

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**  
 Специальность **15.04.01 Машиностроение**  
 ООП/ОПОП **15.04.04 Машины и технологии сварочного производства**  
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение электронной инженерии**

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы  |
|--|
| <b>Конструирование приспособления для сборки и сварки узла тумбы нефтедобывающей вышки</b> |

УДК 621.757:621.791:622.242.32

Обучающийся

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 1ВМ01  | Клешня Александр Игоревич |         |      |

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность        | ФИО             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Верховская М.В. | К.Э.Н.                 |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

| Должность | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Кулагин А.Е. | К.ф.-М.Н.              |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП, должность | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ ИШНКБ            | Гордынец А.С. | К.Т.Н.                 |         |      |

## Планируемые результаты освоения ООП

| Код компетенции                         | Наименование компетенции   |
|---|--|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |  |
| <b>УК(У)-1</b>                          | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий   |
| <b>УК(У)-2</b>                          | Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла  |
| <b>УК(У)-3</b>                          | Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели   |
| <b>УК(У)-4</b>                          | Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия   |
| <b>УК(У)-5</b>                          | Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия   |
| <b>УК(У)-6</b>                          | Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки  |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |  |
| <b>ОПК(У)-1</b>                         | Способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки   |
| <b>ОПК(У)-2</b>                         | Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы   |
| <b>ОПК(У)-3</b>                         | Способностью использовать иностранный язык в профессиональной сфере  |
| <b>ОПК(У)-4</b>                         | Способностью осуществлять экспертизу технической документации  |
| <b>ОПК(У)-5</b>                         | 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 |
| <b>ОПК(У)-6</b>                         | Способностью к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными  |
| <b>ОПК(У)-7</b>                         | Способностью обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности   |
| <b>ОПК(У)-8</b>                         | Способностью проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения  |
| <b>ОПК(У)-9</b>                         | 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   |
| <b>ОПК(У)-10</b>                        | Способностью организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников   |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>ОПК(У)-11</b>                    | Способностью подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения   |
| <b>ОПК(У)-12</b>                    | Способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения   |
| <b>ОПК(У)-13</b>                    | Способностью разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения  |
| <b>ОПК(У)-14</b>                    | Способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении   |
| <b>Профессиональные компетенции</b> |  |
| <b>ПК(У)-1</b>                      | Способностью разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку                         |
| <b>ПК(У)-2</b>                      | Способностью разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении  |
| <b>ПК(У)-3</b>                      | Способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии                   |
| <b>ПК(У)-8</b>                      | Способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов   |
| <b>ПК(У)-9</b>                      | 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 |
| <b>ПК(У)-10</b>                     | Способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности   |

**ПРИКАЗ**

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**  
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП/ОПОП  
 \_\_\_\_\_ Гордынец А.С.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|  |
|--|
| Выпускной квалификационной работы магистра |
|--|

(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

Студенту:

| Группа | ФИО                       |
|--------|---------------------------|
| 1ВМ01  | Клешня Александр Игоревич |

Тема работы:

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Конструирование приспособления для сборки и сварки узла тумбы нефтедобывающей вышки</b> |                      |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)  | 10.01.2022, № 10-5/с |

Срок сдачи студентом выполненной работы:

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 21.06.2022 |
|--|------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p><b>Процесс механизированной сварки порошковой проволокой в среде активных газов и смесях</b></p> |
|---|---|

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b><br/> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор</li> <li>2. Описание сварной конструкции</li> <li>3. Обзор методов и обоснование выбора сварки</li> <li>4. Разработка технологического процесса</li> <li>5. Разработка приспособления для сборки и сварки</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>7. Социальная ответственность</li> </ol> <p>Заключение</p>  |
| <p><b>Перечень графического материала</b><br/> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема процесса сварки самозащитной порошковой проволокой</li> <li>2. Схема процесса сварки порошковой проволокой в углекислом газе</li> <li>3. Схема базирования для сварки двух листов</li> <li>4. Схема базирования трубы к листу</li> <li>5. Номограмма для определения угловой деформации при сварке встык и втавр</li> <li>6. Схема управления сварочным циклом</li> <li>7. Схематичный вид приспособления для удержания внутренних рёбер</li> </ol> <p>Приспособление для сборки и сварки</p> |
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br/> <i>(с указанием разделов)</i></p>  |   |
| <p><b>Раздел</b></p>   | <p><b>Консультант</b></p>   |
| <p>1-4</p>   | <p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ</p>   |
| <p>5</p>   | <p>Верховская М.В., к.э.н., доцент ОСГН ШБИП</p>  |
| <p>6</p>   | <p>Федорчук Ю.М., д.т.н. профессор ТПУ</p>  |
| <p>Комплект технологических документов</p>   | <p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ</p>   |
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b></p>  |   |
| <p><b>1. Литературный обзор</b></p>  |   |

|  |                   |
|--|-------------------|
| <p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p> | <p>10.01.2022</p> |
|--|-------------------|

**Задание выдал руководитель**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО         | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|------|
| 1ВМ01  | Клешня А.И. |         |      |

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



Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**  
 Уровень образования **магистратура**  
 Отделение школы (НОЦ) **электронной инженерии**  
 Период выполнения осенний/весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

|  |
|--|
| Выпускная квалификационная работа магистра<br>(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра) |
|--|

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающегося:

| Группа | ФИО                       |
|--------|---------------------------|
| 1ВМ01  | Клешня Александр Игоревич |

Тема работы:

|  |
|--|
| <b>Конструирование приспособления для сборки и сварки узла тумбы нефтедобывающей вышки</b> |
|--|

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 21.06.2022 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)              | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 10.03.2022    | 1. Обзор литературы  | 10                                 |
| 31.03.2022    | 2. Описание конструкции  | 10                                 |
| 09.04.2022    | 3. Технологическая часть   | 20                                 |
| 30.04.2022    | 4. Разработка приспособления для сборки и сварки                   | 20                                 |
| 10.05.2022    | 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 10                                 |
| 24.05.2022    | 6. Социальная ответственность                                      | 10                                 |
| 02.06.2022    | Английский язык  | 10                                 |
| 04.06.2022    | Заключение   | 5                                  |
| 06.06.2022    | Презентация  | 5                                  |

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

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

**Обучающийся**

| Группа | ФИО         | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|------|
| 1ВМ01  | Клешня А.И. |         |      |

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

Студенту:

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                |
| 1ВМ01         | Клешня Александр Игоревич |

|                                |              |                                  |   |
|--------------------------------|--------------|----------------------------------|---|
| <b>Школа</b>                   | <b>ИШНКБ</b> | <b>Отделение</b>                 | Отделение<br>информационных<br>технологий |
| <b>Уровень<br/>образования</b> | Магистратура | <b>Направление/специальность</b> | 15.04.01 Машиностроения                   |

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

|  |   |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | <i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.</i> |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов   |   |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  |   |

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

|  |  |
|--|--|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта                      |
| 2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований   | Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.   |
| 3. Планирование процесса управления НИТ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок                        | Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИТ  |
| 4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности  | Проведение оценки экономической эффективности определения отношений между пользователями социальной сети Twitter на основе анализа текста сообщений. |

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

|   |
|---|
| 1. Оценка конкурентоспособности технических решений               |
| 2. Матрица SWOT   |
| 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>                              |
| 4. График проведения и бюджет НИТ                                 |
| 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИТ |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> | 10.01.2022 |
|---|------------|

**Задание выдал консультант:**

|                  |                 |                               |                |             |
|------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>      | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| Доцент ОСГН ШБИП | Верховская М.В. | к.э.н.                        |                | 28.02.2022  |

**Задание принял к исполнению студент:**

|               |             |                |             |
|---------------|-------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>  | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 1ВМ01         | Клешня А.И. |                | 28.02.2022  |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                |
| 1ВМ01         | Клешня Александр Игоревич |

|                            |              |                                  |                            |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------|
| <b>ШКОЛА</b>               | <b>ИШНКБ</b> | <b>Отделение школы (НОЦ)</b>     | Электронной инженерии      |
| <b>Уровень образования</b> | Магистр      | <b>Направление/специальность</b> | 15.04.01<br>Машиностроение |

**Тема дипломной работы: «Конструирование приспособления для сборки и сварки узла тумбы нефтедобывающей вышки»**

|   |   |
|---|---|
| <b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>  |   |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения  | Процесс полуавтоматической сварки объекта больших габаритов.<br>Данное исследование направлено на разработку метода повышения технологичности процесса сварки тумбы нефтедобывающей вышки.  |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:  |   |
| <b>1. Производственная безопасность</b><br>1.1. Анализ выявленных вредных факторов <ul style="list-style-type: none"> <li>• Природа воздействия</li> <li>• Действие на организм человека</li> <li>• Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов)</li> <li>• СЗ коллективные и индивидуальные</li> </ul> 1.2. Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Термические источники опасности</li> <li>• Электробезопасность</li> <li>• Пожаробезопасности</li> </ul> | 1. Вредные факторы:<br>1.1 Недостаточная освещенность;<br>1.2 Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;<br>1.3 Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;<br>1.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения, ультрафиолетового и инфракрасного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;<br>1.5. Факторы, связанные с высокой температурой материальных объектов;<br>1.6. Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ;<br>2. Опасные факторы:<br>2.1 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>2.2 Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации. |
| <b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы в окружающую среду</li> <li>• Решения по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>   | 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> <ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень возможных ЧС при разработке и</li> </ul>   | Рассмотрены 2 ситуации ЧС:<br>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии  |

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>• разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul> | 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   |

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> | 26.02.2022 г. |
|---|---------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность     | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата          |
|---------------|---------------|------------------------|---------|---------------|
| Профессор ТПУ | Федорчук Ю.М. | Д.Т.Н.                 |         | 26.02.2022 г. |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата          |
|--------|---------------------------|---------|---------------|
| 1ВМ01  | Клешня Александр Игоревич |         | 26.02.2022 г. |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 135 с., 26 рис., 26 табл., 24 источника.

Ключевые слова: сварка порошковой проволокой, опора нефтедобывающей вышки, приспособление для сборки и сварки, технологический процесс, толстостенные детали, многослойная сварка.

Объектом исследования является: процесс сварки порошковой проволокой.

Предмет исследования – разработка приспособления для сборки и сварки тумбы нефтедобывающей вышки.

Цель работы – разработать приспособление для сборки и сварки тумбы нефтедобывающей вышки.

В процессе исследования проводился анализ существующих методов сварки с максимальной производительностью и качеством шва. Предложены технологические решения по сборке и сварке. Предложены методы по реализации приспособления.

В результате исследования разработан технологический процесс сборки и сварки тумбы нефтедобывающей вышки для сварки порошковой проволокой, а также приспособление для реализации процесса.

Основные конструктивные, технологические и техникоэксплуатационные характеристики: простое в изготовлении и эксплуатации приспособление, имеющее высокую надежность, обеспечивающее изготовление надлежащего качества.

Область применения: данное приспособление может применяться в области нефтяной добычи.

## Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Тумба – опорный элемент для вышестоящих конструкций.

Порошковая проволока – непрерывный электрод трубчатой или другой, более сложной конструкции с порошкообразным наполнителем.

Сварочная ванна – слой расплавленного металла на поверхности свариваемых изделий, образующихся в процессе сварки.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы»

2. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация»

3. ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования»

4. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»

5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" (с изменениями на 15 марта 2010 года)»

6. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

7. СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»

8. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*»

9. СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»

10. ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)»
11. ГОСТ 12.1.035–81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений»
12. СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1)»
13. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
14. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014)
15. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681
16. ГОСТ 12.3.003-86 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением N 1)»
17. ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»
18. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
19. ГОСТ 12.4.021-75 «Системы вентиляционные. Общие требования»
20. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
21. ГОСТ Р 51057-2001 «Огнетушители переносные»

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

$F_n$  – площадь наплавленного металла;

$F_{пр}$  – площадь поперечного сечения проплавленного металла;

$j$  – плотность сварочного тока;

$I_{св}$  – сварочный ток;

$U_d$  – напряжение дуги;

$\psi_n$  – коэффициент формы провара;

$V_{св}$  – скорость сварки;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки;

$\alpha_p$  – коэффициент расплавления;

$H$  – глубина проплавления;

$q_n$  – погонная энергия;

$q_p$  – угловая деформация;

$q$  – тепловая мощность при сварке;

$R_{вес}$  – расчётное усилие прижимов на кромку;

$R_{доп}$  – допускаемое усилие прижатия;

$M_n$  – изгибающий момент;

$I_x$  – момент инерции;

$E$  – модуль упругости стали;

$b$  – толщина ребра жесткости;

$l$  – высота ребра жесткости;

$F$  – рабочее давление в гидравлической системе;

$\tau$  – напряжение кручения;

$M_{изг}$  – изгибающий момент;

## Оглавление

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 17 |
| 1 Литературный обзор.....  | 18 |
| 1.1 Технологические особенности сварки массивных толстолистовых конструкций.....                           | 18 |
| 1.2 Проблемы возникающие при эксплуатации опор буровых установок и требования к сварным конструкциям ..... | 19 |
| 1.3 Описание конструкции опоры буровой установки .....   | 22 |
| 2 Описание сварной конструкции .....   | 26 |
| 3 Технологическая часть.....   | 29 |
| 3.1 Выбор материала конструкции.....   | 29 |
| 3.2 Методы сборки и сварки рассматриваемых конструкций. Выбор и обоснование способа сварки.....            | 29 |
| 3.3 Выбор сварочных материалов .....   | 31 |
| 3.3.1 Материалы для сварки под слоем флюса .....   | 31 |
| 3.3.2 Материалы для сварки порошковой проволокой .....   | 32 |
| 3.4 Определение свариваемости.....   | 34 |
| 3.5 Расчёт режимов сварки .....  | 35 |
| 3.6 Выбор сварочного оборудования .....  | 40 |
| 3.7 Разработка технологического процесса сборки и сварки опоры буровой установки .....                     | 41 |
| 4 Разработка приспособления для сборки и сварки .....  | 45 |
| 4.1 Схемы базирования .....  | 45 |
| 4.2 Расчёт сварочных деформаций.....   | 47 |
| 4.3 Расчёт требуемых усилий прижима деталей .....  | 48 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.3.1 | Усилия, возникающие при сварки опорных листов .....                     | 48 |
| 4.3.2 | Усилия, возникающие при сварке ребра .....                              | 52 |
| 4.4   | Выбор и обоснование прижимных устройств .....                           | 56 |
| 4.4.1 | Расчёт гидроцилиндров.....  | 56 |
| 4.4.2 | Расчёт приспособления для фиксации и удержания внутренних рёбер..       | 57 |
| 4.5   | Расчёт опорной балки на прочность.....                                  | 63 |
| 5     | Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение .....   | 65 |
| 5.1.1 | Потенциальные потребители результатов исследования.....                 | 65 |
| 5.1.2 | Анализ конкурентных технических решений.....                            | 65 |
| 5.1.3 | SWOT – анализ .....   | 66 |
| 5.2   | Оценка готовности проекта к коммерциализации.....                       | 69 |
| 5.4   | Инициация проекта .....   | 72 |
| 5.5   | Цели и результат проекта .....  | 73 |
| 5.6   | Определение возможных альтернатив проведения научных исследований ..... | 74 |
| 5.7   | Структура работ в рамках научного исследования .....                    | 74 |
| 5.8   | Планирование научно-исследовательских работ .....                       | 75 |
| 5.9   | Разработка графика проведения научного исследования .....               | 75 |
| 5.10  | Расчет материальных затрат НТИ .....                                    | 78 |
| 5.11  | Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....                     | 79 |
| 5.12  | Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....       | 79 |
| 5.13  | Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....            | 81 |
| 5.14  | Накладные расходы.....  | 81 |
| 5.15  | Расчет затрат на амортизационные отчисления .....                       | 82 |
| 5.16  | Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....     | 83 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.17  | Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..... | 84  |
| 6.    | Социальная ответственность .....   | 86  |
| 6.1   | Производственная безопасность .....  | 87  |
| 6.1.1 | Анализ выявленных вредных факторов .....   | 87  |
| 6.2   | Анализ выявленных опасных факторов .....   | 102 |
| 6.2.1 | Электроопасность .....   | 102 |
| 6.2.2 | Пожароопасность .....  | 104 |
| 6.3   | Экологическая безопасность .....   | 107 |
| 6.4   | Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....  | 110 |
|       | Список использованных источников .....   | 112 |
|       | Заключение .....   | 115 |
|       | Приложение А Development and technology of hardening of the polyethylene granulator die .....                                  | 116 |
|       | Приложение Б Комплект технологической документации.....  | 129 |

## **Введение**

Нефтедобыча – это отрасль, в которой Россия уверенно конкурирует с западными странами.

Развитие экономики и её укрепление является одним из главных факторов развития технологий нефтедобычи. В связи с этим, одной из главных задач является не только сохранение высокого интеллектуально-технического уровня своей продукции, но и постоянное его совершенствование.

Проанализировав технологии сварочного производства некоторых опорных элементов нефтедобывающих вышек, были выявлены операции, наиболее нуждающиеся в совершенствовании и повышении общего уровня механизации. До сих пор некоторые операции выполняются без приспособлений, что отнимает много времени на сборку и сварку изделия. Одним из таких изделий является тумба нефтедобывающей вышки. В настоящий момент листовые элементы собираются при помощи четырёх сварщиков и крановщика. Для того чтобы изготовить тумбу требуется постоянно менять сторону сварки, т.к. технология сварки накладывает определенную последовательность выполнения швов, а это невозможно выполнить в одиночку.

Цель работы – разработка приспособления для сборки и сварки тумбы нефтедобывающей вышки, которое позволит ускорить процесс подготовки деталей перед сваркой, будет иметь возможность поворота изделия и доступ к сварке со всех сторон.

В работе рассматривается разработка приспособления, позволяющее практически полностью исключить человеческий фактор при сварке и дается экономическая оценка эффективности от внедрения усовершенствованной технологии изготовления конструкции балки в производство.

## **1 Литературный обзор**

### **1.1 Технологические особенности сварки массивных толстолистовых конструкций**

Конструкционная сталь успешно изготавливается и монтируется каждый день с использованием различных экономичных и надежных процессов дуговой сварки. Однако по мере того, как стальная пластина становится толще, формы становятся сложнее, а сборки становятся более жесткими, вероятность возникновения проблем при строительстве возрастает. Проблемы сварочных конструкций могут возникать и при сварке легких секций, но при увеличении веса элементов растрескивание и пластинчатый разрыв становятся более вероятны.

Сварка толстостенной конструкционной стали сопряжена с определенными проблемами. По мере того, как стальная пластина становится толще, по мере того как формы становятся тяжелее, и по мере того, как сборки становятся более жесткими, проблемы со строительством становятся более вероятными. Изучив предысторию и истории сварки толстой, прочной стали, можно сказать, что существует четыре категории проблем, которые необходимо учитывать [1]:

- высокие деформации усадки;
- высокая остаточные напряжения;
- трещины и трещиноподобные концентраторы напряжений;
- уменьшение сопротивления материала разрушению (предел прочности, предел текучести).

Чтобы обеспечить качество сварной конструкции, необходимо учитывать все четыре области. Остаточные напряжения усадки и деформации должны быть уменьшены, количество и размер трещин сведены к минимуму, а сопротивление разрушению увеличиться.

При повышенной толщине стали и большой протяженности швов резко возрастают остаточные сварочные напряжения, которые могут послужить

причиной появления трещин в сварных швах. Поэтому при выполнении многослойных швов большой протяженности для уменьшения сварочных напряжений необходимо соблюдать определенный порядок наложения швов.

Сложность сварки в таких условиях усугубляется тем фактом, что сборки толстостенных конструкций обычно выполняют критически важные функции. Часто по ходу производства оставшиеся элементы становятся больше по размеру и более ограниченными, что делает процесс сварки более проблематичным [2].

Соответственно, важно, чтобы такие соединения были правильно спроектированы, детализированы, изготовлены и проверены.

## **1.2 Проблемы возникающие при эксплуатации опор буровых установок и требования к сварным конструкциям**

Основную добычу нефти из месторождений мирового океана производят с помощью специальных технологических сооружений – нефтяных платформ.

Эти инженерные комплексы выполняют несколько функций, начиная с процесса бурения и заканчивая добычей углеводородов. Это оправдывает их сложность и дороговизну.

Нефть добывают с помощью многоэтажных буровых установок, выглядящих как стальной остров. Они возвышаются над поверхностью моря на огромных массивных опорах. С помощью самых современных технологий эти агрегаты способны бурить скважины глубиной до 10 км [4].

Любая нефтяная платформа состоит из четырех основных частей – корпуса, якорной системы, буровой палубы и буровой вышки. Корпус нефтяной платформы представляет собой огромный понтон треугольной или четырехугольной формы. Его поддерживают на плаву шесть огромных колонн, наполненных воздухом.

На корпусе закреплена буровая палуба, которая по размерам превышает футбольное поле. Палуба отличается большой прочностью, чтобы выдерживать

массу бурильной установки, вертолетной площадки, нескольких кранов и другого оборудования. Над буровой палубой, примерно на высоте 10-15 этажного дома, возвышается буровая вышка, которая поднимает и опускает бур. Отсюда формируется первое требование к опорам – высокая прочность на сжатие.

Если глубина дна не высокая, то используют неподвижную вышку, на которой закрепляют те же элементы. Неподвижные вышки устанавливают на рамные металлические опоры, которые заливают бетоном. У производителей эти конструкции называют тумбами.

Исходя из вышеперечисленного можно выделить следующие типы морских платформ:

- стационарного типа,
- свободно закрепленные,
- полупогружные,
- самоподъемные,
- с растянутыми опорами,
- плавучие нефтехранилища.

Платформы могут быть конкретного вида либо комбинированные (рисунок 1.1-1.2).

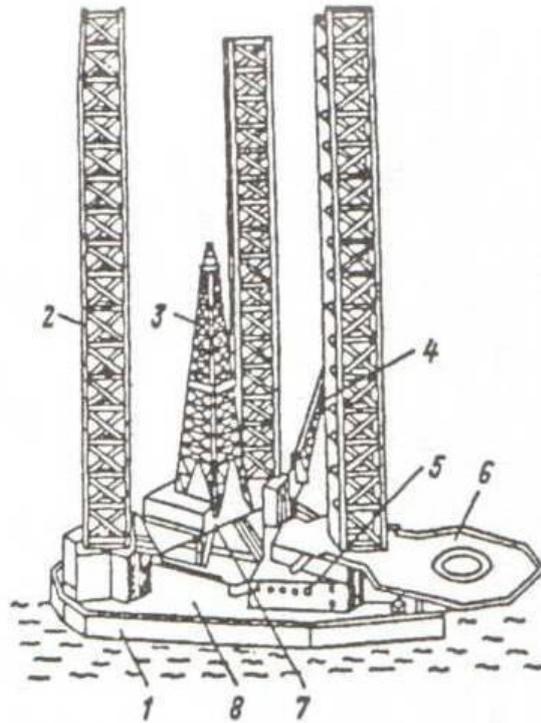


Рисунок 1.1 – Самоподъёмная буровая установка 1 – плавучий понтон, 2 – подъёмная опора, 3 – буровая вышка, 4 – поворотный кран, 5 – жилой отсек, 6 – вертолётная площадка, 7 – подвыщечный портал, 8 – главная палуба [5]

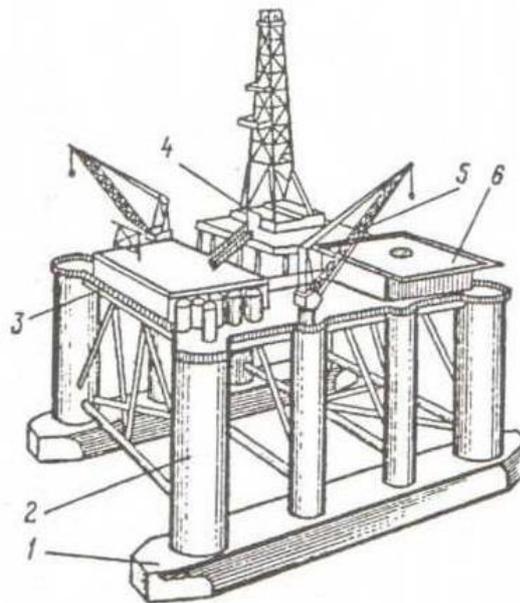


Рисунок 1.2 – Полупогружная буровая платформа 1 – погружной понтон, 2 – стабилизационная колонна, 3 – верхний корпус, 4 – буровая установка, 5 – грузовой кран, 6 – вертолётная площадка [5]

Для России добыча нефти происходит на морях, где образуется ледовый покров. Поэтому необходимо использовать ледостойкие конструкции, так как стержневые блоки даже с поперечными связями не обладают достаточным сопротивлением. Для сопротивления боковым нагрузкам от давления льда используют бетон, заливая им железные опоры.

Морская вода имеет большое количество соли в своём составе. За счёт содержания соли повышается скорость коррозии металла. Соль является лучшим электрическим проводником, чем пресная вода. Происходит гальваническая коррозия. Это необходимо учитывать при подборе материала сварной конструкции.

Морская вода - одна из самых сложных и агрессивных сред. Морская коррозия зависит от множества взаимозависимых параметров и сочетает химические, биологические и механические факторы. Понимание влияния каждого из этих параметров и факторов является ключом к оптимизации конструкции металлических конструкций и закладке этих решений на этапе изготовления. Это также ключ к оптимизации методов сварки для защиты от коррозии и эффективности используемых материалов.

### **1.3 Описание конструкции опоры буровой установки**

Опоры представляют собой закрытую коробчатую конструкцию, сваренную из листового металла. Такая конструкция имеет вес в среднем около 30 тонн, а количество сварных швов достигает нескольких сотен (рисунок 1.3). Исходя из этого становится понятна сложность изготовления. Большое количество элементов и сварных швов выдвигает высокие требования к сварочному приспособлению и технологии сварки.

Автоматизация для изготовления данной конструкции проблематична в счёт большого веса, габаритов и сложности расположения элементов конструкции. В основном используют ручную или полуавтоматическую сварку,

но в некоторых моментах выгоднее сварить протяженные швы сваркой под флюсом, несмотря на сложности транспортировки.

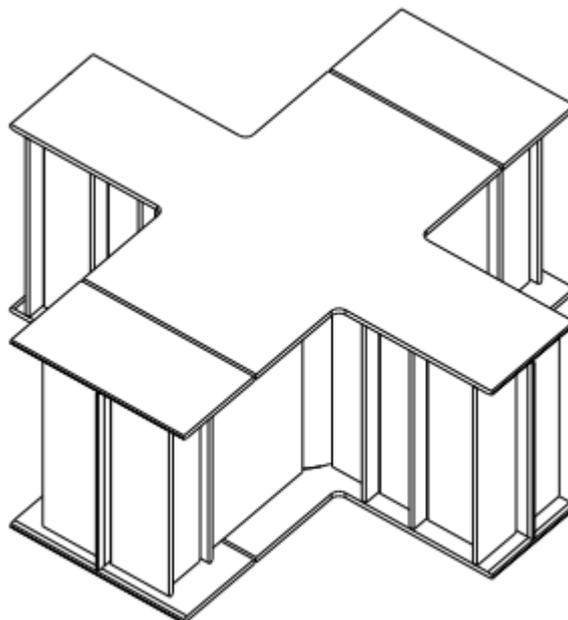


Рисунок 1.3 – Трёхмерный вид угловой опоры нефтедобывающей вышки

Опоры в дальнейшем заливаются бетоном, но так как бетон пористый необходимы меры по предотвращению коррозии металла.

Так же необходимость в обеспечении ледостойкости и возможности установки на неровном и изменчивом дне накладывает необходимость в разработке специальных конструктивных элементов.

На данный момент используется три типа опор ледостойких нефтедобывающих платформ крайнего севера [6]:

- с гравитационным фундаментом,
- со свайным фундаментом,
- комбинированный свайно-гравитационный фундамент.

У каждого типа платформы есть свои преимущества установки на подводный грунт. Обычно выбор конструкторами типа платформы зависит от сейсмических свойств моря на данном участке и сложности строительства. От типа платформы зависит исполнение колонн.

Ледостойкие стационарные платформы с гравитационным фундамента представляет собой комбинированное сооружение. Опорная часть платформы состоит из фундаментной плиты, конусообразной колонны и несущей палубы.

В зоне действия льда колонна имеет цилиндрическую форму, а конусная часть расположена ниже этой зоны. Такое конструктивное решение необходимо из-за существующей реальной опасности смерзания льда с опорной колонной. В этом случае наклонные элементы не только полностью теряют свое назначение, но и становятся опасными, увеличивая зону контакта с ледовыми образованиями.

Опорный блок платформы со свайным фундаментом состоит из четырех вертикальных цилиндрических колонн, жестко соединенных между собой стержневыми конструкциями. Две из колонн имеют наружный диаметр 15 м, в них размещены буровые скважины.

Для усиления конструкции опорного блока и придания ему ледостойких характеристик кольцевое пространство колонн заливают бетоном в зоне действия льда, так же в этой зоне отсутствуют элементы жёсткости между колоннами. На уровне воды устанавливают ледорезы с подогревом для предотвращения накапливания и смерзания льда.

Свайно-гравитационные платформы наиболее сложны конструктивно. Опоры имеют большую общую толщину несущего модуля, но обеспечивает улучшенный доступ к узловым соединениям (лучшая ремонтпригодность), даёт возможность размещать ёмкости и цистерны на нижнем уровне балок.

Сборку и сварку металлических узлов производят на сборочных площадках и на плаву акватории завода.

Опора представляет собой коробчатую конструкцию, заваренную со всех сторон. Четыре короба отделяются друг от друга трубой, находящейся по середине конструкции. Труба диаметром 1360 мм представляет собой лист толщиной 50 мм завальцованный и сваренный продольным швом. Дно и крышка состоят из трех листов каждый. Первых лист представляет собой обрезанный с четырёх углов квадрат в виде жирного знака плюс. Оставшиеся два листа являются добавочными

с двух противоположных сторон: они привариваются к основному листу. Толщина этой детали 50 мм, ширина и длина – 4750 мм. Внутренние листы задают высоту конструкции в 2000 мм и представляют собой набор листов толщиной 50 мм разной ширины.

Опора нефтедобывающей вышки в совокупности с другими прилегающими элементами эксплуатируется под водой. Испытывает в основном постоянные нагрузки на смятие и сжатие. Возможны косвенные ударные нагрузки.

## 2 Описание сварной конструкции

Тумба является опорным элементом для вышестоящих конструкций. Опорные элементы (опорные фермы и балки, козлы, подставки) предназначены для восприятия силовых воздействий и передачи их на фундамент (бетонный, деревянный), непосредственно на грунт или кустовое основание. Опорная поверхность этих элементов выполняется с развитой площадью опоры, обеспечивающей низкие удельные нагрузки. Допустимые удельные нагрузки на фундамент, грунт или кустовое основание определяются в каждом конкретном случае в зависимости от результатов их расчета или (и) испытаний и выбираются в пределах 0,05...0,2 Па.

Блоки строительных конструкций используют при возведении сборных железобетонных и металлических эстакад балочного и ферменного типов. В состав блока строительных конструкций балочных железобетонных эстакад входят балки, траверсы, переходные мостики и их ограждения, а металлических ферменных – фермы, верхние и нижние балки, элементы связей, переходные мостики и их ограждения.

Комбинированный блок – это пролетное строение металлической эстакады с установленными и закрепленными трубопроводными блоками, собранное до подъема и установки в проектное положение.

Вид блока и степень его укрупнения (в том числе нанесение тепловой изоляции) определяются ППР в зависимости от конструктивных решений эстакад, количества и расположения трубопроводов, их диаметров, наличия грузоподъемных механизмов и транспортных средств, а также местных условий производства работ. Обычно монтаж ведут трубопроводными и комбинированными блоками. В состав блока из строительных конструкций балочных железобетонных эстакад входят балки, траверсы, переходные мостики и их ограждения, а металлических ферменных - фермы, верхние и нижние балки, элементы связей, переходные мостики и их ограждения.

При монтаже конструкций пролётных строений эстакад и трубопроводов необходимо обеспечить устойчивость и неизменяемость смонтированной части эстакады.

К монтажным работам по прокладке наружных межцеховых трубопроводов на отдельно стоящих опорах или эстакадах приступают только после получения от строительной организации актов о полном соответствии опорных конструкций проекту и техническим условиям, а также проверки фактического выполнения этих работ представителями монтажных организаций.

Необходимо проверить готовность строительных конструкций стоек эстакад (для комбинированных и трубопроводных блоков, прокладываемых по отдельно стоящим стойкам) и пролётных строений (для трубопроводных блоков) под монтаж и составить исполнительную схему, учитывающую отклонение отметок и положение в плане опорных конструкций эстакады.

Монтаж конструкций пролётных строений эстакады начинают от неподвижной (анкерной) стойки и ведут в обе стороны от неё.

Комбинированные блоки двухъярусных железобетонных эстакад монтируют только после окончания монтажа всех вставок (этап I) и сварки вставок с опорными стойками. Траверсы и связи по верхнему ярусу устанавливают после монтажа комбинированных блоков на нижнем ярусе и укладки в нём трубопроводов, подвешиваемых к верхнему ярусу, если это допускается конструкцией эстакады.

Комбинированные блоки металлической ферменной эстакады монтируют одним краном, за исключением компенсаторных блоков, которые монтируют двумя кранами. Комбинированный блок наводят в проектное положение путём совмещения монтажных отверстий, разбивочный рисунок или опорных закладных деталей с соответствующими установочными местами ранее смонтированных конструкций пролётных строений или опор. Чтобы избежать удара, блок наводят очень небольшими перемещениями монтажного

крана, а также ручным натяжением расчалок (не менее двух) монтажными ломиками, струбцинами и домкратами.

На вновь сооружаемых эстакадах оставляют свободные места для прокладки дополнительных линий трубопроводов на случай возможного расширения предприятия и наращивания мощностей. Дополнительные линии трубопроводов на действующих эстакадах обычно прокладывают отдельными трубами. Трубы поднимают краном и с помощью трактора или лебёдок и отводных блоков протаскивают внутрь эстакады. Отдельные детали эстакады, как и трубопроводов соединяют путем сваривания.

### 3 Технологическая часть

#### 3.1 Выбор материала конструкции

Для производства тумбы нефтедобывающей вышки используют сталь Ст3Гпс. Химический состав стали представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Химический состав стали Ст3Гпс

| C          | Si     | Mn       | S      | P      | Cr     | Ni     | Cu     | As     | N      |
|------------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.14-0.22% | <0.15% | 0,8-1.1% | <0.05% | <0.04% | <0.03% | <0.03% | <0.03% | <0.08% | <0.01% |

Согласно ГОСТ 14637-89. Назначение, Листовой прокат толщиной от 10 до 36 мм - для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках и температурах от минус 40 °С до плюс 425 °С; толщиной свыше 30 мм – для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках и температурах от минус 40 °С до плюс 425°С; для ненесущих элементов сварных конструкций, работающих при температурах от минус 40 °С до плюс 425 °С, при условии заказа и поставки с гарантируемой свариваемостью.

Механические свойства стали Ст3Гпс: временное сопротивление разрыву  $G_b$  равно (370-490) Н/мм<sup>2</sup>, предел текучести  $G_T$  равен 245 Н/мм<sup>2</sup>, относительное удлинение  $G_S= 26 \%$ , ударная вязкость, кгс м/см<sup>2</sup> при температуре: 20 °С 199 Дж/см<sup>2</sup>, минус 40 °С – 113 Дж/см<sup>2</sup>.

#### 3.2 Методы сборки и сварки рассматриваемых конструкций. Выбор и обоснование способа сварки

Согласно ГОСТ Р 54382-2021 [7], прописывающий требования к изготовлению опорных конструкций, 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 опора буровой установки 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 может найти своё применение, но только частично. Конструкция полностью состоит из листового материала, имеющего большую толщину и протяжённость, соответственно применение автоматизированных способов сварки, с учётом массовости производства, является целесообразным.

Исходя из приведённых факторов, целесообразно будет назначить механизированный способ сварки плавящимся электродом проволокой сплошного сечения в среде инертных газов в комбинации с автоматической сваркой под слоем флюса, 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.

Для полуавтоматической сварки 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.

### **3.3 Выбор сварочных материалов**

#### **3.3.1 Материалы для сварки под слоем флюса**

К изготовлению опор допускаются сварочные материалы, имеющие сертификат завода-изготовителя и свидетельство об одобрении сварочных материалов РМРС. Маркировка материалов должна соответствовать данным сопроводительной документации. Сварочные материалы назначаются ОГСв в зависимости от категории (марки) стали, предназначенной для изготовления тавровой балки и принятого для их выполнения способа сварки.

Хранение и подготовку сварочных материалов выполнять в соответствии с инструкцией №П1-01 И-0002 «О получении, хранении и выдачи сварочных материалов» [8]. Поступающий материал должен проходить входной контроль на заводе. Сертификаты, поступающие вместе с материалом, передаются на хранение в ОТК. Сварочные материалы (электроды, флюс, проволока) следует хранить в сухих отапливаемых помещениях в условиях, предохраняющих их от загрязнения, увлажнения и механических повреждений.

Сварку под слоем флюса осуществляют на стыках пластин с нижним положением сварки и при изготовлении центральной трубы. Все швы выполняются сваркой под слоем флюса, однако прихватки выполняют механизированной сваркой порошковой проволокой. Сварку можно производить без выставления технологического зазора, что значительно сокращает время на сборку труб перед сваркой.

Равнопрочность сварного соединения при использовании механизированной сварки под слоем флюса достигается подбором сварочных проволок и флюса, и выбором режимов и техники сварки. При сварки низколегированных сталей используются флюсы, например, АН-348-А, АН-22,

ОСЦ-45, также электродные проволоки Св-08ГА, Св-10НМА, Св-10ГА и др. Легирование металла шва марганцем из проволок и кремнием при проворе основного металла, при подборе соответствующего термического цикла (погонной энергии) позволяет получить металл шва с требуемыми механическими свойствами. Использование указанных материалов достигается высокая стойкость металла против образования пор и кристаллизационных трещин. Согласно рекомендации [9], принимаем для сварки стали Ст3Гсп под слоем флюса электродную проволоку Св-10ГА (ГОСТ 2246-70) и флюс АН-348-А (ГОСТ 9087-69).

В таблицах 3.2 и 3.3 приведены химический состав проволоки Св-10ГА и флюса АН-348-А соответственно.

Таблица 3.2 – Химический состав сварочной проволоки Св-10ГА, в % по ГОСТ 2246-70 [10]

| С    | Si   | Mn      | Cr     | Ni     | S     | P    |
|------|------|---------|--------|--------|-------|------|
| 0,12 | 0,06 | 1,1-1,4 | до 0,2 | до 0,3 | 0,025 | 0,03 |

Таблица 3.3 – Флюс сварочный плавильный АН-348-А, в % ГОСТ 9087-69 [11]

| SiO <sub>2</sub> | MnO   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | MgO   | CaF <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | S       | P       |
|------------------|-------|--------------------------------|-----|-------|------------------|--------------------------------|---------|---------|
| 41-44            | 34-38 | 4,5                            | 6,5 | 5-7,5 | 4-5,5            | 2                              | до 0,15 | до 0,12 |

### 3.3.2 Материалы для сварки порошковой проволокой

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.

Порошковые проволоки классифицируют по следующим основным признакам: назначению, способу защиты расплавленного металла от воздуха, составу сердечника и механическим свойствам металла шва. В зависимости от диаметра, конструкции, состава проволок, их сварочно-технологических характеристик порошковые проволоки могут быть предназначены для сварки сталей, цветных металлов и их сплавов, чугуна и т.д.

К самозащитной порошковой проволоке предъявляется ряд требований, от выполнения которых зависит возможность ее широкого производственного применения. Это - обеспечение высокой производительности процесса, широкого диапазона рабочих режимов сварки, хорошего формирования швов и отделимости шлаковой корки, малых потерь металла на разбрызгивание, высоких механических свойств металла шва, приемлемых санитарно-гигиенических характеристик, стойкости против образования дефектов - пор, трещин, шлаковых включений и т.д. К самозащитным проволокам относятся марки ПП-1ДСК, ПП-2ДСК, ПП-АН1, ПП-АН3, ПП-АН7, ПП-АН11, ПП-АН17, ПП-АН19, СП-2, ПП-2ВДСК.

Самозащитные порошковые проволоки рекомендуется применять для сварки на открытых монтажных площадках и в полевых условиях.

В соответствии с рекомендациями выбираем сварочную проволоку ПП-АН17.

ПП-АН17 - для сварки швов во всех пространственных положениях. В проволоке этой марки отсутствуют гигроскопичные материалы. При плавлении образуется шлак с хорошими физическими свойствами, препятствующий стеканию металла с вертикальной плоскости. Это позволяет выполнять сварку вертикальных швов способом сверху - вниз.

### 3.4 Определение свариваемости

Целесообразность предварительного подогрева определяется по углеродному эквиваленту, рассчитывается по формуле 4.1:

$$C_3 = C + \frac{P}{2} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{12} + \frac{Ni}{13} + 0,024 \cdot S \quad (3.1)$$

где C, P, Cr, Mn, Cu, Ni – содержание соответствующего химического элемента, %, S - толщина свариваемого металла, мм.

Если  $C_3 < 0,8$ , сварку можно выполнять без предварительного подогрева основного металла. Если же  $C_3 > 0,8$ , возможно возникновение трещин в зоне термического влияния, необходим подогрев. Рассчитаем углеродный эквивалент для Стали Ст3Гпс, определив нужен ли подогрев по формуле 3.1.

$$C_3 = 0,40 + \frac{0,040}{2} + \frac{0,030}{5} + \frac{1,1}{6} + \frac{0,15}{12} + \frac{0,030}{13} + 0,024 \cdot 0,050 = 0,407$$

Следовательно,  $C_3 = 0,407 < 0,8$ , то сварку выполним без подогрева основного металла.

Вероятность появления при сварке горячих трещин можно по показателю Уилкинсона:

$$H.C.S = \frac{C(S + P + Si/25 + Ni/100)}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \cdot 10^3 = 11 \quad (3.2)$$

тогда:

$$H.C.S = \frac{0,22(0,050 + 0,040 + 0,15/25 + 0,03/100)}{3 \cdot 1,1 + 0,030} \cdot 10^3 = 6,3$$

Для механизированной сварки открытой дугой без дополнительной защиты зоны сварки применяют специальные порошковые проволоки, представляющие собой гибкую стальную трубку диаметром 1,0+3,2 мм с заполненной сердцевиной порошкообразным флюсом, который используется как для защиты зоны сварочной дуги и ванны от воздействия кислорода воздуха, так и для легирования металла шва и его раскисления.

Наиболее широкое применение в России для сварки нашли проволоки марок ПП-АН1, ПП-АН3 и проволоки ПП-АН4, ПП-АН17.

Порошковые проволоки обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами, минимальной токсичностью газов и пыли, обеспечивают малое разбрызгивание металла, хорошее формирование шва и отделение шлаковой корки.

Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. Подготовка кромок под сварку такая же, как и при сварке в  $CO_2$  сплошной проволокой.

### 3.5 Расчёт режимов сварки

Для того чтобы получить качественное сварное соединение необходимо произвести расчеты режимов сварки для соединений конструкции. Первое соединение, выполняемое механизированной сваркой в среде защитных газов представлено на рисунке 3.1.

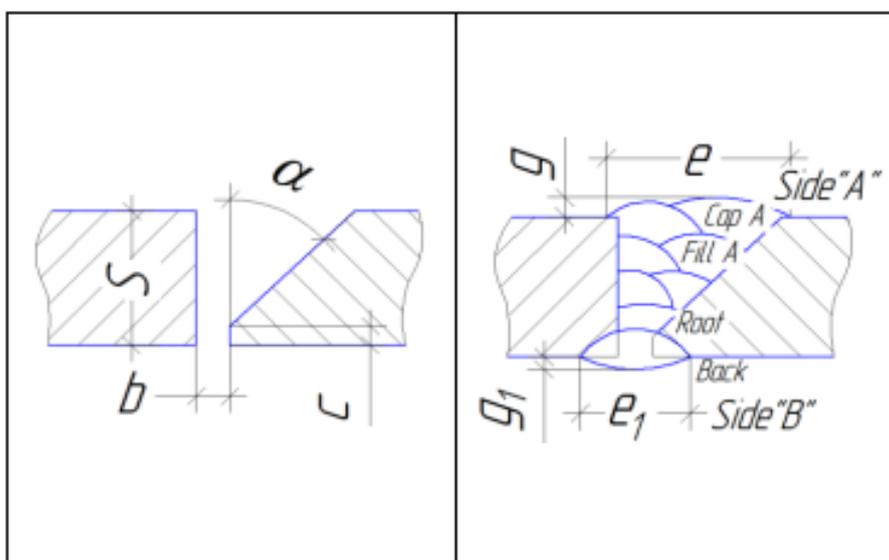


Рисунок 3.1 – Стыковое соединение, где  $S$  – толщина деталей,  $b$ ,  $c$ ,  $\alpha$  – параметры скоса кромки,  $e$ ,  $g$ ,  $e_1$ ,  $g_1$  – параметры шва

Стыковое соединение (по ГОСТ 14771-76) выполняется как С12 (одностороннее соединение с разделкой кромок, выполняемое без подкладки).

Для толщины металла  $S=50$  мм,  $\alpha=40\pm 2^\circ$ ,  $b=0-4,5$  мм,  $c=0-3$  мм,  $e=50\pm 5$  мм,  $e_1=10\pm 2$  мм,  $g=0-3$  мм,  $g_1=2\pm 1$  мм.

Производится расчет параметров режима сварки для стыкового соединения.

Согласно рекомендация [8] для сварки детали в углекислом газе толщиной 50 мм применяется диаметр проволоки  $d_s = 1,6$  мм, сварка деталей осуществляется в несколько проходов.

Общая площадь поперечного сечения наплавленного металла для механизированной сварки в углекислом газе равна площади наплавленного металла. Она находится по формуле [5]:

$$F_H = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e, \quad (3.3)$$

где  $h$ ,  $\alpha$ ,  $b$ ,  $S$ ,  $g$ ,  $e$  – размеры конструктивных элементов сварного соединения.

$$F_H = 6^2 \cdot \operatorname{tg}(40^\circ) + 1 \cdot 50 + 0,75 \cdot 8 \cdot 1 = 83 \text{ мм}^2.$$

Общая площадь поперечного сечения, наплавленного и проплавленного металлов, находится по формуле [5]:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g), \quad (3.4)$$
$$F = 0,73 \cdot 8 \cdot (50 + 1) = 162 \text{ мм}^2.$$

Вычислим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле [5]:

$$F_{ПР} = F - F_H, \quad (3.5)$$
$$F_{ПР} = 162 - 83 = 79 \text{ мм}^2.$$

При расчёте параметров режима сварки следует учесть рекомендации по количеству наплавленного металла за один проход. Так для проволоки диаметром 1,6 мм площадь поперечного сечения первого прохода 20 - 30  $\text{мм}^2$ , второго 30 - 60  $\text{мм}^2$ .

Принимается площадь наплавленного за один проход металла равной: для первого прохода  $F_1 = 30 \text{ мм}^2$ , для второго прохода  $F_n = 60 \text{ мм}^2$ .

Согласно рекомендациям [10], принимается плотность сварочного тока  $j = 160 \text{ А/мм}^2$ .

Сварочный ток  $I_{св}$  рассчитывается по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j, \quad (3.6)$$

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 200 = 322 \text{ А.}$$

Принимаем  $I_{св} = 310 \text{ А}$  согласно рекомендации (чтобы не допустить проплавление металла [10]).

Определяется оптимальное напряжение дуги:

$$U_д = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (3.7)$$

$$U_д = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 310 \pm 1 = 31 \pm 1 \text{ В.}$$

Принимается напряжение  $U_д = 30\text{-}32 \text{ В}$ .

Определим коэффициент формы провара [5]:

$$\psi_{np} = K' (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_э \cdot U_д}{I_{св}}, \quad (3.8)$$

где  $K'$  – коэффициент, зависящий от рода тока и полярности (для плотности тока  $j = 160 \text{ А/мм}^2$  обратной полярности  $K = 0,92$  [5]).

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 310) \cdot \frac{1,2 \cdot 19}{310} = 3,06.$$

Для МП значения  $\psi_{np}$  должны составлять (0,8 - 4,0). В нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определяется скорость сварки по формуле [5]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} \quad (3.9)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки.

Определение коэффициента наплавки  $\alpha_n$  при МП способах сварки происходит по следующей формуле [5]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n), \quad (3.10)$$

где  $\psi$  – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \quad (3.11)$$

После подстановки известных значений плотности тока  $j$  в формулу (9) получается:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 310 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 310^2 = 21,52\%.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки рассчитывается коэффициент расплавления  $\alpha_p$  по формуле [5]:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_6}{d_3^2}, \quad (3.12)$$

где  $l_6$  – величина вылета электрода  $l_6 = 1,5$  см [5].

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{310} \cdot \frac{15}{1,6^2} = 12,7 \text{ (г / Ач)},$$

Тогда коэффициент наплавки  $\alpha_n$  согласно формуле (3.8):

$$\alpha_n = 12,7 \cdot (1 - 0,21) = 10 \text{ (г / Ач)}.$$

Скорость сварки по формуле (7) получается:

– для корневого прохода:

$$V_{св1} = \frac{10 \cdot 310}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,2} = 11,8 \text{ м / ч},$$

– для последующих проходов:

$$V_{св n} = \frac{10 \cdot 310}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,4} = 5,9 \text{ м / ч},$$

Скорость подачи электродной проволоки вычисляется по формуле [5]:

$$V_3 = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_3}, \quad (3.13)$$

где  $F_3$  – площадь поперечного сечения электрода, см<sup>2</sup>,

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

$$V_3 = \frac{12,7 \cdot 240}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,54 \cdot 10^{-2}} = 252 \text{ м / ч},$$

Погонная энергия рассчитывается по формуле:

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}}, \quad (3.14)$$

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

Для первого прохода погонная энергия составляет:

$$q_{n1} = \frac{0,8 \cdot 310 \cdot 31}{0,33} = 15710 \frac{\text{Дж}}{\text{см}},$$

для второго прохода:

$$q_{nn} = \frac{0,8 \cdot 310 \cdot 31}{0,165} = 27855 \frac{\text{Дж}}{\text{см}},$$

Для проверки правильности расчётов при сварке в углекислом газе определяется глубина проплавления, подстановкой полученных значений параметров режима в формулу [5]:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np} \cdot V_{св}}}. \quad (3.15)$$

После подстановки полученных значений в формулу (13) получается значение для первого прохода:

$$H_1 = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{15710}{0,21 \cdot 0,33}} = 3,62 \text{ мм.}$$

Значение глубины провара для второго прохода:

$$H_n = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{27855}{0,21 \cdot 0,165}} = 4,13 \text{ мм.}$$

Расход защитного газа принимается согласно рекомендации [8] 10 - 16 л/мин. В результате сравнения рассчитанных и рекомендованных параметров [8], значения находятся в пределах рекомендуемых и представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Параметры режима процесса сварки

| Слой     | Диаметр электродной проволоки, мм | Вылет электродной проволоки, мм | Род тока, полярность            | Сварочный ток, А | Напряжение дуги, В | Расход газа, л/мин |
|----------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Корневой | 1,2                               | 15                              | Пост. ток<br>Обр.<br>полярность | 110-130          | 18-20              | 10-16              |
| Заполн.  | 1,2                               | 15                              |                                 | 230-250          | 26-28              | 10-16              |
| Облиц.   | 1,2                               | 15                              |                                 | 230-250          | 26-28              | 10-16              |

### 3.6 Выбор сварочного оборудования

Основными критериями для выбора являются: жесткая вольтамперная характеристика дуги, соблюдение рассчитанных параметров режима сварочного процесса, надежность в работе, простота обслуживания, невысокая стоимость, наибольший КПД, минимальное потребление электроэнергии, наименьшие габаритные размеры и масса.

По вышеперечисленным параметрам был выбран сварочный полуавтомат Кедр MIG 509. Технические характеристики оборудования представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические характеристики Кедр MIG 509

| №  | Наименование параметра                       | Значение           |
|----|--|--------------------|
| 1  | Напряжение питающей сети, В                  | 380±15%            |
| 2  | Сварочный ток, А (ПВ = 100%)                 | 500                |
| 3  | Пределы регулирования сварочного тока, А     | 30-500             |
| 4  | Диаметр проволоки, мм                        | 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 |
| 5  | Скорость подачи электродной проволоки, м/мин | 1,5-18             |
| 6  | КПД, %                                       | 85                 |
| 7  | Напряжение холостого хода, В                 | 60                 |
| 8  | Диапазон рабочего напряжения, В              | 15-44              |
| 9  | Потребляемая мощность, кВА                   | 24,6               |
| 10 | Количество роликов, шт                       | 4                  |
| 11 | Вместимость сварочной кассеты, кг            | 15                 |
| 12 | Расположение подающего устройства/катушки    | выносное/снаружи   |
| 13 | Габаритные размеры, мм                       | 910x270x1300       |
| 14 | Масса, кг                                    | 73                 |

Кедр MIG 509 - сварочный инвертор, обеспечивающий полуавтоматическую сварку сплошной проволокой в газовой среде. Особенности данной модели: плавная регулировка сварочного тока,

напряжения, длины дуги, встроенная термозащита, принудительное охлаждение.

### **3.7 Разработка технологического процесса сборки и сварки опоры буровой установки**

Технологический процесс сборки и сварки опоры буровой установки 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 и сварка осуществляется в несколько этапов. На первом этапе две опорные пластины собираются встык как показано на рисунке 3.2. Далее выполняются прихватки с помощью сварки порошковой проволокой. Проходы выполняют автоматической сваркой под слоем флюса. За счёт большой толщины пластин необходимо несколько раз кантовать деталь для уменьшения деформаций.

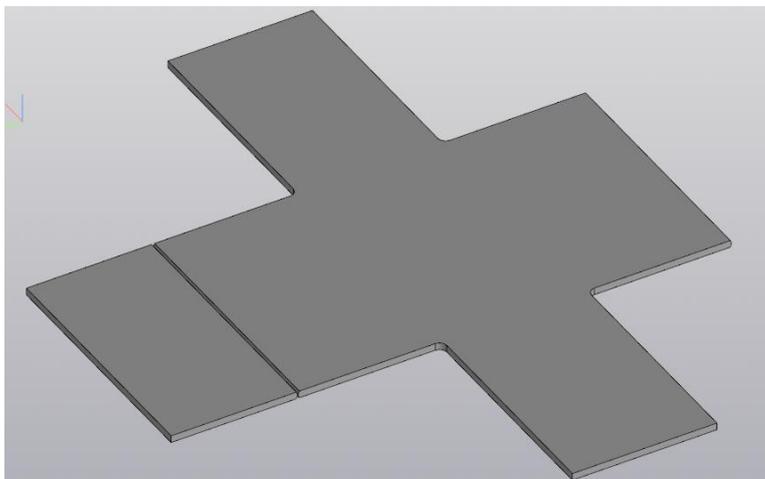


Рисунок 3.2 – Стыковка пластин

Далее на пластины устанавливается труба и проваривается по кругу (рисунок 3.3). Труба так же имеет большую толщину, однако из-за расположения шва, габаритов и большого веса конструкции автоматизированные способы сварки не подойдут для данного стыка.

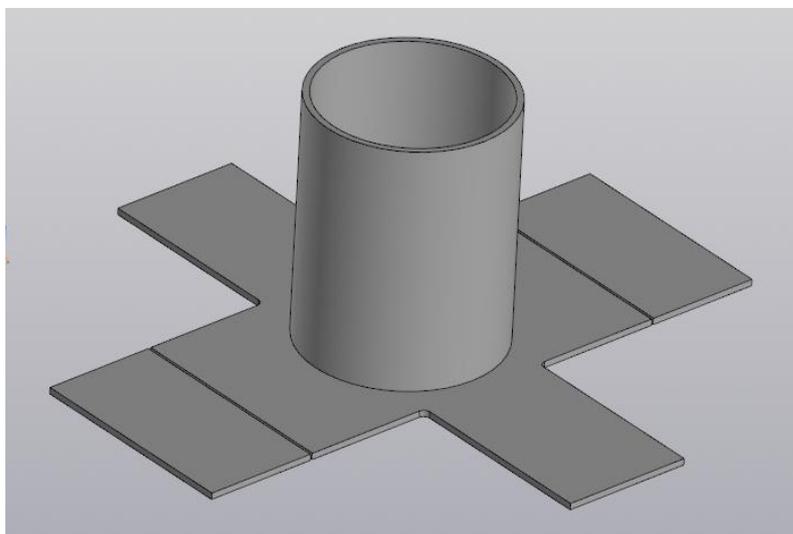


Рисунок 3.3 – Стыковка трубы с опорными пластинами

Для компенсации деформаций трубу необходимо проваривать с двух сторон сварщиками противоположно друг другу. Так же слои необходимо наносить в два этапа. Каждый сварщик проваривает сначала четверть шва в одном направлении, затем идет в хвостовую часть уже готового шва и начинает сварку в противоположном направлении. Швы выполняются с заходом друг на друга. Слои необходимо выполнять с замком.

Технологический процесс описан в приложении Б ОК ФЮРА.60190.250.

Далее устанавливается ребро и приваривается в месте стыков (рисунок 3.4). Сварка так же выполняется поочередно с двух сторон пластины для уменьшения деформации. Швы выполняются механизированной сваркой порошковой проволокой.

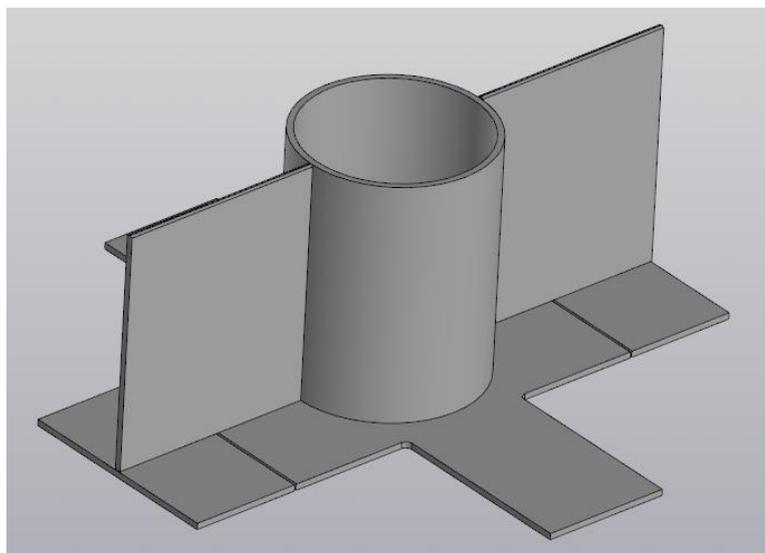


Рисунок 3.4 – Стыковка ребра с конструкцией

Все последующие пластины устанавливаются и свариваются с соответствующими вышеописанным предосторожностям пока конструкция не примет вид, показанный на рисунке 3.5.

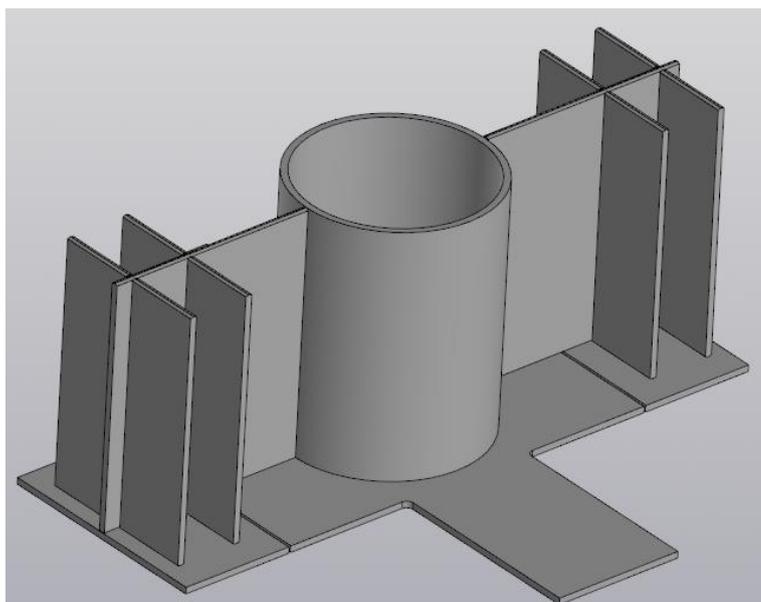


Рисунок 3.5 – Стыковка ребра с конструкцией

Когда конструкция достигла данного вида, сверху устанавливается вторая, сваренная автоматической сваркой под слоем флюса, полка. Изнутри провариваются все стыки и далее открытые рёбра закрываются пластинами, образуя закрытые коробчатые конструкции (рисунок 3.5).

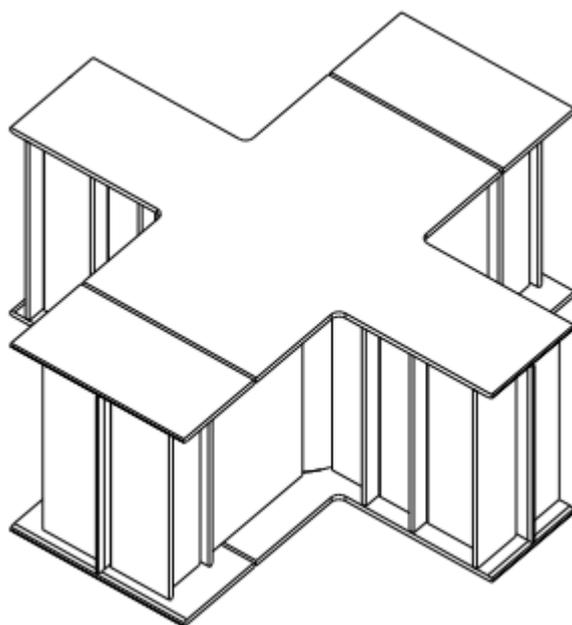


Рисунок 3.6 – Собранный опора буровой установки

Стыки между верхней полкой и рёбрами необходимо выполнять в потолочном положении. К моменту установки верхней полки конструкция будет иметь вес около 17 тонн и габариты 4750x4750x1900 мм, что говорит о нецелесообразности кантовки (неудобство, опасность повреждения конструкции и опасность для персонала).

## 4 Разработка приспособления для сборки и сварки

### 4.1 Схемы базирования

Конструкция в сборе имеет большое количество закрытых швов, поэтому сборку следует произвести последовательно. Схема базирования для каждого этапа будет своя. Базирование для первой стадии сборки и сварки представлено на рисунке 4.1.

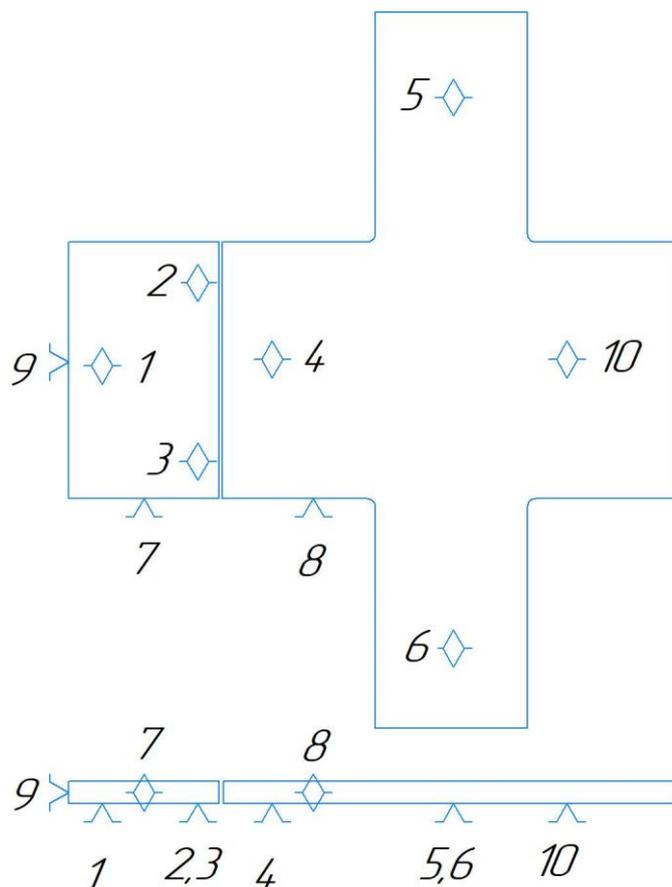


Рисунок 4.1 – Схема базирования для сварки двух листов

После сборки и сварки листов на них устанавливается труба, схема базирования показана на рисунке 4.2. Труба проваривается по всему диаметру к листу, и они становятся общей конструкцией. Далее присоединяются остальные части, для которых можно сделать общую схему базирования, изображённую на рисунке 4.3.

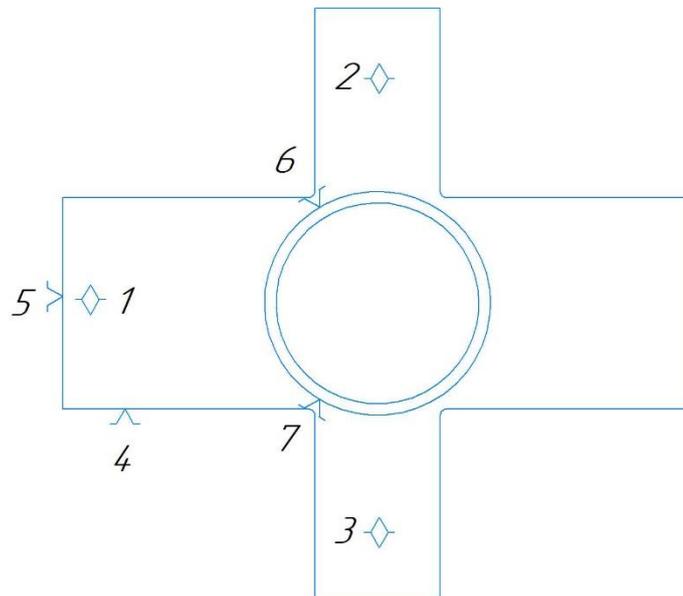


Рисунок 4.2 – Схема базирования трубы к листу

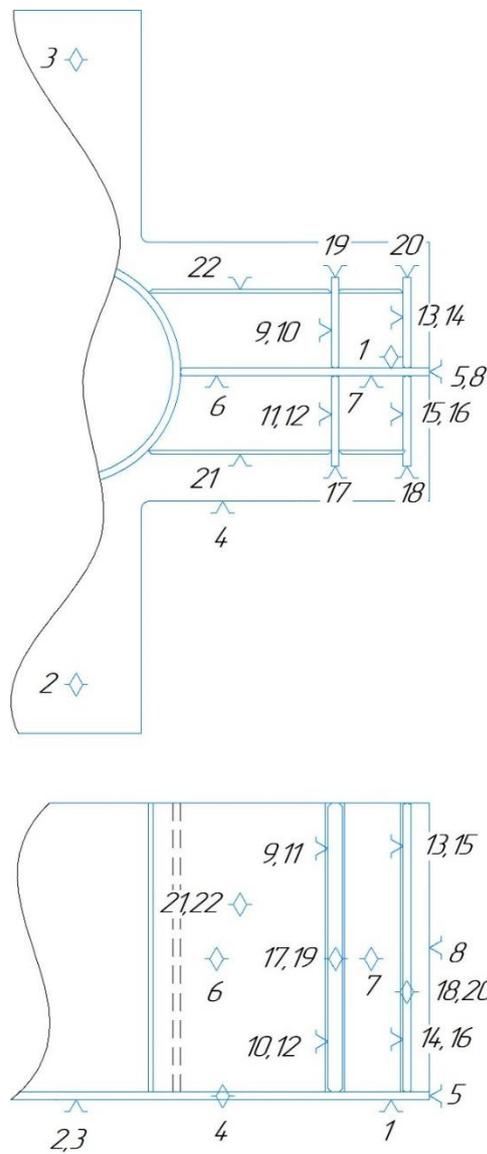


Рисунок 4.3 – Общая схема базирования

## 4.2 Расчёт сварочных деформаций

Сварочные деформации, вызванные расширением металла во время термического нагрева и сужением в процессе охлаждения сварного шва, зависят от характеристик свариваемой конструкции и тепловложения в процессе сварки.

Угловые деформации возникают в случае, если имеется эксцентриситет между центром тяжести сварного шва и центром тяжести сварного соединения.

Процесс сварки обычно сопровождается неравномерным нагревом вследствие кратковременного действия источника тепла, расплавляющего металл в сварочную ванну, который кристаллизуется с высокой скоростью. Металл расширяется, пластически деформируется, это приводит к образованию собственных деформаций и напряжений. Собственные напряжения создают так называемые внутренние усилия в деталях и конструкциях, под действием этих сил могут возникать значительные перемещения отдельных точек сварных конструкций из-за их укорочения, изгиба, закручивания и т. п. [13].

В нашем случае в первую очередь нужно рассмотреть сварочные деформации, возникающие при сварке двух листов. При стыковой сварке листов образуется угловая деформация. В данном случае при сварке встык полочка к полочке деформация неизбежна, но носить она будет меньший характер, поскольку листы имеют большую толщину 50 мм, а соответственно и вес, и шов выполняется 11 слоями; это оказывает большое сопротивление деформированию со стороны листов. Таким образом, при расширении металла, коробление будет выглядеть согласно рисунку 4.4.



Рисунок 4.4 – Сварочные деформации листов

Из рисунка видно, что деформация носит угловой характер, для её предотвращения и уменьшения остаточных напряжений, необходимо приложить осевую силу  $P$ , как показано на рисунке 4.4, до начала процесса сварки.

### 4.3 Расчёт требуемых усилий прижима деталей

#### 4.3.1 Усилия, возникающие при сварки опорных листов

Для определения требуемого усилия прижима деталей, необходимо знать угол деформации, который находим по номограмме (рис. 4.5).

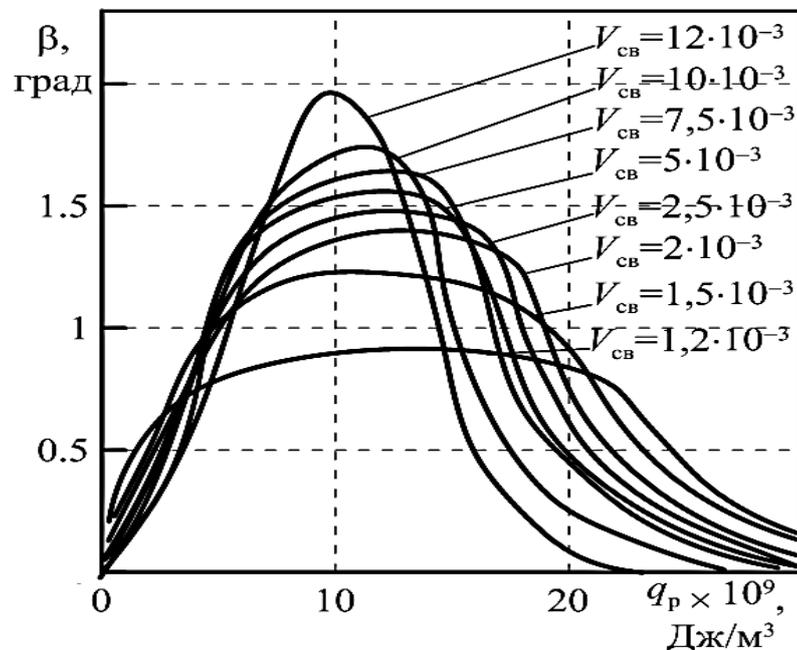


Рисунок 4.5 – Номограмма для определения угловой деформации при сварке встык и втавр

Угловая деформация зависит от скорости сварки  $V_{св}$  [м/с] и расчетной эффективной мощности  $q_p$  [Дж/м³], которая определяется по формуле:

$$q_p = \frac{q}{V_{св} \cdot S_p^2}, \quad (4.1)$$

где  $S_p$  – расчётная толщина металла, м,

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

По формуле (15) определяем эффективную тепловую мощность при сварке [11].

$$q = \eta \cdot I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}}, \quad (4.2)$$

где  $\eta$  - коэффициент полезного действия дуги,

$I_{\text{св}}$  – ток сварочный, А,

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

Выбираем способ сварки – сварка в углекислом газе и его смеси с кислородом плавящимся электродом, для которой  $\eta = 0,5 \div 0,6$ . Параметры режима сварки выбираем из маршрутной карты. Толщина свариваемого металла 50 мм, сваривая встык 2 листа за несколько проходов, выбираем диаметр проволоки 1,2 мм, силу сварочного тока 240 А, напряжение на дуге 27 В, скорость подачи электродной проволоки 215 м/ч, скорость сварки 30 м/ч ( $8,3 \cdot 10^{-3}$  м/ч). Итак, эффективная тепловая мощность:

$$q = 0,6 \cdot 240 \cdot 27 = 3888 \text{ Вт.}$$

Так как сварку ведём за несколько проходов, то расчётная толщина равна толщине одного слоя – 4 мм. Сварка ведётся поочередно с разных сторон, поэтому достаточно рассмотреть деформацию от сварки с одной стороны. Расчётная эффективная мощность:

$$q_p = \frac{3888}{0,0083 \cdot 0,004^2} = 2,9 \cdot 10^9 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}.$$

По номограмме (рисунок 4.5) определяем угол деформации  $\beta=0,4^\circ$ .

При двухпроходной двусторонней сварке углы от первого  $\beta_1$  и второго  $\beta_2$  швов вычитаются  $\beta = \beta_1 - \beta_2$ .

При вычитании углов от двусторонних швов угол  $\beta$  может получиться как положительный, так и отрицательный.

При много проходной сварке угловую деформацию стыкового сварного соединения определяют по формуле:

$$\beta = \sum_i \beta_i m_i - \sum_j \beta_j m_j, \quad (4.3)$$

где  $\beta_i, \beta_j$  – углы изгиба от  $i$ -го и  $j$ -го проходов соответственно, град;  $m_i, m_j$  – поправочные коэффициенты, учитывающие номер прохода и определяемые по графику, который представлен на рисунке 4.6. Тогда:

$$\beta = 0,4 \cdot (1 + 0,95 + 0,9 + 0,7 + 0,6 + 0,5 - 0,98 - 0,85 - 0,8 - 0,4 - 0,35 - 0,3) = 0,338$$

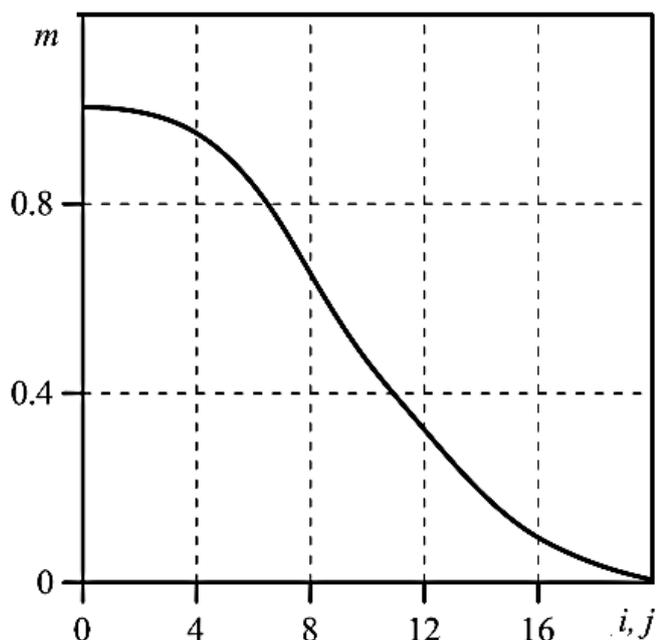


Рисунок 4.6 – График зависимости поправочного коэффициента  $m$  от номера прохода с каждой стороны разделки шва

Так как листы сами по себе имеют большой вес, рассчитаем необходимое усилие прижимов и сравним его с силой прижатия листов к земле. Схема действия силы тяжести на листы представлена на рисунке 4.7.

Значительную долю сопротивления оказывает вес самих пластин, что необходимо учитывать при расчёте усилий прижатия. Сами усилия могут быть одинаковы, однако их влияние, за счёт разброса от центра шва (плеча), различно.

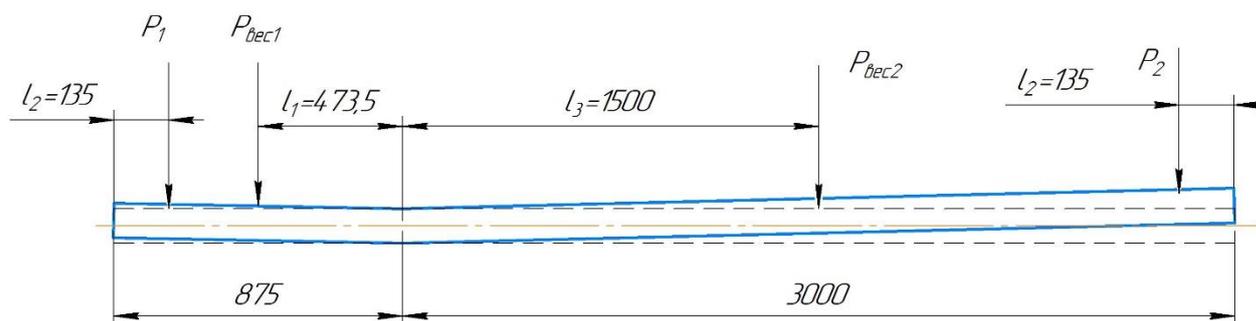


Рисунок 4.7 – Схема действия собственного веса листа при сварке

Определяем расчётное усилие прижимов на кромку по формуле:

$$P = \frac{b^3 \cdot E \cdot \operatorname{tg} \beta}{4l^2}, \quad (4.4)$$

где  $b$  – толщина свариваемых деталей, мм,  $b=50$  мм,

$E$  – модуль упругости стали, кг/см<sup>2</sup>,  $E = 2,1 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>,

$\beta$  – угол поворота пластины относительно оси шва, град,

$l$  – расстояние от оси стыка до прижима, мм.

$$P = \frac{b^3 \cdot E \cdot \operatorname{tg} \beta - P_{вс1} \cdot 473,5 - P_{вс2} \cdot 1500}{4 \cdot (875 - 135)^2} + \frac{b^3 \cdot E \cdot \operatorname{tg} \beta - P_{вс1} \cdot 473,5 - P_{вс2} \cdot 1500}{4 \cdot (3000 - 135)^2}$$

$$P = \frac{(b^3 \cdot E \cdot \operatorname{tg} \beta - P_{вс1} \cdot 473,5 - P_{вс2} \cdot 1500)(2865^2 + 640^2)}{4 \cdot 640^2 \cdot 2865^2}$$

Усилия от веса деталей равно их весу  $P_{вс1} = 5889$  Н,  $P_{вс2} = 31325$  Н, тогда:

$$P = \frac{(50^3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \operatorname{tg} 0,338 - 5889 \cdot 473,5 - 31325 \cdot 1500)(2865^2 + 640^2)}{4 \cdot 640^2 \cdot 2865^2} = 6,28 \text{ кН}.$$

Как видно из расчёта для удержания деталей необходимо усилие в 6,28 кН. Соответственно собственного веса деталей будет недостаточно.

При малом значении  $l$  и при жестком закреплении свариваемых кромок в металле шва могут возникнуть напряжения, превышающие предел текучести, что будет способствовать образованию трещин. Поэтому выбор усилия на зажимах ограничивают допусковым напряжением, например пределом текучести стали. Тогда для единицы кромки допустимое усилие прижатия найдется из условия:

$$P_{\text{доп}} = \frac{\sigma_{\text{доп}} \cdot \delta^2}{6l}, \quad (4.5)$$

где  $\sigma_{\text{доп}} = \sigma_T = 2450$  кгс/см<sup>2</sup>.

$$P_{\text{доп}} = \frac{2450 \cdot 50^2}{6 \cdot 43,75} = 0,56 \frac{\text{кгс}}{\text{см}}.$$

Видно, что расчётное усилие прижатия меньше допустимого.

Определим  $f$  – максимальный зазор, образующийся после сварки без прижатия листов:

$$f = l \cdot \operatorname{tg} \beta = 500 \cdot \operatorname{tg} 0,3^\circ = 2,6 \text{ мм}, \quad (4.6)$$

Согласно технической документации допустимый зазор между стыкуемыми деталями 3 мм. Делаем вывод, сварку можно вести без использования прижимов.

### 4.3.2 Усилия, возникающие при сварке ребра

При сварке ребра жёсткости с опорным листом возникает деформация типа домик и осевая деформация таврового соединения (рисунок 4.8).

Осевые деформации возникают из-за эксцентриситета между центром тяжести шва и центром тяжести конструкции.

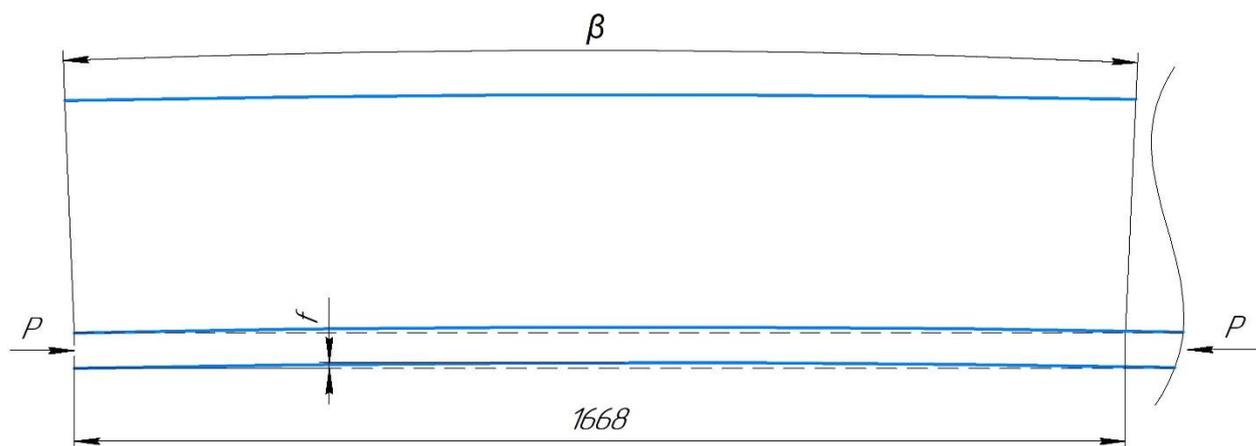


Рисунок 4.8 – Деформации, возникающие в тавровом соединении

Усадочная сила  $P_y$  в этом случае будет создавать изгибающий момент:

$$M_u = P_y e . \quad (4.7)$$

Под действием этого момента пластины изогнутся таким образом, что угол поворота пластины друг относительно друга будет равен

$$\varphi = \frac{M_u l}{EI} , \quad (4.8)$$

где  $l=1668$  мм – длина пластины, для данной балки,

$E$  – модуль упругости, для стали  $2150000$  кгс / мм<sup>2</sup>,

$e$  – эксцентриситет, для данной конструкции равен  $79,56$  см.

Момент инерций для сечения данной балки определяется следующей формулой:

$$I_x = \frac{bh_1^3 + b_1h^3}{12} + bh \cdot (v_0 - \frac{h_1}{2})^2 + b_1h_1 \cdot (\frac{h}{2} + h_1 - v_0)^2, \quad (4.9)$$

где  $b=1000$  мм – ширина полки;

$h_1=50$  мм – толщина полки;

$h=1900$  мм – высота стенки;

$b_1=50$  мм – толщина стенки,

$v_0 = 95,25$  мм – расстояние от центра тяжести до оси шва.

Подставляя данные в формулу определим момент инерций:

$$I_x = \frac{1000 \cdot 50^3 - 50 \cdot 1000^3}{12} + (1000 \cdot 50 \cdot 95,23^2) + (50 \cdot 50 \cdot 95,23^2) = 112693898 \text{ мм}^4.$$

Усадочная сила, возникающая в балочных конструкциях при сварке тавра одним швом, равна [14]

$$P_y = 1,15 \cdot 1,7 D k^2, \quad (4.10)$$

где  $k$  – катет шва,

$D$  – поправочный коэффициент, для сварки порошковой проволокой сварки  $D=40000$ .

Таким образом, усадочная сила равна:

$$P_y = 1,15 \cdot 1,7 \cdot 40000 \cdot 4^2 = 73440 \text{ кгс}.$$

Все найденные значения подставляем в формулу (4.8) и находим угол изгиба:

$$\varphi = \frac{73440 \cdot 79,56 \cdot 1668}{2150000 \cdot 112693898} = 0,0000627^0.$$

Осевой прогиб в центре пластин будет равен:

$$f = \frac{P_y e l^2}{8 E I} = \frac{73440 \cdot 79,56 \cdot 1668^2}{8 \cdot 2150000 \cdot 112693898} = 0,02 \text{ мм}.$$

Продольное укорочение по оси  $\Delta$ , которое будет являться составной частью погрешности изготовления конструкции, равно

$$\Delta = \frac{P_y l}{E(c+S)} = \frac{73440 \cdot 1668}{2150000 \cdot (12+339)} = 0,253 \text{ мм}.$$

Далее необходимо произвести расчёт угловой деформации типа «домик» (рисунок 5.8).

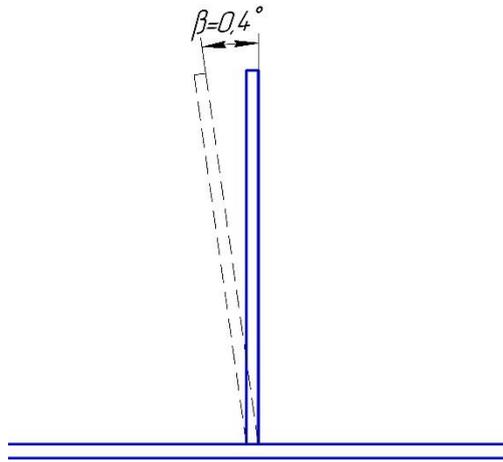


Рисунок 4.9 – Угловая деформация типа домик

Угловую деформацию таврового соединений стенки с нижней полкой можно определить по номограмме, представленной на рисунке 4.5.

Угловая деформация зависит от скорости сварки  $V_{св}$  (м/с) и расчетной эффективной мощности  $q_p$  (Дж/м<sup>3</sup>), которая определяется по формуле:

$$q_p = \frac{\eta \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св} \cdot S_p^2} \quad (4.11)$$

$$q_p = \frac{0,8 \cdot 170 \text{ А} \cdot 23 \text{ В}}{0,0083 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,004^2 \text{ м}^2} = 2,617 \cdot 10^9 \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \right].$$

Выбрав скорость сварки и отметив на оси ординат значение погонной энергии был определён угол изгиба  $\beta = 0,4^\circ$ .

Далее необходимо определить усилие прижимов по формуле:

$$P = \frac{b^3 \cdot E \cdot \text{tg}(\beta)}{4l^2} \quad (4.12)$$

где  $b$  – толщина полки, мм;

$E$  – модуль упругости стали, кгс/см<sup>2</sup>;

$\beta$  – угол поворота полки относительно оси шва, град;

$l$  – расстояние от оси стыка до прижима, мм.

Схема закрепления детали показана на рисунке 4.9.

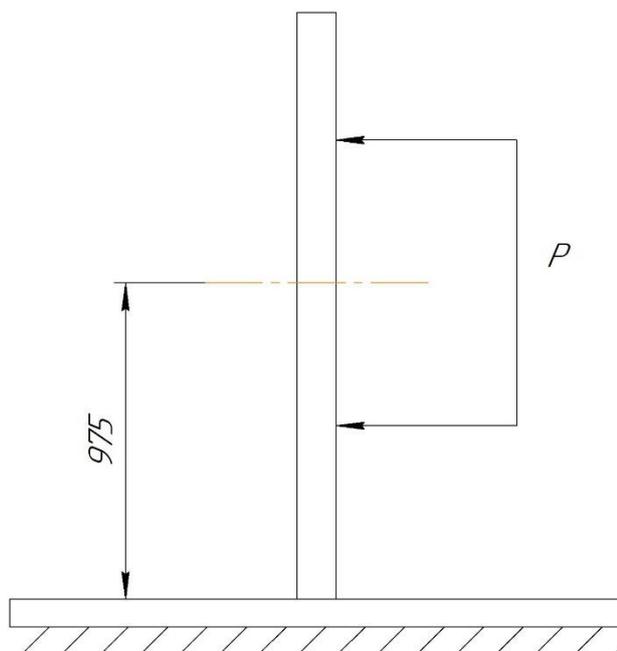


Рисунок 4.9 – Схема закрепления деталей

$$P_{\text{общ}} = \frac{10^3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot \text{tg}(0,4)}{4 \cdot 350^2} = 30,627 \text{ кгс}$$

Из расчетов следует что для полного избегания изгибающего момента следует рассчитать усилие для прижатия в двух места как показано на рисунке выше. Следует рассчитать его по следующей формуле:

$$M_{\text{кр}} = M_1 + M_2$$

$$P_{\text{общ}} \cdot l = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2, \quad \text{где } P_2 = P_1 = 2P,$$

$$P_{\text{общ}} \cdot l = P \cdot l_1 + P \cdot l_2,$$

$$P = \frac{P_{\text{общ}} \cdot l}{l_1 + l_2} = \frac{30,627 \cdot 1900}{975} = 23,821 \text{ кгс.}$$

При назначении допускаемого усилия прижатия через предел текучести стали необходимо провести проверочный расчет– сохранится ли плотное прилегание полки к стенду по линии прижимов или же под действием угловой деформации между полкой и стендом образуется зазор.

Максимальный зазор – «*f*» (мм), образующийся после сварки без прижатия листов, вычисляемый через угол деформации:

$$f = l \cdot \text{tg}(\beta),$$

$$f = 1900 \cdot \text{tg}(0,4) = 2,443 \text{ мм.}$$

Расчетный прогиб « $f_0$ » (мм) при учете действия сил прижатия определяемый по формуле:

$$f_0 = \frac{4 \cdot P \cdot 1900^3}{E \cdot b^3}, \quad (4.13)$$

где  $P$  – усилие прижатия, кгс,

$E$  – модуль упругости стали, кгс/мм<sup>2</sup>,

$b$  – толщина ребра жесткости, мм,

$l$  – высота ребра жесткости, мм.

$$f_0 = \frac{4 \cdot 23,8 \cdot 350}{2,15 \cdot 10^6 \cdot 10^3} = 1,9 \text{ мм.}$$

Величина возможного зазора будет равна:

$$\Delta = f - f_0 = 0,543 \text{ мм}$$

В следствии того, что максимальный зазор не равен расчетному прогибу можно сделать вывод что, допустимое напряжение не равно возникающему напряжению, что в последствии, сигнализирует об отсутствии критической угловой деформации.

#### **4.4 Выбор и обоснование прижимных устройств**

##### **4.4.1 Расчёт гидроцилиндров**

Подбор гидроцилиндра ведём по следующим факторам:

- выдвижная часть должна быть больше 500 мм,
- усилие прижатия должны удовлетворять требуемым,
- минимальные габариты и вес.

Для определения диаметра штока воспользуемся формулой:

$$d = \sqrt{\frac{4P_{\text{пр}}}{\pi \cdot F}}, \quad (4.14)$$

где  $P_{\text{пр}}$  – усилие прижима,

F – рабочее давление в гидравлической системе; принимаем рабочее давление в системе F=6,3 МПа.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 300}{\pi \cdot 6,3}} = 7,8 \text{ мм.}$$

Усилие на поршне слишком низкие, поэтому подойдёт любой гидроцилиндр. Назначаем поршневой гидроцилиндр МС 63/30x500 с диаметром поршня 63 мм, диаметром штока 30 мм и ходом поршня 500 мм. Данный гидроцилиндр обладает необходимыми свойствами и имеет приемлемую цену за хорошее качество исполнения.

#### **4.4.2 Расчёт приспособления для фиксации и удержания внутренних рёбер**

При разработке технологии изготовления и проектировании приспособления необходимо учитывать тот факт, что некоторые сварные швы необходимо выполнять в закрытом коробе размерами 300 мм на 500 мм, так же необходимо обеспечить опору внутри короба на завершающей стадии сварки.

Для реализации поставленной задачи предложено приспособление, схематично показанное на рисунке 4.10.

Приспособление представляет собой конструкцию из труб квадратного сечения в виде шкафа. Конструкция держится на опорных плитах из листового металла, который должен выдержать действие нагрузки от собственного веса с двумя сварщиками и оборудованием. Сделано это для того, чтобы рабочие без особых проблем могли устанавливать приспособление и проводить сварочные работы. Так же силовая часть конструкции должна выдерживать заданные нагружения. Вертикальные опоры работают в основном на сжатие в меньшей степени на изгиб от действия реакций на опорах. Горизонтальные стержни работают на изгиб, если на них встал сварщик, и на сжатие с эксцентриситетом от воздействия реакции опор.

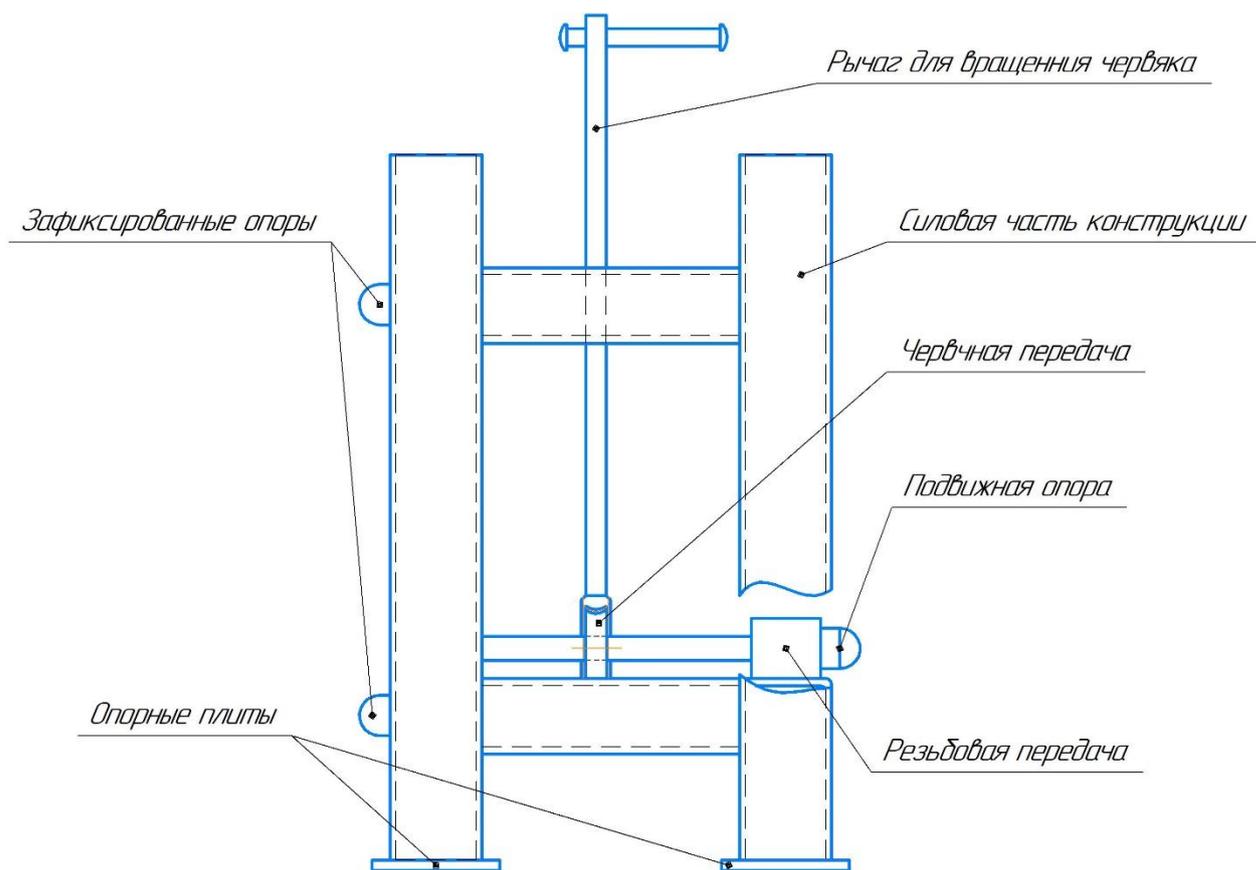


Рисунок 4.10 – Схематичный вид приспособления для удержания внутренних рёбер

Чтобы понять принцип работы приспособления, необходимо рассмотреть на чертеже постановку деталей конструкции в одном из её узлов (рисунок 4.11).

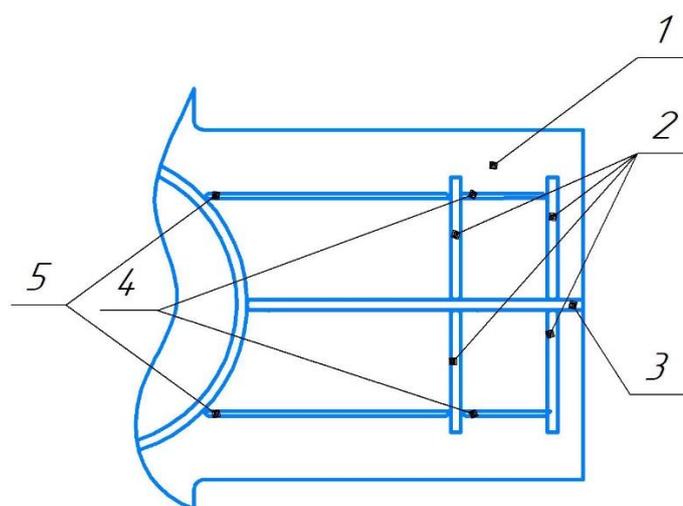


Рисунок 4.11 – Чертёж узла конструкции (вид сверху)

Первым на опорную плиту 1 устанавливается основная стенка 3, которую с боков прижимают гидроцилиндры. После сварки основной стенки

гидроцилиндры разъезжаются и устанавливаются боковые рёбра 2. Между рёбрами ставится приспособление для их удержания, а с боковой стороны их прижимает гидроцилиндр. Производится полная обварка рёбер 2 и устанавливается стенка 5, при этом приспособление остаётся внутри и достаётся оттуда только после окончательной сварки стенок 5.

За счёт наличия в приспособлении червячной передачи, переходящей на резьбовую передачу, можно контролировать ширину зазора между рёбрами и после сварки ослаблять опоры для извлечения приспособления.

Преимущества разработанной конструкции в том, что пропадает необходимость оставлять внутри конструкции лишние элементы.

В первую очередь необходимо рассчитать резьбовую передачу. Из условий прочности находится внутренний диаметр винта:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{1,27 \cdot P \cdot z}{[\sigma]_{\text{дон}}}}, \quad (4.15)$$

где  $P$  – необходимое усилие прижатия заготовки или детали, действующее по оси винта, Н;

$z$  – поправочный коэффициент, принимаемый для винта без пяты - 2;

$[\sigma]_{\text{дон}}$  – допустимое напряжение на сжатие для винта из Стали 35, Н/мм<sup>2</sup>.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 23,821 \cdot 2}{105}} = 2,4 \text{ мм}$$

Полученное значение округляют до ближайшего большего диаметра по государственным стандартам на винты нажимные с рукояткой и концом под пяту (ГОСТ 13431–68). Выбираем согласно ГОСТ 13431-68 Винт 7006-0801Н7 с диаметром резьбы  $d_{\text{вн}} = 4,917 \text{ мм}$ .

После выбора параметров винта необходимо провести проверочный расчет. Дополнительный проверочный расчет тяжело-нагруженных винтов с пятой проводится по следующей схеме. Определяют усилие, развиваемое винтовым прижимом по формуле:

$$P = \frac{Q \cdot l}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + \frac{1}{2} \mu D},$$

$$P = \frac{15 \cdot 100}{5,35 \cdot \operatorname{tg}(36,67) + \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 12} = 329,66 \text{ Н},$$
(4.16)

где  $Q$  – усилие, прикладываемое на рукоятке винта, обычно равное 10...15 Н,

$l$  – радиус рукоятки, мм,

$r_{cp}$  – средний радиус резьбы, мм,

$\alpha$  – угол наклона резьбы,

$\rho$  – приведенный угол трения в резьбе,

$\mu$  – коэффициент трения скольжения на торце винта,

$D$  – диаметр контактного кольца между винтом и пятой, мм.

Для обеспечения условия самоторможения винта угол наклона резьбы  $\alpha$  должен быть меньше приведённого угла трения  $\rho$ :  $\alpha < \rho$ .

Напряжение сжатия будет определяться как:

$$\sigma_{сж} = \frac{1,27P}{d_{вн}^2},$$

$$\sigma_{сж} = \frac{1,27 \cdot 329,66}{4,917^2} = 17,317 \text{ Н/мм}^2.$$
(4.17)

Так как свободная длина винта от пяты до гайки  $l_1 = 300$  мм больше  $10d_{вн} = 49,14$  мм, то винт не подлежит проверке на сжатие.

Максимальный крутящий момент на винте  $M_{кр}$  равен сумме моментов от сил трения в резьбе и сил трения на опорной поверхности винта:

$$M_{кр} = P \cdot \operatorname{tg}(\alpha^0 + \rho^0) \cdot r_{cp} + \frac{1}{2} P \cdot R_0 \cdot f \cdot \operatorname{ctg}(\alpha^0),$$
(4.18)

где  $f$  – коэффициент трения, равный 0,2,

$P$  – усилие, развиваемое винтовым прижимом, Н,

$r_{cp}$  – средний радиус резьбы, мм,

$R_0$  – внутренний радиус резьбы.

Подставив начальные данные получим:

$$M_{кр} = 329,66 \cdot \operatorname{tg}(36,67^0) \cdot 5,53 + \frac{1}{2} \cdot 329,66 \cdot 2,458 \cdot 0,2 \cdot \operatorname{ctg}(30^0) = 1391 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Напряжение кручения определяется по формуле:

$$\tau = \frac{M_{KP}}{W_{\rho}} = \frac{M_{KP}}{W_x + W_y} = \frac{M_{KP}}{\frac{J_x}{h + h_1 - v_0} + \frac{h \cdot b_1^3 + h_1 \cdot b^3}{6b}}, \quad (4.19)$$

где  $W_{\rho}$  – полярный момент сопротивления.

Данные для расчёта кручения можно взять опираясь на расположение резьбы относительно конструкции (рисунок 4.12).

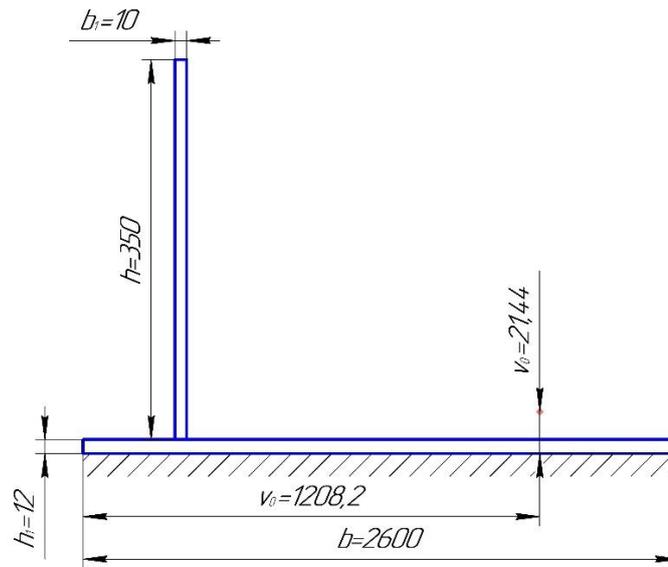


Рисунок 4.12 – Схематичное расположение резьбовой передачи в конструкции

Напряжение кручения равно:

$$\tau = \frac{1391}{\frac{1,395 \cdot 10^8}{350 + 10 - 21,44} + \frac{350 \cdot 10^3 + 12 \cdot 2600^3}{6 \cdot 2600}} = 9,983 \cdot 10^{-5} \text{ Н/мм}^2.$$

Так как  $\tau < \sigma_{сж}$ , то полное напряжение на винте составит:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{(17,317)^2 + 4 \cdot (9,983 \cdot 10^{-5})^2} = 17,317 \text{ Н/мм}^2.$$

Суммарное напряжение на винте не превосходит  $[\sigma]_{дон}$ .

Далее рассчитаем гайку. Расчет гайки заключается в определении количества витков резьбы по формуле:

$$n = \frac{P}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot p_0}, \quad (4.20)$$

где  $p^o$  – удельное давление на поверхности ниток резьбы, принимаемое для стального винта и чугунной гайки 5...6 Н/мм<sup>2</sup>, для стальной гайки 9...13 Н/мм<sup>2</sup>.

$$n = \frac{329,66}{\frac{\pi}{4} \cdot (6^2 - 4,917^2) \cdot 10} = 3,552.$$

Высоту гайки можно посчитать по формуле:

$$H = \frac{nS}{m}, \quad (4.21)$$

где  $S$  – шаг винта,

$m$  – число заходов.

$$H = \frac{0,1 \cdot 3,552}{1} = 0,355 \text{ см.}$$

Гайку необходимо проверить на изгиб:

$$\sigma_{II} = \frac{3 \cdot P \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2)}{4 \cdot \pi \cdot d_H S^2 \cdot n \cdot \frac{r_{CP}}{2}} = \frac{3 \cdot 329,66 \cdot (6^2 - 4,917^2)}{4 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 1^2 \cdot 3,552 \cdot \frac{5,35}{2}} = 149,584 \text{ Н/мм}^2,$$

где  $b$  – расчетная высота нитки, равная 0,5S для квадратной резьбы, 0,65 S для трапецеидальной резьбы, 0,88S для треугольной, 1S для метрической.

Полученное значение напряжения изгиба не превышает допускаемого для стали значения 588 МПа. Условие выполняется.

Расчёт стержней приспособления произведём по одной из вертикальных труб (рисунок 4.13).

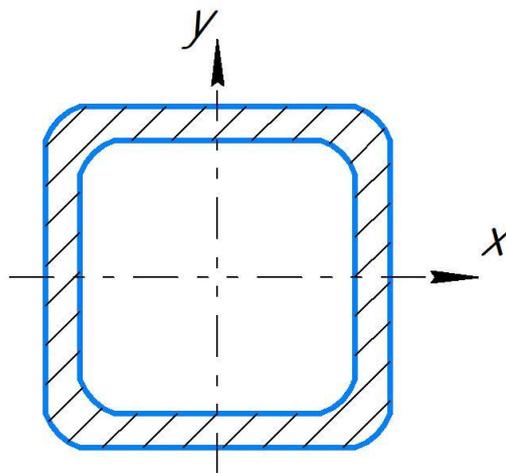


Рисунок 4.13 – Сечение профильной трубы

Произведём расчёт методом максимальных напряжений. Так как стержень сжат, требуемая площадь будет вычисляться по формуле:

$$F_{тр} = \frac{P_{расч}}{\phi R m}, \quad (4.22)$$

где  $P_{расч}$  – расчетное усилие,

$R$  – расчетное сопротивление стали,

$\phi = 0,8$  – коэффициент продольного изгиба (при первом приближении  $\phi = 0,6 \dots 0,8$ ),

$m = 0,8$  – коэффициент условия работы.

$$F_{тр} = \frac{6,3 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 210 \cdot 0,8} = 0,5 \text{ см}^2.$$

Полученное значение слишком мало, поэтому выберем трубу 50x2 по ГОСТ 8639-82 с площадью сечения  $F_{сеч} = 3,77 \text{ см}^2$  без продолжения расчётов.

#### **4.5 Расчёт опорной балки на прочность**

В стационарных зажимных устройствах, установленных на полу цеха, нижняя продольная балка основания приспособления укрепляется на жестком основании фундамента, и поэтому её деформации и напряжения практически могут быть сведены к нулю путем соответствующего усиления фундамента.

Если же нижняя балка будет установлена не на сплошном фундаменте, а на отдельных опорах, то её необходимо рассчитывать на жесткость и прочность.

Расчет основания приспособления на прочность и жесткость сводится к схеме расчета нижней опорной балки, опертой по двум концам и нагруженной равномерно распределенной нагрузкой (рисунок 4.14).

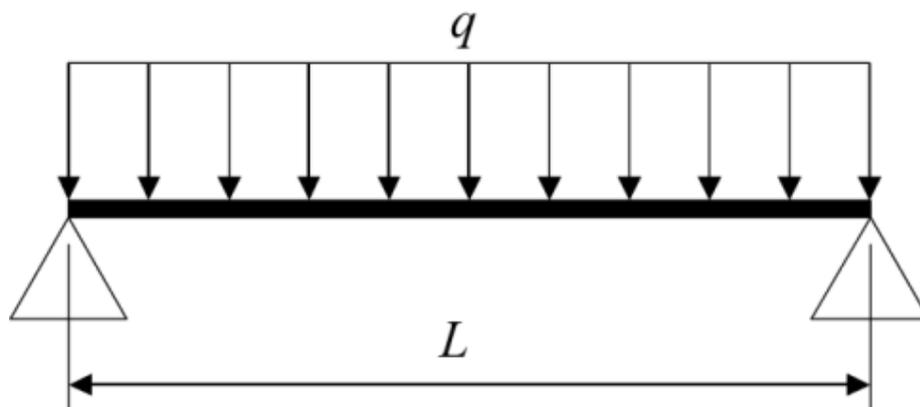


Рисунок 4.14 – Расчетная схема нижней опорной балки

Равномерно распределенная нагрузка  $q$  (кгс/мм<sup>2</sup>) будет складываться из требуемого усилия зажатия детали, собственного веса  $G_H$  опорной балки (кгс/мм<sup>2</sup>) и веса устанавливаемого изделия  $G_D$  (Кгс/мм<sup>2</sup>):

$$q = 2P + G_H + G_D, \quad (4.23)$$

где  $P$  – требуемое усилие зажатия деталей, установленных на опорной балке (кгс/мм).

Изгибающий момент под действием равномерно распределенной нагрузки будет равен:

$$M_{изг} = \frac{qL^2}{8} = \frac{(2P + G_H + G_D) \cdot L^2}{8}. \quad (4.24)$$

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

$$f = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} = \frac{5 \cdot (2P + G_H + G_D) \cdot L^4}{384 \cdot EI}, \quad (4.25)$$

где  $E$  – модуль упругости, МПа,

$I$  – момент инерции сечения балки, см<sup>4</sup>.

Значения моментов инерции представлены в ГОСТ на соответствующий металлопрокат.

Величина прогиба нижней опорной балки приспособления сказывается на прогиб листа. Максимальный прогиб устанавливается в пределах допускового зазора между кромками свариваемых деталей. В нашем случае прогиб не должен превышать 2 мм на 1200 мм длины.

## 5 Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение

### 5.5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Конструирование приспособления для сборки и сварки узла тумбы нефтедобывающей вышки» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в исследовании и разработке процесса сварки плавящимся электродом.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 5.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерий оценки                             | Вес критерия | Баллы |                 |                 | Конкурентноспособность |                 |                 |
|---|--------------|-------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|
|   |              | Бф    | Бк <sub>1</sub> | Бк <sub>2</sub> | Кф                     | Кк <sub>1</sub> | Кк <sub>2</sub> |
| 1   | 2            | 3     | 4               | 5               | 6                      | 7               | 8               |
| Технические критерии оценки эффективности   |              |       |                 |                 |                        |                 |                 |
| 1. Удобство в эксплуатации                  | 0,1          | 5     | 2               | 3               | 0,5                    | 0,2             | 0,3             |
| 2. Затраты сварочного материала             | 0,3          | 5     | 1               | 5               | 1,5                    | 0,3             | 1,5             |
| 3. Качество сварного соединения             | 0,1          | 5     | 3               | 5               | 0,5                    | 0,3             | 0,5             |
| Экономические критерии оценки эффективности |              |       |                 |                 |                        |                 |                 |
| 4. Цена                                     | 0,05         | 5     | 5               | 5               | 0,25                   | 0,25            | 0,25            |
| 5. Предполагаемый срок эксплуатации         | 0,2          | 5     | 5               | 3               | 1                      | 1               | 0,6             |
| 6. Конкурентноспособность                   | 0,25         | 5     | 2               | 4               | 1,25                   | 0,5             | 1               |
| Итого                                       | 1            | 30    | 18              | 25              | 5                      | 2,55            | 4,15            |

где Бф- Механизм плавного перемещения покрытого электрода при дуговой сварке, Б<sub>к1</sub> - Механизированная сварка плавящимся электродом, Б<sub>к2</sub>- Ручная дуговая сварка.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i B_i \quad (5.1)$$

где  $K$  - конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  - вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  - балл  $i$ -го показателя.

Итогом данного анализа является то, что метод предложенный в дипломе эффективнее, чем методы конкурентов.

### 5.1.3 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 научно-исследовательского 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:

Стабильное горение сварочной дуги - С1. Качественное формирование сварного шва - С2. Повышение производительности сварки за счет обслуживания оператором нескольких установок одновременно – С3. Возможность использования технологии и оборудования для сварки других металлов – С4.

К слабым сторонам проекта относятся:

Акустический эффект - повышенный уровень шума при сварке - Сл.1.

Отсутствие специализированного инструмента - Сл.2.

К возможностям проекта относятся:

Внедрение собственного способа сварки на рынке за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок - В1. Финансовая поддержка спонсора - В2.

Возможность закупки профессионального инструмента - В3.

К угрозам относятся:

Недостаток финансов на реализацию проекта - У1. Отсутствие спроса на данные технологии производства - У2.

На втором этапе SWOT-анализа строятся интерактивные матрицы, которые представлены в таблицах.

Таблица 5.2 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|
| Возможности проекта     |    | С1 | С2 | С3 | С4 |
|                         | В1 | +  | +  | +  | +  |
|                         | В2 | +  | +  | 0  | +  |
|                         | В3 | +  | -  | 0  | 0  |

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: В1С1С2С3С4.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и возможности»

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта    |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 |
|                        | В1 | +   | -   | -   | 0   |
|                        | В2 | -   | -   | -   | 0   |
|                        | В3 | 0   | 0   | -   | 0   |

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие слабые стороны и возможности: В1Сл1.

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и угрозы»

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|
| Угрозы                  |    | С1 | С2 | С3 | С4 |
|                         | У1 | +  | +  | +  | -  |
|                         | У2 | +  | -  | +  | -  |

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и угрозы: У1С1С2С3.

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и угрозы»

| Слабые стороны проекта |   |     |     |     |     |
|------------------------|---|-----|-----|-----|-----|
| Угрозы                 |   | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 |
|                        | 1 | -   | -   | -   | -   |
|                        | 2 | -   | -   | +   | -   |
|                        | 3 | -   | -   | +   | +   |

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие слабые стороны и угрозы: У2Сл3, У3Сл3Сл4.

Третий этап.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 5.6 - SWOT - анализ

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>Сильные стороны научноисследовательского проекта:</p> <p>Стабильное горение сварочной дуги - С1.</p> <p>Качественное формирование сварного шва - С2.</p> <p>Повышение производительности сварки за обслуживание оператором нескольких установок одновременно – С3.</p> <p>Возможность использования технологии и оборудования для сварки других металлов – С4.</p> | <p>Слабые стороны научноисследовательского проекта:</p> <p>Акустический эффект - повышенный уровень шума при сварке - Сл.1.</p> <p>Отсутствие специализированного инструмента - Сл.2.</p> |
|--|---|---|

## Продолжение таблицы 5.6

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p>Возможности:<br/>Внедрение собственного способа сварки на рынке за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1.<br/>Финансовая поддержка спонсора - В2.<br/>Возможность закупки профессионального инструмента - В3.</p> | <p>Показ достоинств нашего способа сварки, на выставках, посвященных сварочным технологиям. Реклама в СМИ.<br/>Сотрудничество с аттестационными центрами по сварки, а также с НИИ.</p> | <p>Использование средств защиты слуха обеспечивающих безопасный уровень шума.<br/>Закупка необходимого специального инструмента за счет спонсора.</p>   |
| <p>Угрозы:<br/>Недостаток финансов на реализацию проекта - У1.<br/>Отсутствие спроса на новые технологии производства - У2.</p>  | <p>Поиск спонсоров благодаря презентации способа сварки с демонстрацией достоинств.</p>  | <p>Привлечение инвесторов самих производителей специальных вспомогательных инструментов для сварки; взаимная работа с другими инновационными предприятиями с целью минимизации рисков невостребованности; поиск новых рынков.</p> |

## 5.2 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.

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 8, 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 не проработанность 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.

Таблица 5.7 – 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  | 5                                       |
| 2     | Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела | 5  | 5                                       |
| 3     | Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке        | 5  | 5                                       |
| 4     | Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок  | 4  | 4                                       |
| 5     | Определены авторы и осуществлена охрана их прав                                  | 0  | 5                                       |
| 6     | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности                        | 4  | 3                                       |
| 7     | Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта                                | 2  | 3                                       |
| 8     | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки                       | 0  | 3                                       |
| 9     | Определены пути продвижения научной разработки на рынок                          | 4  | 5                                       |
| 10    | Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки                      | 2  | 5                                       |
| 11    | Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок   | 0  | 1                                       |

Продолжение таблицы 5.7

|              |   |    |    |
|--------------|---|----|----|
| 12           | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 2  | 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 |   | 43 | 55 |

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (5.2)$$

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.

### **5.3 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, однократное 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 - это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной ВКР 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, это предприятия строительства и машиностроения в России и странах зарубежья.

#### **5.4 Инициация проекта**

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в уставе проекта.

Устав проекта состоит из цели и результата проекта, организационной

структуры проекта, ограничений и допущений проекта.

## 5.5 Цели и результат проекта

В данном разделе приводится информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п.

Таблица 5.8 - Заинтересованные стороны проекта

| Заинтересованные стороны проекта    | Ожидания заинтересованных сторон                                  |
|-------------------------------------|---|
| Томский политехнический университет | Получение технологии и оборудования разработанного способа сварки |

Таблица 5.9 - Цели и результат проекта

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Цели проекта:                        | Разработка экспериментального механизма автоматической подачи покрытого электрода                    |
| Ожидаемые результаты проекта:        | Разработка и аттестация технологии и оборудования, а также получение прибыли от их продажи.          |
| Критерии приемки результата проекта: | Сертифицированное и аттестованное оборудование и технология.   |
| Требования к проекту                 | Проект должен быть закончен в определенные сроки.  |
|                                      | Должна быть проведена соответствующая подготовка к продаже оборудования и технологии способа сварки. |

## 5.6 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 5.10 - Морфологическая матрица

|                                    | 1          | 2          | 3        |
|------------------------------------|------------|------------|----------|
| А. Диаметр покрытого электрода, мм | 3,0        | 2.2        | 1,6      |
| Б. Марка электродов                | УОНИ-13/45 | УОНИ-13/55 | ОК 46    |
| В. Полярность тока                 | Обратная   | Прямая     | Обратная |

Возможные варианты решения технической задачи:

- 1) А1Б1В2 - В первом случае, сварка низкоуглеродистых сталей при малых затратах на материал;
- 2) А2Б2В2 - Во втором случае, низкоуглеродистых или низколегированных сталей при малых затратах материал;
- 3) А3Б3В3 - В третьем случае, сварка хромистых (нержавеющих) сталей аустенитного класса, с повышенными требованиями к материалу.

## 5.7 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица ниже).

## 5.8 Планирование научно-исследовательских работ

Таблица 5.11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы                  | № раб | Содержание работ   | Должность исполнителя           |
|---------------------------------|-------|--|---------------------------------|
| Разработка технического задания | 1     | Выбор темы, постановка цели и задач ВКР                        | Научный руководитель            |
|                                 | 2     | Составление предварительного плана ВКР                         | Научный руководитель            |
| Теоретическая подготовка        | 3     | Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР | Инженер                         |
|                                 | 4     | Изучение и выбор метода исследований в ВКР                     | Инженер                         |
|                                 | 5     | Написание теоретической части ВКР                              | Инженер                         |
|                                 | 6     | Подбор оборудования и заготовок для проведения процесса        | Научный руководитель            |
| Экспериментальные исследования  | 7     | Наплавление металла заготовки                                  | Инженер                         |
|                                 | 8     | Получение результатов исследования                             | Инженер                         |
|                                 | 9     | Создание базы данных исследования                              | Инженер                         |
|                                 | 10    | Анализ базы исследования/ получение результатов                | Научный руководитель<br>Инженер |
| Обобщение и оценка результатов  | 11    | Оформление итогового варианта ВКР                              | Инженер                         |
|                                 | 12    | Согласование и проверка работы с научным руководителем         | Научный руководитель<br>Инженер |

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющие данные работы.

## 5.9 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта– горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Строим календарный план-график (табл. 5.12). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за

период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 5.12 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

|    | Вид работ  | Исполнители             | кдн. | Продолжительность выполнения работ |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
|----|--|-------------------------|------|------------------------------------|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|------|---|
|    |  |                         |      | февр.                              |   | март |   |   | апрель |   |   | май |   |   | июнь |   |
|    |  |                         |      | 2                                  | 3 | 1    | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1    | 2 |
| 1  | Составление и утверждение темы проекта           | Руководитель            | 5    | ■                                  |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 2  | Анализ актуальности темы                         | Инженер                 | 5    |                                    | ■ |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 3  | Поиск и изучение материала по теме               | Руководитель            | 4    |                                    |   | ■    |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 5  | Календарное планирование работ                   | Инженер                 | 5    |                                    |   | ■    | ■ |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 6  | Изучение литературы по теме                      | Инженер                 | 3    |                                    |   |      |   | ■ |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 7  | Подбор нормативных документов                    | Руководитель<br>Инженер | 1    |                                    |   |      |   | ■ | ■      |   |   |     |   |   |      |   |
| 8  | Разработка принципиальной схемы механизма        | Руководитель<br>Инженер | 4    |                                    |   |      |   | ■ | ■      | ■ |   |     |   |   |      |   |
| 9  | Подготовка материалов, конструирование механизма | Инженер                 | 5    |                                    |   |      |   |   |        |   | ■ | ■   |   |   |      |   |
| 10 | Изучение результатов                             | Руководитель<br>Инженер | 8    |                                    |   |      |   |   |        |   |   | ■   | ■ |   |      |   |
| 11 | Анализ результатов                               | Руководитель<br>Инженер | 1    |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     | ■ | ■ |      |   |
| 12 | Заключение                                       | Руководитель<br>Инженер | 30   |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     | ■ | ■ | ■    | ■ |

■ – руководитель, ■ – инженер.

## 5.10 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (5.3)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$  – 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.

Таблица 5.13 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

| Наименование         | Единица измерения | Кол-во | Цена за единицу, руб. | Сумма, руб. |
|----------------------|-------------------|--------|-----------------------|-------------|
| Электродвигатель     | шт                | 1      | 2204                  | 2204        |
| Направляющий профиль | 450 мм            | 1      | 575                   | 575         |
| Шкив                 | шт                | 2      | 385                   | 385         |
| Пластина             | шт                | 1      | 699                   | 699         |
| Ремень               | шт                | 1      | 530                   | 530         |
| Ролики               | шт                | 4      | 380                   | 380         |
| Каретка              | шт                | 1      | 1300                  | 1300        |
| Пружина              | шт                | 1      | 400                   | 400         |
| Зажим                | шт                | 1      | 500                   | 500         |
| Цанга                | шт                | 1      | 1250                  | 1250        |
| Натяжитель ремня     | шт                | 1      | 765                   | 765         |
| Болт                 | шт                | 12     | 181                   | 181         |
| Гайка                | шт                | 8      | 167                   | 167         |
| Итого по статье:     |                   |        |                       | 9336        |

## 5.11 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

## 5.12 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 4.15.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.4)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата руководителя, лаборанта, инженера рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.5)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 4.4);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.6)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – 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 56 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 5.14 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени                  | Научный руководитель | Инженер |
|--|----------------------|---------|
| Календарное число дней                       | 365                  | 365     |
| Количество нерабочих дней                    | 67                   | 120     |
| Потери рабочего времени на отпуск            | 56                   | 24      |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 242                  | 221     |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{окл}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (5.7)$$

где  $Z_{\text{окл}}$  – оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук оклад на весну 2019 год составлял 33664 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 35111,5 руб.

Оклад инженера на весну 2019 года составил 21760 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 22695,68 руб.

Таблица 5.15 – Расчёт основной заработной платы

| Исполнители            | Разряд | $k_{\text{т}}$ | $Z_{\text{окл}}$ , руб. | $k_{\text{р}}$ | $Z_{\text{м}}$ , руб. | $Z_{\text{дн}}$ , руб. | $T_{\text{р}}$ , раб. дн. | $Z_{\text{осн}}$ , руб. |
|------------------------|--------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Научный руководитель   | –      | –              | 35111,5                 | 1,3            | 45644,95              | 1923,87                | 5                         | 9619,39                 |
| Инженер                | –      | –              | 22695,68                |                | 29504,5               | 1495,24                | 52                        | 77752,73                |
| Итого $Z_{\text{осн}}$ |        |                |                         |                |                       |                        |                           | 87372,1                 |

### 5.13 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (5.8)$$

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году, водится пониженная ставка – 30,2%.

Таблица 5.16 - Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель          | Основная заработная плата, руб | Дополнительная заработная плата, руб |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Руководитель проекта | 38706,2                        | 4644,744                             |
| Инженер              | 6500                           | 780                                  |
| Коэффициент          | 0,302                          |                                      |
| Итого                | 15290 руб.                     |                                      |

### 5.14 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. В нашем случае, рассчитываем затраты на электроэнергию, потребляемую компьютером.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э, \quad (5.9)$$

где  $N_i$  – мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$T_э$  – время использования электрооборудования, час;

$Ц_э$  – цена одного кВт·ч, руб.

$$E_э = 1,28 \cdot 300 \cdot 5,8 = 609 \text{ руб.}$$

Стоимость оборудования, используемого при выполнении непосредственно НТИ и имеющегося в организации, учитываются в виде амортизации.

### 5.15 Расчет затрат на амортизационные отчисления

В ходе работы был использован компьютер стоимостью 40 тыс.руб., нормативный срок службы которого составляет 5 лет.

Расчет амортизации производится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (5.10)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{251} \cdot T_{обi} \quad (5.11)$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$T_{обi}$  – время использования оборудования, дни.

Рассчитаем амортизацию для компьютера, с учётом, что срок полезного использования 5 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2$$

Находим общую сумму амортизационных отчислений:

Для компьютера, использованного в течение 10 дней:

$$A = \frac{N_A \cdot И}{251} \cdot T_{\text{оби}} = \frac{0,2 \cdot 40000}{251} \cdot 10 = 318,725 \text{ рублей.}$$

### 5.16 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная 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 5.17.

Таблица 5.17 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи  | Сумма, руб. |
|--|-------------|
| Материальные затраты   | 9336        |
| Затраты по основной заработной плате исполнителей темы       | 45206,2     |
| Затраты на амортизационные отчисления                        | 318,725     |
| Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 5424,744    |
| Отчисления во внебюджетные фонды                             | 15290       |
| Накладные расходы  | 40609       |
| Бюджет затрат НТИ  | 116184,669  |

При планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его выполнения.

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

Оценка сравнительной эффективности проекта

Данное исследование является очень сложным с точки зрения получения достоверных результатов, которые можно обрабатывать в дальнейшем. Дело в том, что подобрать оптимальные параметры не так уж и просто, как это может казаться на первый взгляд. Но благодаря различным техническим вариациям удаётся это сделать. Однако подобные эксперименты можно провести с помощью механизированной сварки.

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

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

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (5.12)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурс эффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурс эффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В текущем исследовании применялась механизированная сварка в среде защитного газа порошковой проволокой. В качестве аналогов рассмотрим ручную дуговую сварку (аналог 1) и автоматическую сварку (аналог 2).

Таблица 5.18 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии                  | Весовой коэффициент параметра | Текущий проект | Аналог 1 | Аналог 2 |
|---------------------------|-------------------------------|----------------|----------|----------|
| 1. Сложность механизма    | 0,4                           | 5              | 5        | 2        |
| 2. Удобство эксплуатации  | 0,1                           | 5              | 5        | 2        |
| 3. Энергосбережение       | 0,15                          | 3              | 2        | 1        |
| 4. Безопасность           | 0,15                          | 3              | 3        | 2        |
| 5. Стоимость производства | 0,2                           | 4              | 3        | 2        |
| ИТОГО                     | 1                             |                |          |          |

По формуле 5.12 рассчитаем интегральный показатель ресурс эффективности.

$$I_m^p = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 = 4,7;$$

$$I_m^{a1} = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 = 3,85;$$

$$I_m^{a2} = 0,4 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2 + 0,15 \cdot 1 + 0,15 \cdot 2 + 0,2 \cdot 2 = 1,85.$$

Из расчётов наглядно видна ресурс эффективность установки, на которой были проведены эксперименты настоящего исследования.

## **6. Социальная ответственность**

В данном разделе была поставлена задача исследовать вредные и опасные факторы на человека и окружающую среду, разработать мероприятия по предотвращению данных факторов.

При эксплуатации данного способа сварки и предлагаемого процесса на работающих действуют следующие опасные и вредные факторы:

загазованность воздуха в результате конденсации паров расплавленного металла, защитного газа и покрытия электродов при аргонодуговой сварке;

движущиеся часть установки для сварки неплавящимся электродом;

повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ), особенно при сварке с подогревом изделий; Действие лучистого потока теплоты не ограничивается изменениями, происходящими на облучаемом участке тела, на облучение реагирует весь организм. Под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно - сосудистой и нервной систем.

излишняя яркость при сварке, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация;

влияние шума имеет место при работе различного оборудования (вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.);

напряженность труда в связи с полуавтоматическим способом сварки. Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Это действие электрического тока, искры и брызги расплавленного металла, движущиеся машины, механизмы, превышение нормы газа аргона в воздухе и т.д. Наличие расплавленного металла, находящиеся баллон под давлением увеличивает опасность возникновения пожара.

## **6.1 Производственная безопасность**

### **6.1.1 Анализ выявленных вредных факторов**

При выполнении исследовательской работы существует вероятность воздействия следующих вредных факторов: недостаточная освещённость; нарушение микроклимата; шум; повышенный уровень электромагнитного излучения. Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Для каждого фактора должны быть внедрены мероприятия по защите исследователя от их влияния.

#### **Недостаточная освещенность**

Согласно СП 52.13330.2011 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 200 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 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  $A = 30$  м, ширина  $B = 15$  м, высота = 7 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 2$  м. Согласно СП 52.13330.2011 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B \quad (6.1)$$

где  $A$  – длина, м;

$B$  – ширина, м.

$$S = 30 \cdot 15 = 450 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $\rho_c = 50\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{\Pi} = 70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_3 = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу тёпло-белого света ЛТБ-40, световой поток которой равен ФЛД = 2850 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, которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем 1,1, расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,3$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (6.2)$$

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:  $h_n = 4$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 7 - 4 = 3 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ м} \quad (6.3)$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = B/L = 15/3,3 = 4,5 \Rightarrow 5 \quad (6.4)$$

Число светильников в ряду:

$$Na = A/L = 30/3,3 = 9 \quad (6.5)$$

Общее число ламп:

$$N = 2 \cdot Na \cdot Nb = 2 \cdot 5 \cdot 9 = 90 \quad (6.6)$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется из уравнения:

$$L = N_a \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + N \cdot L_{lam} \quad (6.7)$$

$$L_1 = \frac{L - N \cdot L_{lam}}{N_a + \frac{2}{3}} \quad (6.8)$$

$$L_1 = \frac{30000 \text{ мм} - 9 \cdot 265}{8 + \frac{2}{3}} = 3186 \text{ мм} - \text{расстояние вдоль цеха}$$

$$L_2 = \frac{15000 \text{ мм} - 5 \cdot 1227 \text{ мм}}{4 + \frac{2}{3}} = 1990 \text{ мм} - \text{расстояние от торцов}$$

Размещаем светильники в пять рядов. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

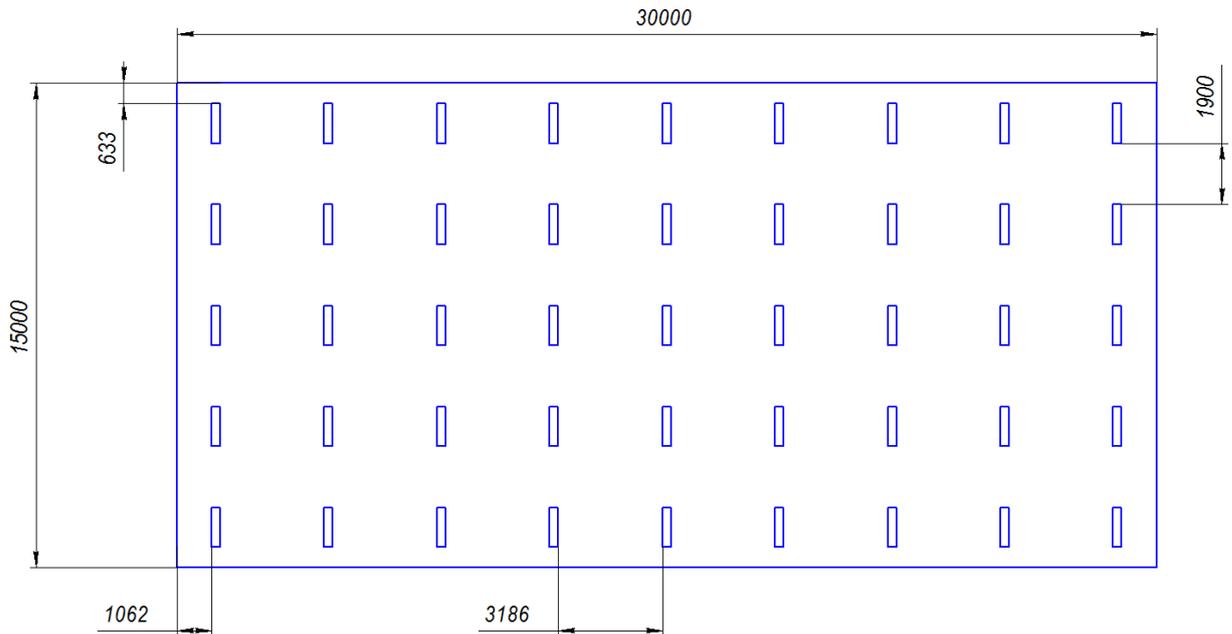


Рисунок 6.1 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = A \cdot B / h \cdot (A + B) = 15 \cdot 30 / 3 \cdot (15 + 30) = 3,3 \quad (6.9)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 70\%$ ;  $\rho_{\text{П}} = 50\%$  и индексе помещения  $i = 3,3$  равен  $\eta = 0,53$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z / N \cdot \eta = 200 \cdot 30 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1 / 90 \cdot 0,53 = 3113 \text{ лм} \quad (6.10)$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\% ;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2850 \text{ лм} - 3113 \text{ лм}}{2850 \text{ лм}} \cdot 100\% = -9\%$$

Таким образом:  $-10\% \leq -9\% \leq 20\%$  , необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Движущиеся часть установки для сварки неплавящимся электродом.

Источником возникновения аварий, связанных с телесными повреждениями и материальным ущербом при работе с установкой, являются подвижная часть машины.

Аварии происходят, прежде всего, во время ручного устранения нарушений производственного процесса. Тем не менее, люди могут оказаться на пути движения машин и механизмов при выполнении других заданий, таких как:

- чистка,
- регулировка,
- переналадка вылета электродов,
- контроль,
- ремонт.

Наиболее распространенной, принимаемой в этой связи с целью повышения личной безопасности, является защита человека от опасных движений машины с помощью некоторых видов устройств безопасности, таких как защитные ограждения машин, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением. Внутренние движущиеся детали таких машин должны быть недоступны для прикосновения, а наружные движущиеся детали не должны иметь острых выступов, острые кромки должны быть притуплены.

Загазованность воздуха в результате конденсации паров расплавленного металла, защитного газа и покрытия электродов при аргонодуговой сварке. 3й класс опасности.

Утечка аргона из баллона может способствовать наступлению смерти от удушья. Это может быть связано значительным снижением в воздухе объема кислорода в замкнутом пространстве. Если объем аргона в воздухе будет превышать 70% (РЗ), то человек может подвергнуться, так называемому, наркозу. В связи с тем, что этот газ тяжелее воздуха, это может привести к накоплению его в помещениях, которые трудно проветривать.

Если требуется проводить работы в среде с аргоном, то в этом случае рекомендуется использовать противогазы и изолирующие приборы, проветривать помещение.

Для улавливания конденсата паров расплавленного металла, защитного газа и покрытия электродов при аргонодуговой сварке у места его образования при автоматической электросварке и наплавке изделий следует применять поворотно-подъемные наклонные панели одно или двухстороннего равномерного всасывания. Низ панелей необходимо располагать над местом сварки на расстоянии не выше 350 мм. Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, при сварке в инертных газах – должен составлять не более 0,3 м/с.

Согласно Гигиеническим нормативам ГН 2.2.5.2100-06 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" и Дополнению N 2 к ГН 2.2.5.1313-03, ПДК углерода диоксида (двуокиси углерода, углекислого газа) составляет: максимальная разовая - 27000 мг/м<sup>3</sup>, среднесменная - 9000 мг/м<sup>3</sup>. Относится к третьему классу опасности.

Высокая яркость при сварке, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых глазом так называемых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Интенсивность лучистой энергии в основном зависит от силы сварочного тока и величины напряжения. Видимые световые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологически переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи обладают главным образом тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги. При современных способах сварки тепловая радиация на рабочем месте может составлять 0,5—6 кал/см<sup>2</sup>\*мин.

Источниками тепловой радиация являются дуга и в меньшей степени нагретый металл.

Учитывая, что при электросварке на сварщика действуют не только прямая ультрафиолетовая радиация, но и рассеянная, отраженная от окружающих поверхностей, необходимо окрашивать стены кабин и

сварочных цехов, переносные ширмы в светлые матовые тона с применением цинковых белил, желтого крона или титановых белил, которые поглощают ультрафиолетовые лучи. Кожа и глаза сварщика должны быть защищены от воздействия лучей дуги. Кожа тела защищается специальной рабочей одеждой, лицо защищается щитком или шлемом, кисти рук — рукавицами, а глаза — специальными стеклами-светофильтрами, вставляемыми в щиток или шлем. В масках или шлемах между темным и прозрачным стеклами должен быть зазор 0,5—1 мм, чтобы защитить глаза от перегрева.

Напряженность труда в связи с полуавтоматическим способом сварки. Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

Организация и проведение мероприятий по снятию нагрузки осуществляется в соответствии с требованиями нормативных документов. К некоторым таким мерам относятся: внедрение профилактических мероприятий, способствующих снижению монотонности работы, разработка рациональных (физиологически обоснованных) режимов труда и отдыха (оздоровительная физкультура, физкультпаузы и др.), снижение норм выработки и др.

Нарушения микроклимата

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течении 8- часовой рабочей смены.

Недостаточная влажность, в свою очередь, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами. Повышенный показатель относительной влажности вызывает перегрев организма. Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 5.1, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года. Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин.

Таблица 6.1 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

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

Таблица 6.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия (например, системы местного кондиционирования воздуха [обеспечение надлежащего воздухообмена с использованием механической приточно вытяжную

вентиляции, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и трубопроводов.], воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).

В холодный период года применяется водяное отопление, а в теплый период года для обеспечения защиты от попадания прямых солнечных лучей применяются жалюзи.

По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5 м<sup>2</sup> и 20 м<sup>3</sup> объема на одного человека. Разработка происходит в помещении, размеры помещения 3x7 м, высота потолков 3 м, количество рабочих мест три, соответственно три человека в помещении. Объем помещения 63 м<sup>3</sup>, общая площадь 21 м<sup>2</sup>, тогда на одного человека приходится 21 м<sup>3</sup> и 7 м<sup>2</sup>, соответственно, что удовлетворяет санитарным требованиям помещения.

Микроклимат аудиторий поддерживается на необходимом уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией. Посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. А также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям.

### Шум

Одним из наиболее распространенных вредных факторов является шум. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум является общебиологическим раздражителем и в некоторых условиях может оказывать влияние на системы организма человека. Шум вызывает головную

боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

При выполнении работ, описанных выше, специалист может оказаться под шумовым воздействием со стороны оборудования, находящегося в рабочем помещении: персональные компьютеры, печатающие устройства, оборудование поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция), сварочная дуга, слесарный инструмент и прочее.

Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 82 дБА.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

#### **Средства коллективной защиты:**

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов). Современные пластиковые окна и шумоизоляционные панели стен. Сама панель – это многослойная конструкция (триплекс). Сам ее каркас выполнен из композита на основе натуральных целлюлозных волокон. Плоские слои разделены пространством, которое обеспечивают волнообразные переемычки, по типу гофрированного картона. Все пустоты внутри панели заполнены минеральным гранулятом на базе очищенного кварцевого песка;

3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения (звукоизолирующие кожухи, акустические экраны,

звукопоглощающие отделочные материалы); звуко – и вибропоглощающие материалы (резины и мастики, фольгоизол, листовые пластмассы; звукоизоляционные материалы с волокнистым каркасом, ячеистые, смешанные);

### **Средства индивидуальной защиты:**

1. применение спецодежды и защитных средств органов слуха (наушники, беруши, антифоны).

Типы и группы СИЗ органов слуха следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.275-2014 «Средства индивидуальной защиты органа слуха».

### **Повышенный уровень электромагнитного излучения**

В производстве используется сварочное оборудование. Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека.

Электромагнитное излучение, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, может являться причиной профессиональных заболеваний. В результате возможны изменения нервной, иммунной, сердечнососудистой, половой и других систем организма человека.

В процессе длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли. При систематическом облучении наблюдаются стойкие нервно-психические заболевания, изменение кровяного давления, замедление пульса, трофические заболевания (выпадение волос, ломкость ногтей). При этом наблюдается вялость, снижение точности рабочих движений, возникновение болей в сердце.

Предельно допустимые уровни облучения (по СанПиН 2.2.4.1191-03):

При 8-часовой работе ПДУ магнитного поля составляет 10 мкВт/см<sup>2</sup> при 8-часовой работе, при 2-часовой работе – 10-100 мкВт/см<sup>2</sup>, а при 20-минутной работе > 100 мкВт/см<sup>2</sup>.

Исходя из исследований, безопасным расстоянием от токоведущего кабеля до жизненно важных органов сварщика являются расстояния 0,1; 0,25 и 0,35 м при токах 200, 300 и 400 А соответственно. Экспериментальные 87 исследования показали, что индукция поля вблизи корпуса выпрямителя ВДУ506 при токах до 400 А на порядок ниже ПДУ. Это связано с тем, что выпрямитель экранируется металлическим корпусом.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

**СКЗ:**

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника заземленным металлическим ограждением;

**СИЗ:**

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя - Очки из металлической решетки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для

увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

Факторы, связанные с высокой температурой материальных объектов

Контакт с горячей (свыше 45 °С) поверхностью может вызвать ожоги незащищенных участков тела. Также образующиеся при дуговой сварке расплавленный металл имеет температуру до 1800 °С, и в случае попадания на кожу искр, брызг раскаленного металла возможны тяжелые ожоги. Для предотвращения ожогов при сварке, попадания искр и капель расплавленного металла, ожогов об нагретые поверхности необходимо применять специальную одежду: специальный костюм сварщика или брезентовый костюм, имеющий соответствующую маркировку «Тр»; рукавицы брезентовые или кожаные типа «Е» с защитными свойствами «Тр»; кожаные ботинки с маркировкой «Тр»; защитные очки, маску.

Основными методами коллективной и индивидуальной защиты являются: обеспечение недоступности нагретых поверхностей, теплоизоляция рабочих поверхностей источников излучения теплоты, экранирование источников или рабочих мест.

Средства защиты от термического воздействия должны обеспечивать тепловую облучённость на рабочих местах не более 0,35 кВт/м<sup>2</sup>, температуру поверхности оборудования не более 35°С при температуре внутри источника теплоты до 100 °С и 45 °С при температуре внутри источника теплоты более 100 °С.

Полный комплект средств индивидуальной защиты для сварщика состоит из множества элементов. Согласно ГОСТ 12.4.011-89, все применяемые при проведении сварочных работ СИЗ в соответствии с их назначением делается на несколько основных классов:

- спецодежда - роба;
- спецобувь – сапоги;
- средства защиты головы - каска;
- средства защиты органов дыхания - респираторы;

- средства защиты органов слуха - противошумные вкладыши;
- средства защиты глаз - защитные очки;
- средства защиты лица сварочная маска;
- средства защиты рук - краги, перчатки, рукавицы;
- защитные дерматологические средства - очистители кожи, репаративные средства.

Во время проведения сварочных работ в воздух рабочей зоны выделяется множество вредных веществ. Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами, составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшиеся количество вредных веществ (10-20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции.

Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ приведены в таблице 5.2.

Таблица 6.3 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов

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

Очистка воздуха от аэрозолей осуществляется с помощью специального оборудования различных конструкций в зависимости от

размеров частиц пыли: грубая очистка (10 ... 50 мкм), среднее (более 1 мкм) и тонкие (менее 1 мкм). Для улавливания сварочных аэрозолей в системах вентиляции и фильтровентиляционных агрегатах применяются электростатические, тканевые, бумажные и комбинированные фильтры.

Расположение вентиляционного отсоса должно быть предусмотрено так, чтобы выделяемые при сварке газы сразу им всасывались, минуя попадание в дыхательные пути сварщика. Для отсоса газов и пыли от сварочной дуги располагать вытяжной зонт над приспособлением для сварки защитной гильзы ротора недопустимо. При такой организации рабочего места поток поднимающихся газов и пыли частично проходит через зону дыхания сварщика. Рекомендуется применение гибкого рукава системы вентиляции.

При сварке в качестве защитного газа используется аргон. В связи с тем, что этот газ тяжелее воздуха, это может привести к накоплению его в помещениях, которые трудно проветривать. Аргон относится к малоопасным по степени воздействия на организм инертный газ, величина ПДК не установлена (хотя имеются упоминания), обладает наркотическим действием.

Утечка аргона из баллона может способствовать наступлению смерти от удушения. Если объем аргона в воздухе будет превышать 70% (P3), то человек 86 может подвергнуться, так называемому, наркозу. Баллоны могут взрываться при нагревании. Если требуется проводить работы в среде с аргоном, то в этом случае рекомендуется использовать противогазы и изолирующие приборы, проветривать помещение.

## **6.2 Анализ выявленных опасных факторов**

### **6.2.1 Электроопасность**

Электробезопасность в лаборатории представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока.

Лаборатория относится к помещению с без повышенной опасностью поражения электрическим током. Безопасные номиналы  $I \leq 0,1$  А,  $U \leq 36$  В,  $R_{\text{заземления}} \leq 4$  Ом.

В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

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 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;
3. Зануление;
4. Разъединитель электрических цепей.

### **Средства индивидуальной защиты:**

Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики, дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления.

По условиям электробезопасности установки, используемые при выполнении работы, относятся к категории установок, работающих с напряжением до 1000 В. Устройства, относятся к 1 классу, так как прибор имеет только рабочую изоляцию, но при этом имеет контакт для присоединения защитного провода.

Классификация сырых помещений по электробезопасности: I группа – помещение без повышенной опасности. Характеристика: работа происходит при нормальной температуре до +5 градусов и относительной влажности воздуха до 75%; минимум электроустановок, подлежащих заземлению; допускается работа с электроаппаратами напряжением 0,23 кВ. Примеры: офисные помещения, диспетчерские, подсобные комнаты, центры вычислительной техники, кабинеты администраций и аппаратов управления. II группа – помещения с повышенной опасностью. Характеристика: температура производства выше 30 градусов; высокая влажность воздуха (более 75%); допускается работа с электроаппаратами напряжением 0,4 кВ. Пример: зоны обслуживания транспортных средств, неотапливаемые чердаки и подвалы, помещения для сварочных и термических работ, ремонтные цеха, и т. д. III группа – особо опасные помещения. Характеристика: повышенная влажность воздуха (в районе 100%); присутствие в воздухе едких газов, паров жидкостей, которые разрушают изоляционные оболочки электрооборудования и кабелей; допускается работа с электроаппаратами напряжением до 1 кВ.

Соответственно, к работе допускается персонал с категорией электробезопасности II и выше - электротехнологический персонал, у

которого в управляемом им технологическом процессе основной составляющей является электрическая энергия (например, электросварка, электродуговые печи, электролиз и т.д.), использующий в работе ручные электрические машины, переносной электроинструмент и светильники, и другие работники, для которых должностной инструкцией или инструкцией по охране труда установлено знание правил безопасности при эксплуатации электроустановок.

### **6.2.2 Пожароопасность**

По взрывопожарной и пожарной опасности согласно НПБ 105-03 кабинет с персональным компьютером относится к помещениям Г негорючие вещества и материалы. А лаборатория, где в управлении технологического процесса основной составляющей является электрическая энергия относится к помещениям В1-В4, пожароопасные.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам).

Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются специальными государственными постановлениями и указами, ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда «Пожарная безопасность. Общие требования».

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

Меры по обеспечению пожарной безопасности.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86;

2. специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

3. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные

огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);

4. автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Для предотвращения возникновения пожаров:

- 1) Проводятся профилактические мероприятия, инструктажи рабочих.
- 2) В каждом помещении предусмотрены меры эвакуации: запасные выходы, пожарные проходы, планы эвакуации.
- 3) Присутствуют средства пожаротушения.
- 4) В доступном месте висят инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планы эвакуации с телефонами спецслужб.
- 5) Имеется звуковая пожарная сигнализация.

План эвакуации помещения приведен на рисунке 6.2

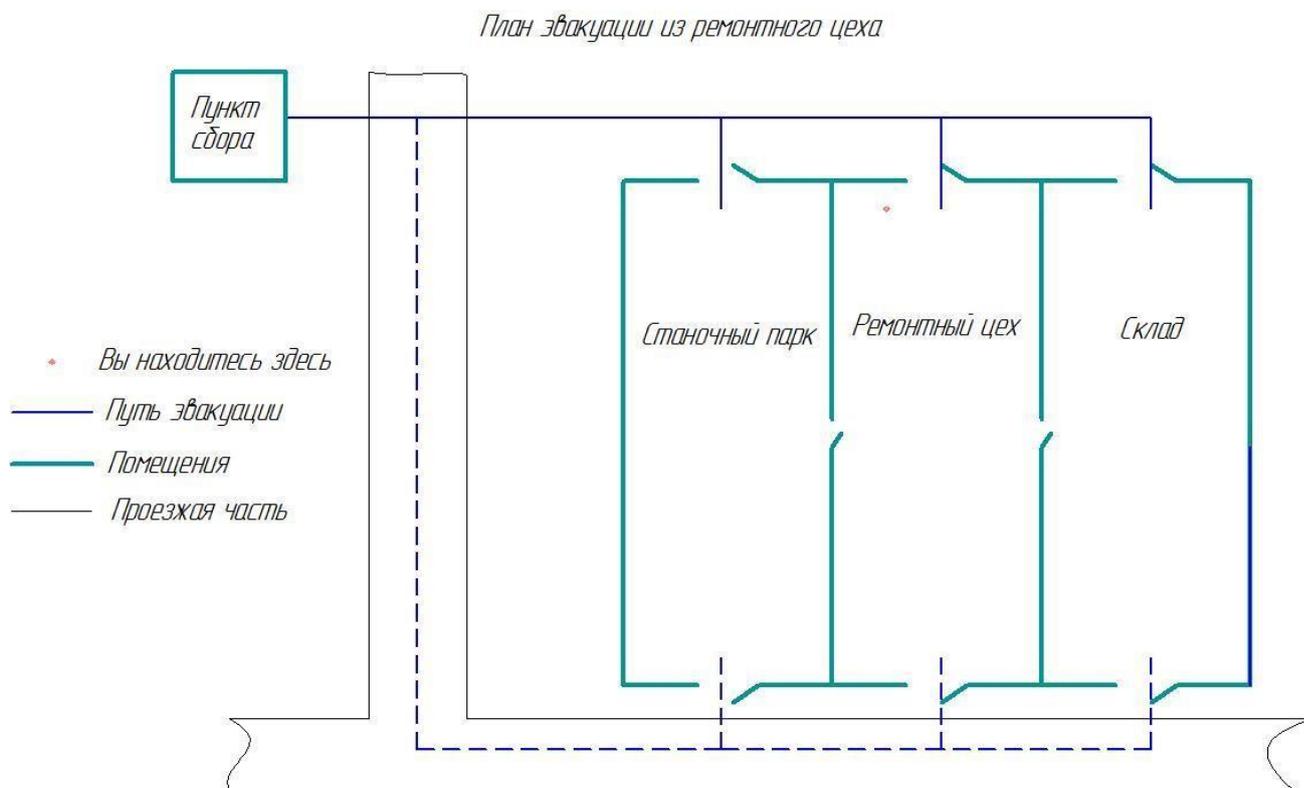


Рисунок 6.2 – План эвакуации помещения

### 6.3 Экологическая безопасность

При проведении исследования образовывались следующие отходы: остатки сварочной проволоки, абразивная пыль, куски металла, огарки, которые в виду их непригодность выкидывались в контейнер для последующей переработки и твердые бытовые отходы.

Минимальные выбросы происходит от кондиционирования воздуха в помещении. А также выбросы от паров различных веществ при сварке. Оксиды железа (класс опасности 2), оксид углерода (класс опасности 3) и другие. Используется вентиляция помещений, которая предназначена для уменьшения запыленности, очистки воздуха от паров вредных веществ. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, паров вредных веществ до концентрации, не превышающей ПДК (оксид железа 6 мг/м<sup>3</sup>). Путём рассеивания через вентиляционные трубы, предварительно пройдя фильтрацию.

Одним из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли являются электрофильтры. Их принцип основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего заряда, передачи заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах, с которых они затем удаляются механически. Также широкое применение для очистки газов от частиц пыли получили сухие пылеуловители – циклоны.

Для очистки технологических и вентиляционных выбросов от газов и паров применяют адсорберы.

Эксплуатация люминесцентных ламп требует осторожности и чёткого выполнения инструкции по обращению с данным отходом (код отхода 4 71 101 01 52 1, класс опасности – 1). Опасное вещество ртуть содержится в лампе в газообразном состоянии. Вдыхание паров ртути может привести к тяжелому повреждению здоровья. При перегорании ртутьсодержащей лампы (выходе из строя) её замену осуществляет лицо, ответственное за сбор и

хранение ламп (обученное по электробезопасности и правилам обращения с отходом). Отработанные люминесцентные лампы сдаются только на полигон токсичных отходов для демеркуризации и захоронения. Запрещается сваливать отработанные люминесцентные лампы с мусором.

Повышенное выделение пыли наблюдается при производстве бетонной смеси, производство цемента, извести, доломита, инертных материалов, керамики, кирпича. При пилении, фрезеровании, шлифовании древесины. Для арматурных цехов производства нестандартных металлических конструкций характерна пыль металлов и их окалин, сварочные аэрозоли двуокиси углерода и марганца.

Пыль производственной техносферы – причина разнообразных заболеваний персонала, износа технологического оборудования и вспомогательных механизмов, снижения качества продукции и рентабельности производства. Пыли, вредно действующие на органы дыхания, т.е. преимущественно фиброгенного действия. Загрязнение поверхности тела пылью приводит к гнойничковым заболеваниям и экземам. Попадание пыли в глаза вызывает воспалительный процесс слизистых оболочек – конъюнктивит.

Направление защиты атмосферы от пыли - пылеулавливающих установки. Применение очистных аппаратов посредством местных отсосов вытяжкой вентиляционной системы с последующей очисткой запыленного воздуха в аппаратах пылеуловителях.

Перспективным новым методом очистки промышленных выбросов может явиться магнитный способ газоочистки. Исследования показали, что этот метод может быть применен для улавливания не только промышленных пылей, обладающих явно выраженными магнитными свойствами, но и немагнитных пылей, к которым относится пыль предприятий строительной индустрии. Представляет интерес способ пылеулавливания с магнитным носителем (например, железным порошком), при котором улавливание пыли

происходит в обычных инерционных аппаратах при введении в газопылевой поток магнитного носителя.

К мероприятиям, обеспечивающим требования, предъявляемые к состоянию воздуха рабочей зоны производственных помещений, производственному оборудованию и производственным процессам, относятся следующие: – максимально возможная герметизация пылящего технологического и транспортного оборудования и устройство специальных укрытий у всех мест пылеобразования; – увлажнение измельченных материалов до поступления в производство и на каждой стадии переработки в пределах, допускаемых технологическим процессом; – устройство аспирации; – эффективная очистка воздуха аспирационными системами перед выбросом в атмосферу; – блокировка аспирационных систем с технологическим оборудованием и автоматизация устройств по увлажнению материала и гидрообеспыливанию; – устройство приточной вентиляции с продуманным воздухораспределением; – применение регулярной беспыльной уборки помещений и оборудования от осевшей пыли; – строгий контроль за состоянием воздуха в цехах и выполнением всех указанных выше мероприятий.

Наиболее эффективным способом борьбы с пылевыделением является процесс переработки пылящих материалов мокрым способом. При замене «сухих» технологических процессов «мокрыми» пылевыделение устраняется без применения каких-либо дополнительных мер. В технологической схеме производственного процесса необходимо предусматривать следующее:

– возможно меньшее число промежуточных узлов и мест перегрузок материала; – сокращение до минимума числа перемещений материалов по горизонтали, применение герметичного дробильно-помольного и рассевного оборудования; – применение пневматического или других видов закрытого транспорта (шнеки, виброконвейеры, полностью укрытые конвейеры и др.);

- минимальную высоту перепадов в местах перегрузок материала (при высоких перепадах необходимо предусматривать специальные устройства по гашению кинетической энергии падающих материалов);
- предварительную мойку измельченных материалов и их увлажнение, где это допустимо, мокрый помол кварцитов и др.

#### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Исследование проходит в городе Томск с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приводит к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения, приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует предусмотреть а) газобаллонные калориферы (запасные обогреватели), б) дизель или бензоэлектростанции; в) запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека); г) теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В лаборатории наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

## Список использованных источников

1. Горев, В.В. “Металлические конструкции” том. 1 Элементы конструкций, – М: Высшая школа, 2004. – 551 с.
2. Белоконь, В.М. Производство сварных конструкций: учебное пособие / В.М. Белоконь. – Могилев: ММИ, 1998. – 357 с.
3. Куркин, С.А. Технология механизация и автоматизации производства сварных конструкций. – М: Машиностроение, 1989. – 319 с.
4. Ковтунов, А.И. Проектирование сборочно-сварочных цехов. – Тольяти: Изд-во ТГУ, 2006. – 55 с.
5. Трущенко Е.А. Технологические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие / Е.А. Трущенко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 80 с.
6. Азаров, Н.А. Производство сварных конструкций. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 146 с.
7. РД 34.15.132-96 Сварка и контроль качества соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов. Технические условия: дата введения 1996-05-20. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005501> (дата обращения: 25.04.2022) – Текст: электронный.
8. Дедюх, Р.И. Технология сварки плавлением. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 146 с.
9. ГОСТ Р ИСО 17637-2014 Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением. Технические условия: дата введения 2016-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113436> (дата обращения 25.03.2022). – Текст: электронный.
10. ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. Технические условия: дата введения 2015-

07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107569> (дата обращения 25.03.2022). - Текст: электронный.

11. Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов. – М: Машиностроение, 1980. – 319 с.

12. Акулов А. И. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х томах. Том 1. Сварные соединения из разнородных сталей / А.И. Акулов, Г.А.Николаев; Редкол.: Г.А.Николаев и др.- М.: Машиностроение, 1978. – Т.2 / Под ред. А.И. Акулова, 1978.– 462 с.

13. Макаров Э.Л. Сварка и свариваемые материалы : в 3 Томах. Том 1. Свариваемость материалов / справ. изд. / под ред. Э. Л. Макарова. – Москва : Изд-во Металлургия, 1991. – 528 с

14. ГОСТ 7350-77. Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001713> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

15. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры: дата введения 1977-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004932> (дата обращения: 28.03.2022). – Текст : электронный.

16. ГОСТ 2246-70. Межгосударственный стандарт. Проволока стальная сварочная. Технические условия: дата введения 1973-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005429> (дата обращения: 28.03.2022). – Текст : электронный.

17. ГОСТ 24522-80. Контроль неразрушающий капиллярный. Термины и определения. Технические условия: дата введения 1982-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009500> (дата обращения: 31.03.2022). – Текст : электронный.

18. Esab.com : официальный сайт. – Москва, – Обновляется в течение суток. – URL: <https://esab.com/> (дата обращения: 31.03.2022). – Текст : электронный.

19. Welding-russia.ru : официальный сайт. – Москва, – Обновляется в течение суток. –URL: <https://www.welding-russia.ru/catalog.html?itemid=17050/> (дата обращения: 04.04.2022). – Текст : электронный.

20. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов: дата введения 1987-04-15. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293846/4293846544> (дата обращения: 20.03.2022). – Текст : электронный.

21. ГОСТ Р ЕН 13018-2014. Контроль визуальный. Общие положения: дата введения 2015-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200116034> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст : электронный.

22. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В. Овчинников. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 224 с.

23. 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.

24. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Васи-левский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд – во Томский политехнический университет, 2009. — 101 с.

## **Заключение**

В ходе работы был произведен анализ состояния добычи нефти на воде. Выделены экономические аспекты и проблемы такой добычи.

Для тумб нефтедобывающих вышек проведён анализ проблем при эксплуатации. Были описаны типичные схемы конструкции и назначены технологические меры решения проблем. Так же назначен материал конструкции.

В ходе сравнительного анализа был выбран метод сварки порошковой проволокой. Назначена порошковая проволока и определена свариваемость стали.

Разработана технологическая документация для сборки и сварки тумбы нефтедобывающей вышки. Определены проблемы сварки в закрытых коробах и предложена методика их решения. Приведены и обоснованы конструктивные элементы приспособления, их расположение, размеры и формы.

Разработанная конструкция позволит изготавливать тумбу нефтедобывающей вышки с заданными характеристиками: надлежащим качеством швов, правильным расположением деталей, герметичностью конструкции. Применение разработанного приспособления позволит уменьшить затраты производства на трудоёмкости, расходе материала для приварки упоров. Так же повысится общее качество конструкции.

**Приложение А**  
(обязательное)

**Development and technology of hardening of the polyethylene granulator die**

Студент:

| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
|---------------|---------------------------|----------------|-------------|
| 1ВМ01         | Клешня Александр Игоревич |                |             |

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>      | <b>Ученая степень,<br/>звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
|------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|-------------|
| Доцент           | Устюжанина А.К. | к.ф.н., доцент                    |                |             |

## **Introduction**

Many of the world's potential reserves of hydrocarbons lie beneath the sea, and the hydrocarbon industry has developed techniques suited to conditions found in the offshore, both to find oil and gas and to successfully produce it.

Modern and advanced drilling techniques and methods have increased Companies' ability to find hydrocarbons and the speed at which their projects are developed.

There are technology advances for exploration and development, better control of environmental impacts, increased efficiency, and improved understanding of the marine environment.

**The goal of the present work** is to develop a device for assembling and welding the pedestal assembly of an oil rig

### **The objectives of the present work are:**

- analyze the current state of production of water oil rigs;
- determine the necessary properties of the support based on the location of the oil rig installation;
- develop a support model;
- develop assembly and welding technology;
- develop a device.

**The research object** is the process of welding with cored wire in a carbon dioxide environment.

**The research methods** are the development of the technology of assembly and welding of the support unit of a water oil rig.

**The practical value** of the work lies in the fact that the developed device is more cost-effective, since it reduces labor costs for production.

### **Structure and volume of the work**

The work has 121 pages (excluding appendix) and consists of an introduction, seven basic units, a conclusion, a list of references and appendices. Each unit consists of several logically interconnected chapters followed by a

conclusion where we enumerate the results of our work concerning that unit. Our references consist of 38 sources represented by books of Russian and foreign authors.

### **1.1 Economic aspects of oil production on water**

The production of crude oil and natural gas has a direct impact on the economy of the producing country. This is the motive for investing huge capital in the industry. In addition to highlighting the economic benefits received by the producing countries and their citizens, the extraction of such raw materials affects the products of raw materials and the health of the population [1].

Despite the danger and negative consequences of using this raw material, its production increases every year. The potential of hydrocarbon energy converters is very large and reaches the peak of human necessity. For example, from 2005 to 2017, the production of hydrocarbons increased by 10% [2], despite the trend of using electric energy and increasing the efficiency of energy converters.

Oil production on the water has great potential. The found deposits consisting of complex hydrocarbons have large volumes. Transportation of oil by water is much easier across continents, although, on the other hand, there is a difficulty in delivering it to the shore due to the difficulty of conducting an oil and gas pipeline.

Nevertheless, over the past years, the amount of oil produced on the water, in volume and percentage terms, is growing, and the number of orders from oil companies for the construction of offshore drilling platforms is growing.

First of all, this is due to the gradual depletion of hydrocarbon reserves in traditional fields located on land. Secondly, the interest in offshore oil production was caused by the presence of huge reserves of energy resources in such sources.

Oil companies began to look with great interest at working with the marine industry; the impetus for this was the embargo imposed in the 70s by OPEC countries during the Arab-Israeli conflict.

At the moment, of the four hundred explored world oil and gas basins, 50 percent are located not only on land, but also capture the shelves of nearby seas and oceans. Currently, active development in the world's oceans covers about 350 tons of offshore oil fields scattered around the globe. All of these deposits belong to the shelf, and most of the production is carried out at depths not exceeding 200 meters [3].

The performance of offshore oil platforms is affected by some factors that are not standard for onshore drilling rigs. High seismicity, strong underwater currents, the presence of icebergs and ice fields in the northern mines, large depths and a variety of natural disasters (tornadoes, tsunamis, underwater earthquakes, hurricanes) make such fishing very difficult.

In addition to natural problems, there are factors that affect the capital intensity of the development and high operating costs, which increase along with the depth of oil production (this is due to the hardness and thickness of the drilled rocks). The remoteness of the field from the shore and the complex underwater terrain increase the cost of delivering petroleum products and the cost of constructing the pipeline.

The environmental requirements for oil production on water are much higher than on land. First of all, oil companies must prevent the leakage of raw materials into the ocean waters. It is also necessary to ensure the safety of the platform on the water.

All of the above factors affect the final investment. So, a drilling platform with a production depth of up to 45 m will cost from two million dollars, and for depths up to 320 m already from 30 million. The operation of platforms up to 15 meters costs about 16 thousand dollars per day, up to 40 meters – 21 thousand, and for installations up to 180 meters of mining depth, the cost of maintenance reaches 1.7 million dollars.

Therefore, in order to justify the costs, development and construction begin only on deposits of huge volumes.

## **1.2 Methods of oil production on water**

The main oil production from the fields of the world ocean is carried out with the help of special technological structures – oil platforms.

These engineering complexes perform several functions, starting with the drilling process and ending with the production of hydrocarbons. This justifies their complexity and high cost.

Oil is extracted using multi-storey drilling rigs that look like a steel island. They rise above the surface of the sea on huge massive pillars. With the help of the most modern technologies, these units are able to drill wells up to 10 km deep [4].

Any oil platform consists of four main parts –the hull, the anchor system, the drilling deck and the derrick. The body of the oil platform is a huge pontoon of triangular or quadrangular shape. It is supported by six huge columns filled with air.

A drilling deck is attached to the hull, which is larger than a football field. The deck is strong enough to withstand the weight of a drilling rig, helipad, multiple cranes, and other equipment. Above the drill deck, approximately at the height of a 10-15-story building, there is a drilling rig that raises and lowers the drill.

If the depth of the bottom is not high, then use a fixed tower, on which the same elements are fixed. Fixed towers are installed on frame metal supports, which are filled with concrete. In manufacturers, these structures are called bollards.

Based on the above, the following types of offshore platforms can be distinguished:

- stationary,
- freely fixed,

- semi-submersible,
- self-lifting,
- with stretched supports,
- floating oil storage facilities.

Platforms can be of a specific type or combined (Figure 1.1-1.2).

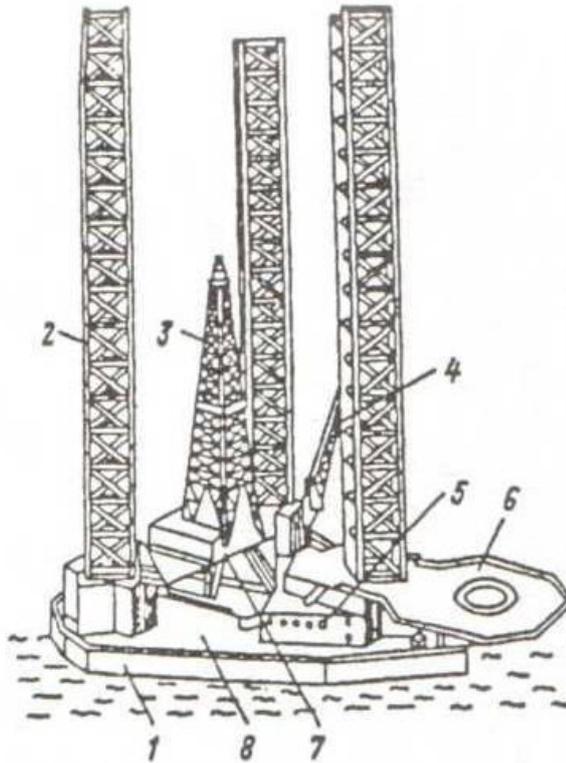


Figure 1.1 – Self-lifting drilling rig 1 – floating pontoon, 2 – lifting support, 3 – drilling rig, 4 – rotary crane, 5 – living compartment, 6 – helipad, 7 – underarm portal, 8 – main deck [5]

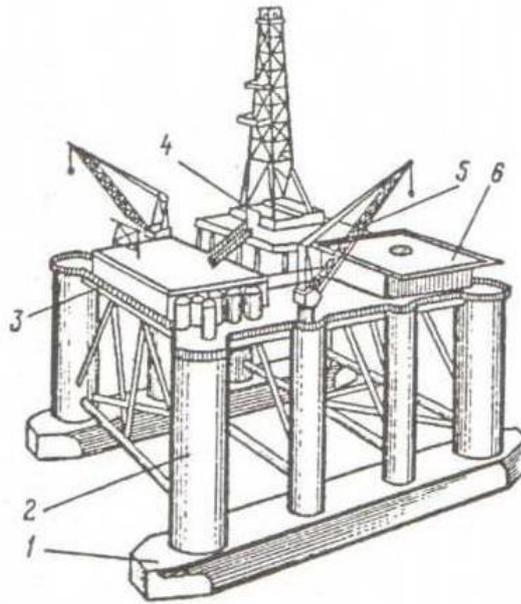


Figure 1.2 – Semi-submersible drilling platform 1 – submerged pontoon, 2 –stabilization column, 3 – upper hull, 4 – drilling rig, 5 – cargo crane, 6 – helipad [5]

For Russia, oil production takes place on the seas where the ice cover is formed. Therefore, it is necessary to use ice-resistant structures, since rod blocks, even with cross-links, do not have sufficient resistance. To resist the lateral loads from the ice pressure, concrete is used, pouring iron supports with it.

### 1.3 Fixed drilling rig supports

The supports are a closed box structure, welded from sheet metal. This design has an average weight of about 30 tons, and the number of welds reaches several hundred. Based on this, the complexity of manufacturing becomes clear. A large number of elements and welds places high demands on the welding device and welding technology.

Automation for the manufacture of this design is problematic due to the large weight, size and complexity of the arrangement of structural elements. Mostly manual or semi-automatic welding is used, but in some cases it is more

profitable to cook extended seams with submerged welding, despite the difficulties of transportation.

The supports are then filled with concrete, but since the concrete is porous, measures are needed to prevent metal corrosion.

Also, the need to ensure ice resistance and the possibility of installation on an uneven and changeable bottom imposes the need to develop special structural elements.

At the moment, three types of supports are used for ice-resistant oil production platforms in the far north [6]:

- with a gravity foundation,
- with a pile foundation, and a
- combined pile-gravity foundation.

Each type of platform has its own advantages of installation on underwater ground. Usually, the choice of the platform type by the designers depends on the seismic properties of the sea on the given site and the complexity of the construction. The design of the columns depends on the type of platform.

An ice-resistant stationary platform with a gravity foundation is a combined structure. The supporting part of the platform consists of a foundation plate, a cone-shaped column and a supporting deck.

In the ice zone, the column has a cylindrical shape, and the cone part is located below this zone. Such a design solution is necessary because of the existing real danger of ice freezing with the support column. In this case, the inclined elements not only completely lose their purpose, but also become dangerous, increasing the contact zone with ice formations.

The support block of the platform with a pile foundation consists of four vertical cylindrical columns rigidly connected to each other by rod structures. Two of the columns have an outer diameter of 15 m, and they contain drilling wells.

To strengthen the structure of the support block and give it ice-resistant characteristics, the annular space of the columns is filled with concrete in the zone

of action of the ice. At the water level, heated ice cutters are installed to prevent the accumulation and freezing of ice.

Pile-gravity platforms are the most complex structurally. The supports have a larger overall thickness of the load-bearing module, but provides improved access to the node connections (better maintainability), makes it possible to place tanks and tanks on the lower level of the beams.

Assembly and welding of metal components is carried out on assembly sites and afloat in the water area of the plant.

#### **1.4 Classification of welding powder wires**

Since the day the carbon arc process to join two pieces of metal was discovered, we have been looking for ways to improve upon the process. At the turn of the century, Oscar Kjellberg developed the first coated electrode. In the 1930's the first inert gas welding process (GTAW) was used as well as the first submerged arc welding (SAW). The main goal in every advancement was to improve first the integrity of the weld and second to improve upon the process itself, to make it faster, more efficient, and more cost effective through higher productivity. In 1948 the solid wire process was developed and this expanded the usage of continuous solid wire applications that were not readily adaptable to the SAW process: i.e. vertical and overhead welding.

Whenever a weld is made, a percentage of the welding consumable is lost to slag, spatter and fume. Deposition efficiency relates to the amount of a consumable that becomes deposited weld metal. The higher the deposition efficiency of a consumable, the lower the amount of that consumable is wasted by not becoming part of the deposited weld metal. Because of the characteristics of a flux-cored wire, slag covering the molten weld puddle, they are efficient in the range of 84-89% depending upon the diameter and slag volume of the particular wire design. Solid MIG wires are highly efficient based on virtually non-existent

slag. Solid MIG wires will typically exhibit efficiencies in the range of 95-98% depending upon the mode of the transfer used. Deposition Efficiency A true “spray” transfer under high Argon shielding gas mixtures will yield the highest deposition efficiency. Metal cored wires with their arc characteristics being similar to solid MIG wires and very low spatter level as well as low slag volume, also exhibit deposition efficiencies in the 92-98% range with the selection of spray transfer mode and high Argon shielding gas mixtures. When solid wires are used in the “short arc” transfer mode or with higher CO<sub>2</sub> content shielding gas, some deposition efficiency will be lost due to the increased spatter level. This is also true with flux cored and metal cored wires. Changes in transfer mode and shielding gas will have an effect on the deposition efficiency. In some high-speed applications, solid MIG wires are used at lower voltages to avoid a large spray column. Using a solid MIG wire at voltages that produce a high spray column could produce undercut, underfill and can prevent the high travel speeds required for productivity. This practice produces a higher level of fine spatter, which decreases the deposition efficiency of the wire. When the same practice is used with metal cored wires, the level of fine spatter is greatly reduced. Along with obtaining a better deposition efficiency, maintenance costs for tooling and equipment can be lower.

Deposition Rate Comparison. The deposition rate of a welding consumable is the measurement of how much weld metal is deposited within a given time period. Deposition rates along with deposition efficiency are the leading determinants of the cost effectiveness of a consumable. Generally expressed as pounds per hour (Kg./hr) flux cored and metal cored wires have some of the highest deposition rates of all of the welding consumables. Flux cored and metal cored wires are capable of having deposition rates as high as 12-14 pounds per hour (5.4-6.4 Kg/hr) for a 0.045” (1.2mm) diameter wire. This compares to a solid MIG wire in the same diameter of 8-10 pounds per hour (3.6-4.5 Kg/hr). The high deposition rates coupled with high deposition efficiencies and low slag volume will allow the metal cored wire to be used at higher travel speeds resulting in increased productivity. A general rule of thumb that has been used is that when a deposition

rate of 9 pounds per hour or greater is achieved with a metal cored wire versus a solid MIG wire, the economics of the weld will show a cost savings in favor of the metal cored wire.

Coupled with increase duty cycle of a consumable is the decrease in removing slag from the weld. This is one of the biggest advantages solid MIG wires have over flux cored wires. Because of the compositional characteristics of the metal cored wires, they also have a very low slag volume like solid MIG wires. The advantage of metal cored wires comes in decreased spatter levels that need to be cleaned from the parent material prior to finishing. In many cases, the small silicon islands formed on the weld are easily removed. Metal cored wires tuned to the proper welding parameters and using high Argon mixes for shielding gas will also have a decrease the amount of spatter.

The real payback for any change in process or welding consumable comes with the economics of the change. How can we do it better, but at a less cost per unit. A common mistake is to try to obtain the incumbent filler metal at a lower price. Because the actual cost of the filler metal for welding is a small percentage of the total, maximum savings are not achieved. When breaking down the actual cost per pound for a deposited weld, the cost of the filler metal only contributes approximately 15% of the total cost. Other factors such as labor and overhead, equipment, electrical cost, deposition efficiency and deposition rates of the filler metal can have a much larger impact. Bottom line with a filler metal is that it is not how much it costs per pound that counts, but how much it costs per pound to use. An analogy to this would be in purchasing paint. Take one brand that costs \$10 per gallon versus another brand that cost \$20 per gallon. If the lower priced paint takes additional coats for coverage and does not cover the same square footage per gallon, any savings in the purchasing price is lost. The same can be true of choosing the correct filler metal to maximize the cost per pound of deposited weld metal.

## **Conclusion**

Many of the world's potential reserves of hydrocarbons lie beneath the sea, and the hydrocarbon industry has developed techniques suited to conditions found in the offshore, both to find oil and gas and to successfully produce it.

Water drilling rigs have increased requirements for their design, especially when they are used in the far north.

Drilling rig supports have a complex structure with a large number of welds. Well-designed production processes and accessories for assembly and welding can significantly reduce the labor intensity of production, and, accordingly, the cost of it.

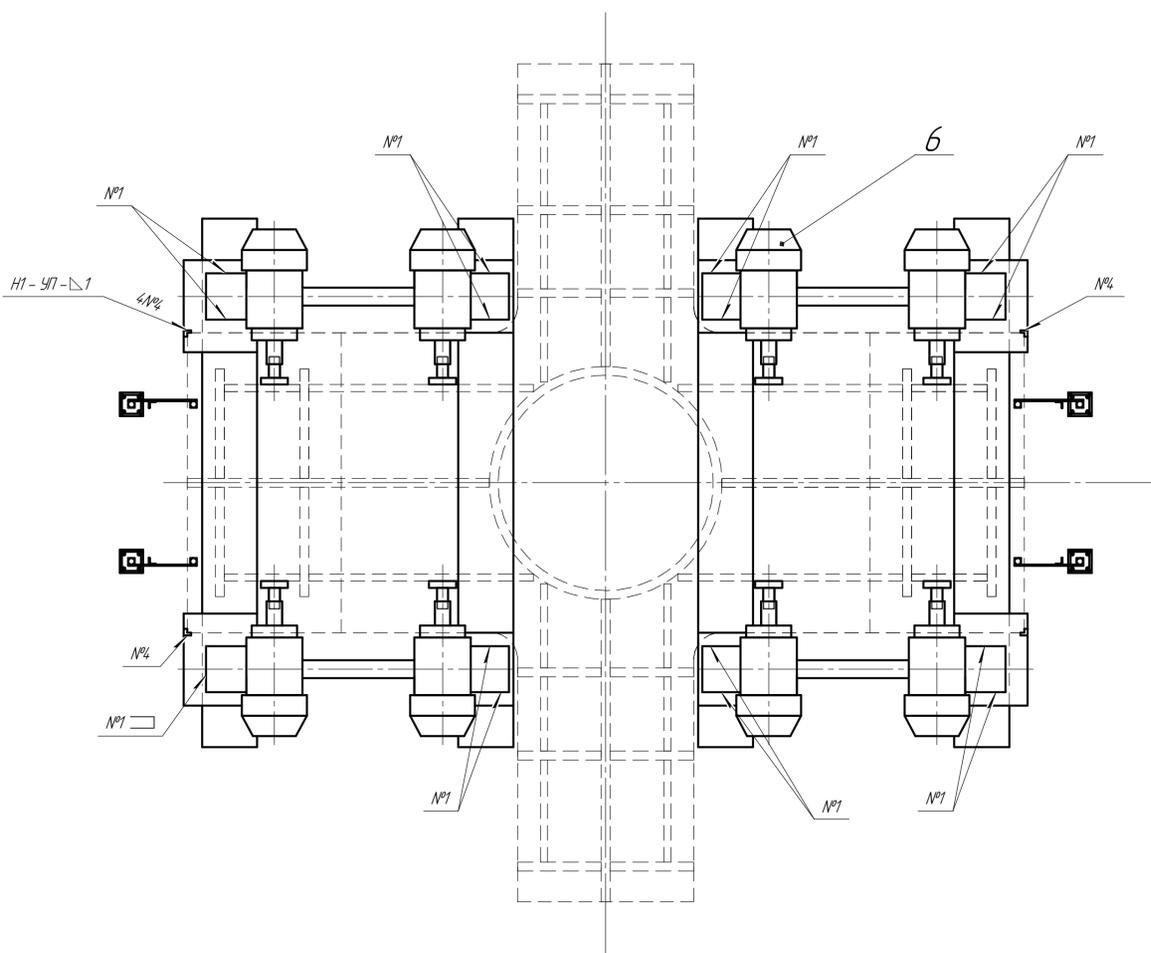
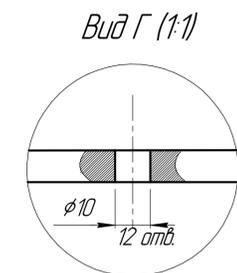
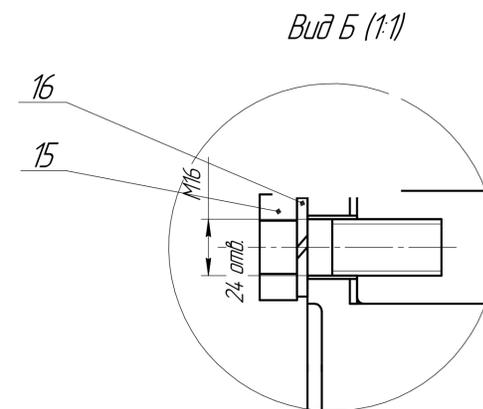
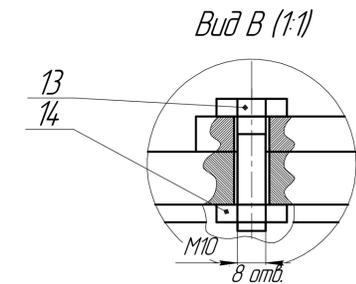
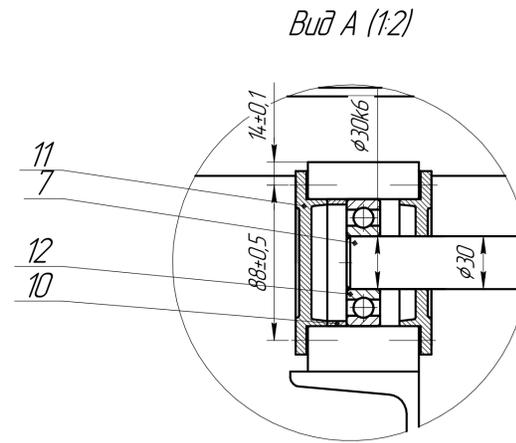
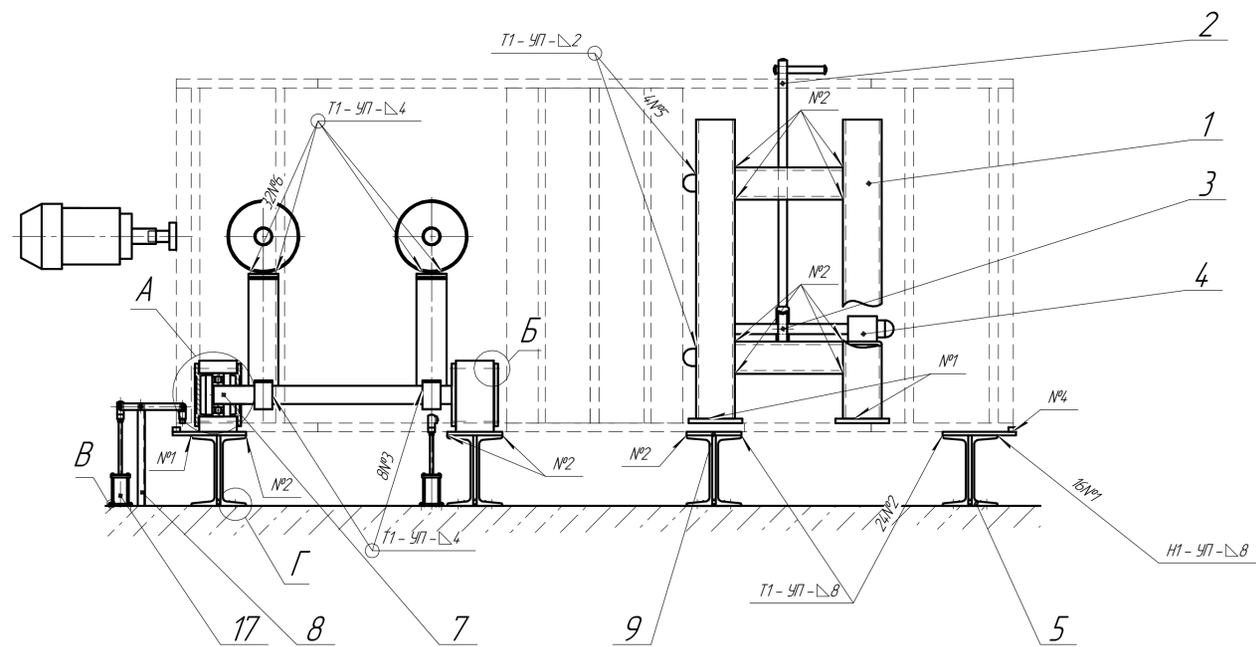
## References

1. T. Mukherjee, J.S. Zuback, A. De, T. DebRoy Printability of alloys for additive manufacturing *Sci. Rep.*, 6 (2016), pp. 1-8
2. B. Baufeld, O. Van der Biest, R. Gault Additive manufacturing of Ti-6Al-4V components by shaped metal deposition: microstructure and mechanical properties *Mater. Des.*, 31 (2010), pp. S106-S111
3. L.E. Murr, E. Martinez, K.N. Amato, S.M. Gaytan, J. Hernandez, D.A. Ramirez, P.W. Shindo, F. Medina, R.B. Wicker Fabrication of metal and alloy components by additive manufacturing: examples of 3D materials science *J. Mater. Res. Technol.*, 1 (2012), pp. 42-54
4. S.W. Williams, F. Martina, A.C. Addison, J. Ding, G. Pardal, P. Colegrove Wire + Arc additive manufacturing *Mater. Sci. Technol.*, 32 (2016), pp. 641-647
5. L. Qian, J. Mei, J. Liang, X. Wu Influence of position and laser power on thermal history and microstructure of direct laser fabricated Ti-6Al-4V samples *Mater. Sci. Technol.*, 21 (2005), pp. 597-605
6. S. Nowotny, S. Scharek, E. Beyer, K.H. Richter Laser beam build-up welding: precision in repair, surface cladding, and direct 3D metal deposition *J. Therm. Spray Technol.*, 16 (2007), pp. 344-348

**Приложение Б**  
(обязательное)

**Комплект технологической документации**





*Технические требования:*

1. Все сварные швы выполнить по ГОСТ14.771-76
2. Все сварные швы выполнить полуавтоматической дуговой сваркой в среде углекислого газа
3. Отклонение линейных размеров по 10 классу точности

|          |            |        |       |                  |                                    |      |       |           |
|----------|------------|--------|-------|------------------|------------------------------------|------|-------|-----------|
|          |            |        |       | ФЮРА.26174.3.250 |                                    |      |       |           |
| Изм.     | Лист       | № док. | Подп. | Дата             | Приспособление для сборки и сварки | Лист | Масса | Масштаб   |
|          |            |        |       |                  | тумбы нефтедобывающей вышки        | у    |       | 1:20      |
| Разраб.  | Клешина АИ |        |       |                  |                                    | Лист |       | Листов 1  |
| Проб.    | Першина АА |        |       |                  |                                    |      |       |           |
| Т.контр. |            |        |       |                  |                                    |      |       |           |
| Н.контр. |            |        |       |                  | СтЗсп                              |      |       | ТГУ ИШНКБ |
| Утв.     |            |        |       |                  | Копирабал                          |      |       | Формат А1 |



|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дцѳл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

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

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

ФЮРА 02190.250

|          |             |  |  |
|----------|-------------|--|--|
| Разраб.  | Клешня А.И. |  |  |
| Проверил |             |  |  |

ТПУ

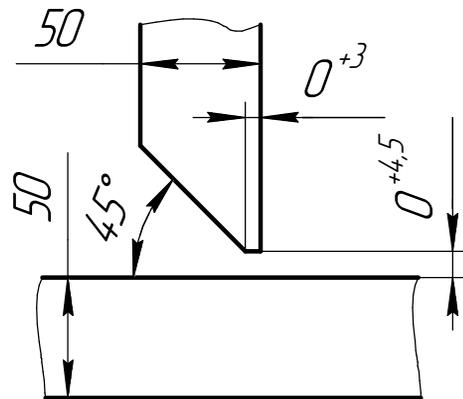
ФЮРА 20190.002

|           |              |  |  |
|-----------|--------------|--|--|
| Н. контр. | Першина А.А. |  |  |
|-----------|--------------|--|--|

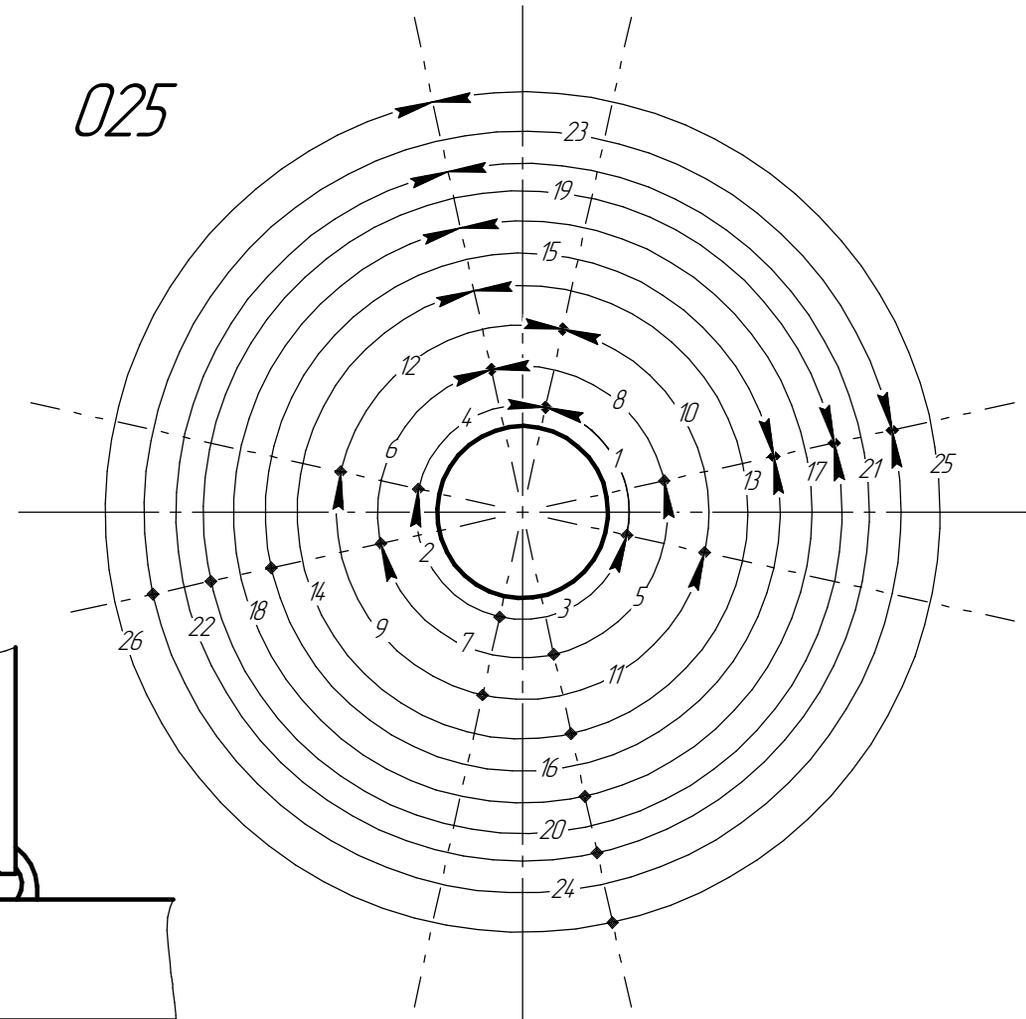
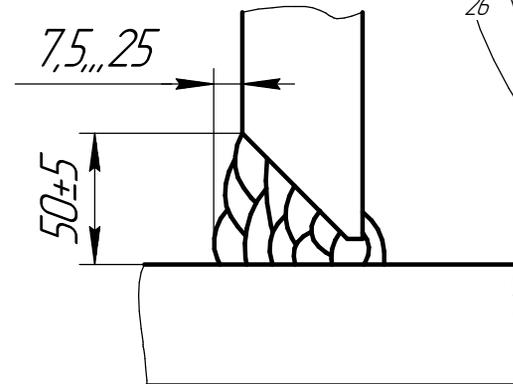
Опора

У

020



025



|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дцбл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

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

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

ФЮРА 02190.250

|          |             |  |  |
|----------|-------------|--|--|
| Разраб.  | Клешня А.И. |  |  |
| Проверил |             |  |  |

ТПУ

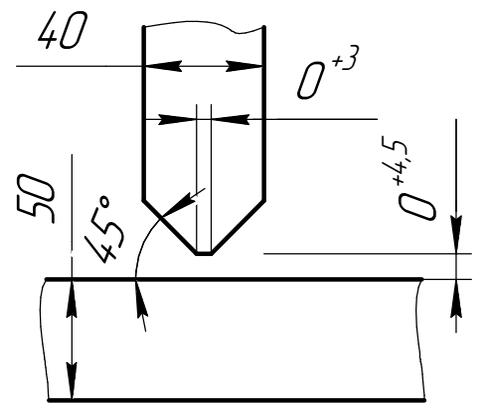
ФЮРА 20190.003

|           |              |  |  |
|-----------|--------------|--|--|
| Н. контр. | Першина А.А. |  |  |
|-----------|--------------|--|--|

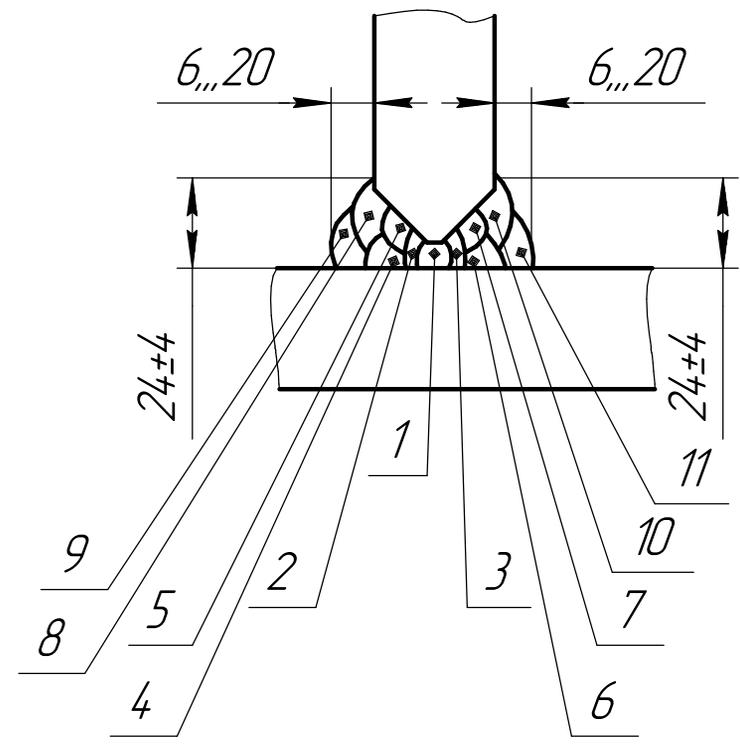
Опора

У

030



035



Швы выполнять от центра к краям

|      |  |  |  |
|------|--|--|--|
| Дцбл |  |  |  |
| Взам |  |  |  |
| Подл |  |  |  |

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

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

ФЮРА 02190.250

|          |             |  |  |
|----------|-------------|--|--|
| Разраб   | Клешня А.И. |  |  |
| Проверил |             |  |  |

ТПУ

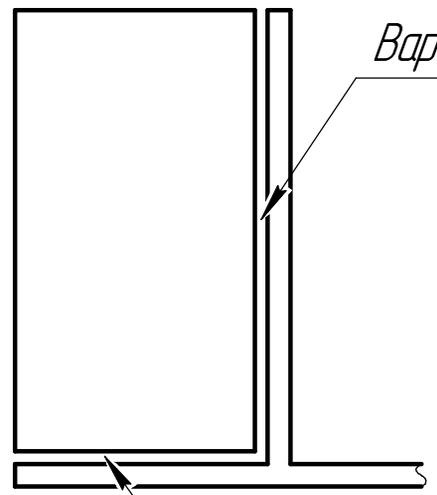
ФЮРА 20190.004

|           |              |  |  |
|-----------|--------------|--|--|
| Н. контр. | Першина А.А. |  |  |
|-----------|--------------|--|--|

Опора

У

045, 050



Варить первым

Варить вторым

