess the suitability of the basic material let us consider GOST 32578-2013 [2] the purpose of which is to improve and unify methods for selecting and assessing the suitability of the material for the metal structures of cranes.

The material for the construction must have strength and reliability, good resistance to loads, and along with high strength, toughness. Steel has the best combination of strength, durability and reliability, and in most cases it is the main material for critical structures that are subjected to loads.

As the basic material selected according to GOST 32578-2013 [2], the most widely used material is steel 09G2S.

Steel 09G2S is a structural low-alloy silicon-manganese steel, designed for the manufacture of parts of welded structures.

## **1.3 Purpose of the boom section of the crane and its operating conditions**

This product is a part of the boom section of the crane, which in turn is a lifting machine with a power drive designed for lifting and moving loads in space.

The crane belongs to the group of technical devices "Lifting and Transport Equipment (LTA)", which are included in the list of hazardous production facilities.

Loading cranes are built in accordance with the requirements, where the main provisions, rules of development, application and recommendations are prescribed. Operating conditions depend on the purpose of the product and are prescribed in the relevant technical standards and specifications.

One of the fundamental documents is GOST 33171-2014 [1], which sets out the general technical requirements for the design and manufacture, modernization and reconstruction of cranes, which will help to ensure the given reliability and safety,

when using this product, which will be used as modern equipment manufactured in accordance with the new standard.

#### **1.4 Overview of existing methods of assembly and welding of similar structures and the choice of welding method**

According to GOST 34587-2019 [4], which includes the requirements for the manufacture of metal structures of cranes, welding in the manufacture is carried out in accordance with the requirements of the technological process which establishes the welding procedure, procedure for welds and welding regimes. Welding procedures used in the manufacture of lifting machines are subject to certification in accordance with the regulatory documents of the states that have adopted this standard.

Since the boom section of the hoist is a geometrically complex structure, not all welding methods will be suitable for its production. Manual arc welding will have low productivity. In addition, a qualified welder will be required to make quality welds, automatic welding will also not find its application due to the lack of standard design components and because of the design features of the machine, which will not allow to weld some parts. On this basis, it will be advisable to assign a mechanized method of welding with a fusing electrode with a solid wire in an inert gas medium, which is assigned in the original task.

Mechanized (semi-automatic) welding is welding process with an automatically fed electrode wire in the welding area and shielding gas simultaneously fed into the same area, which provides protection of the electrode and base metal.

The principle of this method of welding is clear enough, the process of controlling the torch is manual, and feeding of the wire is automatic. The wire and a mixture of shielding gases leave the nozzle of the torch. They are fed from the spool by the feeding mechanism (the supply of welding current is made through a sliding contact).

We choose welding in a medium of Ar+CO<sub>2</sub> shielding mixture with a fused electrode.

This kind of welding is very popular in the machine-building industry, and it has a lot of advantages, such as

- high mechanical properties of welds;
- lower propensity to formation of hot cracks;
- lower cost of welding work;
- high productivity;
- welding in all spatial positions;
- easy welding technique.

### **1.5 Selection of welding equipment**

To ensure the required quality of welds and high productivity in accordance with the adopted methods and modes of welding, it is necessary to make a choice of welding equipment that will allow adjustment of the parameters of its static and dynamic characteristics. This will ensure effective control of heat and mass transfer processes, force impact of the arc on the weld pool, which provides controllability of the welding process in various positions and high-quality weld root penetration. For welding operations, we choose the modular equipment of KEMPPI, FastMig M series [10], Figure 3.



Figure 3 – Semiautomatic welding machine KEMPPI FastMig M 420



The equipment set includes:

- FastMig M 420 power source;
- Wire feeder MXF 65 EL;
- welding torch GX 403W;
- FastCool 10 cooling unit.

The selected semiautomatic welding machine is designed for semi-automatic welding of products and is high-tech welding equipment, characterized by the highest operating cycle characteristics, compact body and low weight, which provides increased productivity and mobility at work. The control system of this machine will ensure good arc ignition, distinctive welding characteristics and stabilized welding parameters. Therefore, when selecting once tried and tested modes, there is no need to adjust them when external factors change (temperature and humidity of the environment, supply voltage, etc.), which is very important when welding critical structures.

### **1.6 Development of the technological process of assembly and welding of the boom section**

The technological process of assembling and welding of the boom section of the lifting mechanism is as fundamental as choosing the design of the device. Its correct drawing allows to meet technological requirements in the process of manufacturing a product, which in turn allows to achieve simplification of manufacturing, application of the minimum manpower and reduction of time for manufacture of a product.

Assembly of the boom section will be performed in 2 stages, namely the assembly of the box (Figure 3) and the complete assembly of the boom section (Figure 4).

Assembly and welding operations and their sequence are presented in the route description of the technological process in Appendix A.

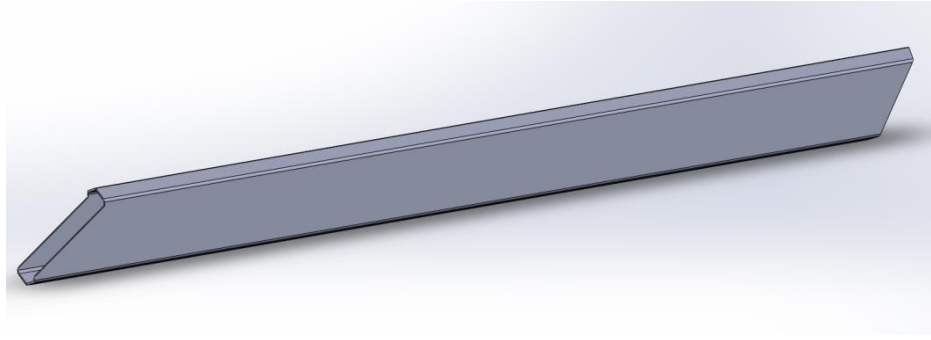


Figure 3 - Assembling the box

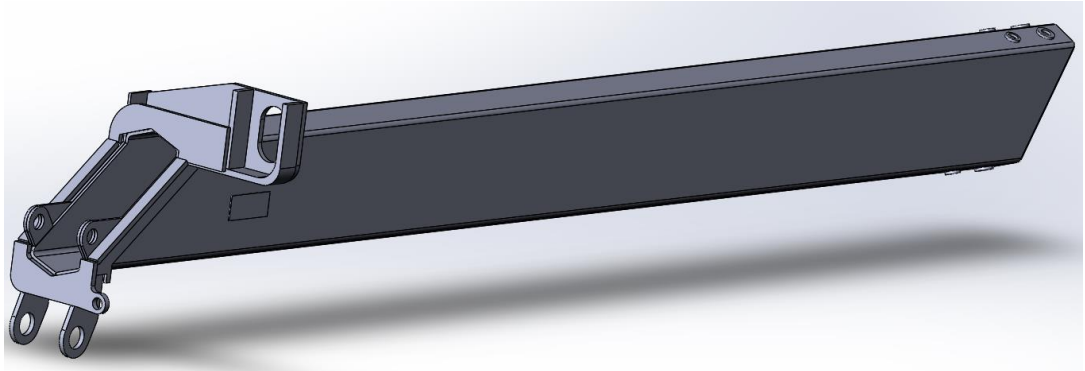


Figure 4 - Boom section assembly

## 2.1 Development of the box parts basing scheme

Giving the product the desired position relative to the chosen coordinate system allows basing, which is a schematic representation of the projection and an indication of the location of reference points, which are selected in accordance with GOST 21495-76 [11].

To begin with, we conduct the basing of the left sheet of the box (Figure 5). The sheet is deprived of 5 degrees of freedom. We choose the second set of bases, which includes two guide bases and one supporting base.

Guide bases (1,2,3,4,5,6,7 and 8) deprive the sheet of two degrees of freedom: movement along the  $Ox$  axis and rotation around the  $Oy$  and  $Oz$  axes. Guide bases (9,10,11,12,13,14,15 and 16) deprive the sheet of 2 degrees of freedom: movement along the  $Ox$  axis and rotation around the  $Oy$  and  $Oz$  axes. Using the support base (17) deprives the sheet of the ability to move along the  $Oz$  axis.

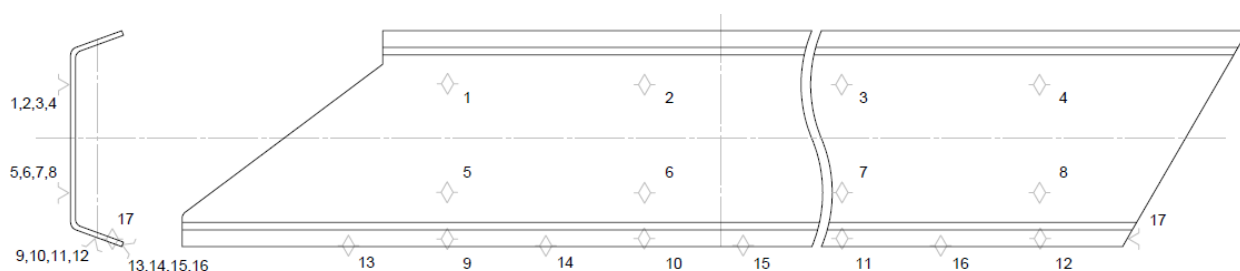


Figure 5 - Scheme of basing the left sheet of the box

The scheme of basing the right sheet of the box, will be similar to the scheme of basing the left sheet of the box.

## 2.2 Development of the box basing scheme

To develop a scheme of basing the box we choose the first complete set of bases, which includes: mounting, guiding and supporting bases.

On the mounting plane 8 point bases (1,2,3,4,5,6,7 and 8) are located, which deprive the box of the possibility of moving along the axis Oh and rotate around the axes Oy and Oz. The guide base (9,10,11,12,13,14,15 and 16) is used to exclude the possibility of movement along the Oy axis and rotation around the Oz and Oz axes. The use of the mounting base (17) deprives the box of the ability to move along the Oz axis. The mounting base deprives the box of three degrees of freedom, guide two and support one. The scheme of basing of the structure is shown in Figure 6.

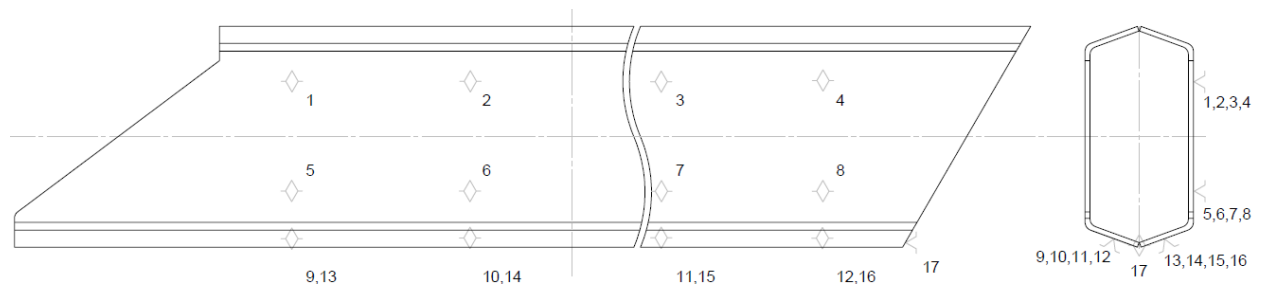


Figure 6 - Diagram of the box basing

## 2.3 Development of the basic scheme of the fixture for the assembly and welding of the box

In the development of the circuit diagram of the device it is necessary to consider the chosen scheme of basic positioning (Figure 6). When assembling the parts into the product, it is necessary to orient them consistently, to take into account their alignment according to the dimensions of the assembly drawing and the temporary fixing of these parts before welding operation with the help of clamping devices. Also, the type and dimensions of clamping and setting elements, their relative positioning and number will be determined basing on the layout.

The scheme is a drawing of the considered product, on which the places in the form of symbols and ways for fastening and fixation of the parts of the welded design, as well as various ways for installation, lifting, turning, removal of parts and products and other mechanisms is shown in Figure 7 [12].

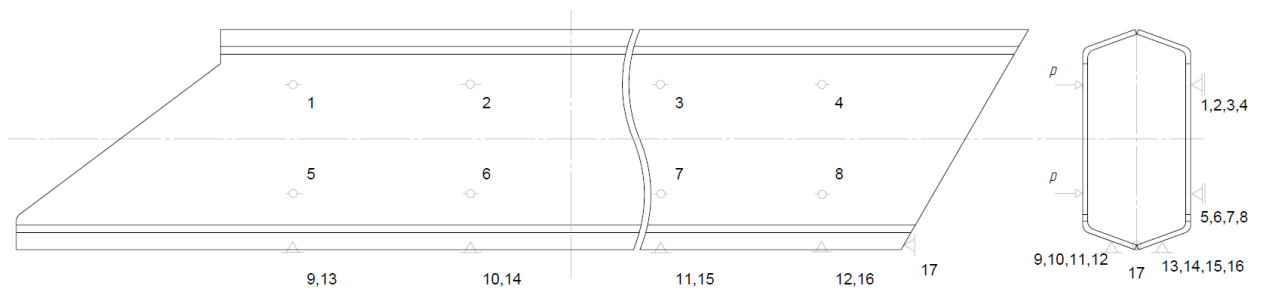


Figure 7 - Schematic diagram of the device for the assembly and welding of the box.

### **3. Conclusion**

In the master's work the analysis of the basic production technology was carried out and the possibilities of its improvement were considered. The rational welding equipment and materials are selected. The calculation of welding modes has been made. Also, the development of a modernized route of technological process of the assembly and welding of the boom section of the lift mechanism was developed with the help of new high-tech stands for the assembly and welding. It allows to provide high quality of welds formation.

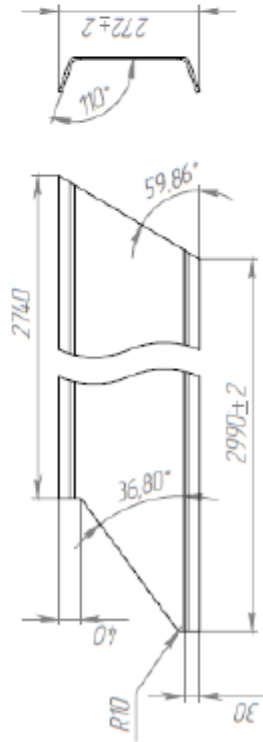
The proposal to improve the basic technology is to use modern welding semiautomatic machines with an inverter type current source at the enterprise. Reduction of labor intensity of the process, as well as electrode wire consumption, energy consumption and obtaining high technological and economic indicators is possible when using a semiautomatic welding device "KEMPPI FastMig M 420" applying newly developed technological equipment at, workplaces.

**Приложение Б**  
(обязательное)

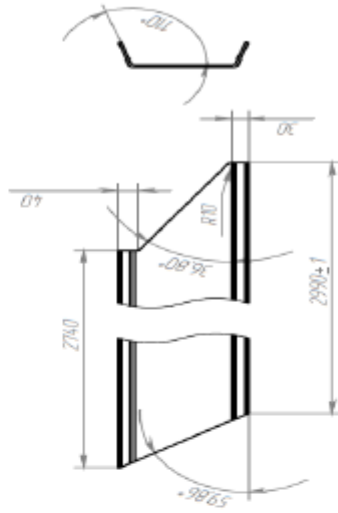
**Технологический процесс сборки и сварки секции стрелы**

|         |         |  |  |                  |  |                  |  |   |  |  |
|---------|---------|--|--|------------------|--|------------------|--|---|--|--|
| Дубл.   |         |  |  |                  |  |                  |  |   |  |  |
| Взам.   |         |  |  |                  |  |                  |  |   |  |  |
| Подп.   |         |  |  |                  |  |                  |  |   |  |  |
| Разраб. | Захаров | НИ ТПУ ИШНКБ   |  | ФЮРА. 484111.001 |  | ФЮРА. 20190.0001 |  | 1 |  |  |
| Пров.   | Першина | пр. 1ВМ91  |  |                  |  |                  |  |   |  |  |
| И.юнгр. |         | Технология изготовления секции стрелы подъёмного механизма |  | у                |  |                  |  |   |  |  |

1 - Правая стенка корпуса



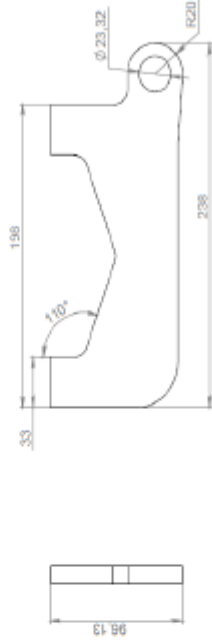
2 - Левая стенка корпуса



3 - Лист №4



4 - Лист №5















| Дубл.                      | Взам. | Подл. | Цех | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции  | СМ                         | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тпл | Тшт. |  |
|----------------------------|-------|-------|-----|-----|----|-------|---|----------------------------|-------|---|----|----|------|----|----|------|-----|------|--|
|                            |       |       |     |     |    |       | Наименование детали, сборки или материала   | Обозначение документа      |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Наименование детали, сборки или материала   | Обозначение, код           |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Круги отрезные (толщ. 2,0 мм) и абразивные (толщ. 6 мм.)  | ГОСТ Р 57978-2017          |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Проволока Sv-08Г2С Ø1,6 мм, углекислый газ  | ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85 |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Установить на сборочно-сварочное приспособление левый лист короба до упора с помощью кран-балки.  |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Установить на сборочно-сварочное приспособление правый лист короба до упора с помощью кран-балки.   |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Закрепить листы короба на стенде пневмоупорами  |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Выполнить прихватки механизированной сваркой в среде защитных газов длиной 20-30 мм   |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Маска сварщика СИБТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300                      |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | ГОСТ 427-75, луга измерительная ЛИН-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.  |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | 1 1 1 025 Сварка короба   | ГОСТ 14771-76              |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | 1 18466 5 1 2 Кран-балка, приспособление для сборки и сварки, полуавтомат КЕМРР1 FastMig M 420  |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | 1 18466 5 1 2 УШМ Makita  |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Круги отрезные (толщ. 2,0 мм) и абразивные (толщ. 6 мм.)  | ГОСТ Р 57978-2017          |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Проволока Sv-08Г2С Ø1,6 мм, углекислый газ  | ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85 |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Освободить короб от пневмоприжимов, кран-балкой перекаштовать и установить в приспособление обратной стороной до упора.                     |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Закрепить короб на стенде пневмоупорами   |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Выполнить прихватки механизированной сваркой в среде защитных газов длиной 20-30 мм   |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
|                            |       |       |     |     |    |       | Сварить левый и правый лист короба выдерживая размеры сварных швов, соблюдая схему сварки и заданные режимы, зачистить шов от шлака и брызг |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
| <b>МК</b> Маршрутная карта |       |       |     |     |    |       |   |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |
| 3                          |       |       |     |     |    |       |   |                            |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |  |

| Дубл.   | Взем.   | Подл. | Цех | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции | СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тпа | Тшт. | Н, расх. |                      |                            |
|---|---|-------|-----|-----|----|-------|----------------------------|----|-------|---|----|----|------|----|----|------|-----|------|----------|----------------------|----------------------------|
|   |   |       |     |     |    |       | Обозначение документа      |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
|   |   |       |     |     |    |       | Обозначение код            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
|   |   |       |     |     |    |       | Обозначение код            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
|   |   |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          | ФЮРА. 10190.004      |                            |
|   |   |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          | ФЮРА. 02190.1ВМ91241 |                            |
|   |   |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          | 4                    |                            |
| Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300<br>ГОСТ 427-75, луга измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69. |   |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| A32   | 1   | 1     | 1   | 030 |    |       | Сварка короба              |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          | ГОСТ 14771-76        |                            |
| B33   | Кран-балка, приспособление для сборки и сварки, полуавтомат КЕМРР1 FastMig M 420  |       |     |     |    |       |                            | 1  | 18466 | 5 | 1  | 2  |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| B34   | УШМ Makita  |       |     |     |    |       |                            | 1  | 18466 | 5 | 1  | 2  |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| КМ35  | Круги отрезные (толщ. 2,0 мм) и абразивные (толщ. 6 мм.)  |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      | ГОСТ Р 57978-2017          |
| КМ36  | Проволока Св-08Г2С Ø1,6 мм, углекислый газ  |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      | ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85 |
| O37   | Освободить короб от пневмоприжимов, кран-балкой перекантовать и установить в приспособление обратной стороной до утюга.   |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| O38   | Закрепить короб на стенде пневмопоррами.  |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| O39   | Сварить левый и правый лист короба выдерживая размеры сварных швов, соблюдая схему сварки и заданные режимы, зачистить шов от шлака и брызг.  |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| T40   | Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300<br>ГОСТ 427-75, луга измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69. |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| A41   | 1   | 1     | 1   | 035 |    |       | Контроль ВНК               |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          | ГОСТ 14771-76        |                            |
| O42   | Промзвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ГОСТ 14771-76. Проверить ширину шва, высоту усиления.               |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| T43   | Линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, луга измерительная ЛИП-3-10х ГОСТ 25706-83, УШС 3<br>ГОСТ 15150-69, щетка стальная.  |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| A44   | 1   | 1     | 1   | 040 |    |       | Контроль УЭК               |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          | ГОСТ Р 55724-2013    |                            |
| B45   | Ультразвуковой дефектоскоп НАРFANG VEO  |       |     |     |    |       |                            | 1  | 11830 | 6 | 1  | 2  |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| O46   | Проверить сварные швы УЭК. Трещины недопустимы.   |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
| <b>МК</b>   | <b>Маршрутная карта</b>   |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          |                      |                            |
|   |   |       |     |     |    |       |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |      |     |      |          | 4                    |                            |



| Дубл.     | Взам.  | Подп. |    |       |                           |                                |       |   |    |    |          |    | ФЮРА. 02190.1ВМ91241 | 5    |      |  |
|-----------|--|-------|----|-------|---------------------------|--------------------------------|-------|---|----|----|----------|----|----------------------|------|------|--|
|           |  |       |    |       |                           |                                |       |   |    |    |          |    | ФЮРА. 10190.005      |      |      |  |
| А         | Цех  | Уч.   | РМ | Опер. | Код наименования операции | Обозначение документа          |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
|           |  |       |    |       |                           | СМ                             | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД     | ЕН | ОП                   | Кшт. | Тшт. |  |
| Б         | Код наименования оборудования  |       |    |       |                           | Обозначение код                |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| К/М       | Наименование детали, сборки или материала  |       |    |       |                           | ГОСТ 14771-76                  |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| A47       | 1  | 1     | 1  | 045   | Сварка секции стрелы      | ГОСТ 14771-76                  |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| A48       | Кран-балка, приспособление для сборки и сварки, полуавтомат КЕМРР1 FastMig M 420   |       |    |       |                           | 1                              | 18466 | 5 | 1  | 2  |          |    |                      |      |      |  |
| B49       | УШМ Makita   |       |    |       |                           | 1                              | 18466 | 5 | 1  | 2  |          |    |                      |      |      |  |
| КМ50      | Круги отрезные (толщ. 2,0 мм) и абразивные (толщ. 6 мм.)   |       |    |       |                           | ГОСТ Р 57978-2017              |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| КМ51      | Проволока Sv-08Г2С Ø1,6 мм, углекислый газ   |       |    |       |                           | ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85     |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| O52       | Собрать элементы навесного оборудования.   |       |    |       |                           |                                |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| O53       | Выполнить прихватки механизированной сваркой в среде защитных газов длиной 20-30 мм  |       |    |       |                           |                                |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| O54       | Сварить навесное оборудование механизированной сваркой в среде защитных газов соблюдая схему сварки и заданные режимы, зачистить шов   |       |    |       |                           |                                |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| T55       | Линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, луга измерительная ЛИИ-3-10х ГОСТ 25706-83, УШС 3   |       |    |       |                           | ГОСТ 15150-69, щетка стальная. |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| A56       | 1  | 1     | 1  | 050   | Контроль ВНК              | ГОСТ 14771-76                  |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| O57       | Произвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Трещины недопустимы. Соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ГОСТ 14771-76. Проверить ширину шва, высоту усиления. |       |    |       |                           |                                |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| T58       | Линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, луга измерительная ЛИИ-3-10х ГОСТ 25706-83, УШС 3   |       |    |       |                           | ГОСТ 15150-69, щетка стальная. |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| A59       | 1  | 1     | 1  | 055   | Контроль УЗК              | ГОСТ Р 55724-2013              |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| B60       | Ультразвуковой дефектоскоп HAREFANG VEO  |       |    |       |                           | 1                              | 11830 | 6 | 1  | 2  |          |    |                      |      |      |  |
| O61       | Проверить сварные швы УЗК. Трещины недопустимы.  |       |    |       |                           |                                |       |   |    |    |          |    |                      |      |      |  |
| <b>МК</b> | <b>Маршрутная карта</b>  |       |    |       |                           |                                |       |   |    |    | <b>5</b> |    |                      |      |      |  |