

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделения автоматизации и робототехники

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы                                             |
|---------------------------------------------------------|
| <b>Система управления контактно-стыковочной сваркой</b> |

УДК 004.896:621.791.76

Студент

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 8ЕМ01  | Емельянов Артём Александрович |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность        | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Курганов В.В. | к.т.н., доцент            |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность        | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Былкова Т.В. | к.э.н                     |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность          | ФИО            | Ученая степень,<br>звание   | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------|-----------------------------|---------|------|
| Профессор ООД ШБИП | Федоренко О.Ю. | д-р мед. наук,<br>профессор |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП                                               | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|----------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Заведующий кафедрой<br>– руководитель ОАР на<br>правах кафедры | Филипас А.А. | к.т.н., доцент            |         |      |

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

| Код компетенции                         | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| УК(У)-1                                 | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач                                                                                                                                                                                                      |
| УК(У)-2                                 | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений                                                                                                                                                          |
| УК(У)-3                                 | Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде                                                                                                                                                                                                                                                 |
| УК(У)-4                                 | Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)                                                                                                                                                                                 |
| УК(У)-6                                 | Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни                                                                                                                                                                                         |
| УК(У)-7                                 | Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                            |
| УК(У)-8                                 | Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов                                          |
| УК(У)-9                                 | Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи                                                                                                                                                                   |
| УК(У)-10                                | Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности                                                                                                                                                                                                                                        |
| УК(У)-11                                | Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ОПК(У)-1                                | Способен представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики                                                                                                                                                              |
| ОПК(У)-2                                | Владеет физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем                                                                                                                                                                                                                            |
| ОПК(У)- 3                               | Владеет современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности |

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК(У)-4                            | Готов собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности                                 |
| ОПК(У)-5                            | Способен использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов своей профессиональной деятельности                                                                                                                                                   |
| ОПК(У)-6                            | Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности                                    |
| <b>Профессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ПК(У)-1                             | Способен составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники |
| ПК(У)-2                             | Способен разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования                                                                                                  |
| ПК(У)-3                             | Способен разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий                                |
| ПК(У)-4                             | Способен осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск                                                                                                 |
| ПК(У)-5                             | Способен проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств                                            |
| ПК(У)-6                             | Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем                                                                                           |
| ПК(У)-7                             | Готов участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок                                                                                       |
| ПК(У)-8                             | Способен внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности                                                                                                                                                |
| ПК(У)-9                             | Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем                                                                                                                                              |

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК(У)-10                                         | Готов участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей                                                                                                                                                  |
| ПК(У)-11                                         | Способен производить расчёты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием                    |
| ПК(У)-12                                         | Способен разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями                                                                                       |
| ПК(У)-13                                         | Готов участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний                                                                                             |
| <b>Профессиональные компетенции университета</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ДПК (У)-1                                        | Способен проводить проверку технического состояния оборудования, обоснование экономической эффективности внедрения проектируемых модулей и подсистем мехатронных и робототехнических устройств, настройку системы управления и обработки информации с использованием соответствующих инструментальных средств |

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки – Мехатроника и робототехника  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

|                          |
|--------------------------|
| Магистерской диссертации |
|--------------------------|

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

Студенту:

| Группа | ФИО                           |
|--------|-------------------------------|
| 8ЕМ01  | Емельянов Артём Александрович |

Тема работы:

|                                                  |                       |
|--------------------------------------------------|-----------------------|
| Система управления контактно-стыковочной сваркой |                       |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)      | №47-6/с от 16.02.2022 |

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 05.06.2022 |
|------------------------------------------|------------|

### 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>Объектом исследования является установка контактно-стыковочной сварки</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> | 1. Аналитический обзор работ по теме, установки контактно-стыковочной сварки<br>2. Разработка алгоритма управления установкой контактно-стыковочной сварки<br>3. Подбор оборудования для реализации алгоритма управления<br>4. Расчет и подбор пневматической системы |
| <b>Перечень графического материала</b><br><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1. Внешний вид установки                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br><i>(с указанием разделов)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Раздел</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Консультант</b>                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Былкова Татьяна Васильевна, Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.                                                                                                                                                                                                                  |
| Социальная ответственность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Федоренко Ольга Юрьевна, профессор ООД ШБИП, д-р мед. наук                                                                                                                                                                                                            |
| Раздел на иностранном языке                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Пичугова Инна Леонидовна, Старший преподаватель ОИЯ ШБИП                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Разработка АСУ установкой КСС<br>Description ACS of the butt welding plant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 16.02.2022 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

| Должность        | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Курганов В.В. | к.т.н., доцент         |         | 16.02.2022 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата       |
|--------|-------------------------------|---------|------------|
| 8ЕМ01  | Емельянов Артём Александрович |         | 16.02.2022 |

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – Мехатроника и робототехника

Уровень образования – Магистратура

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 05.06.2022 |
|------------------------------------------|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)                    | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 31.05.2022 г. | Основная часть ВКР                                                       | 60                                 |
| 27.05.2022 г. | Раздел «Социальная ответственность»                                      | 20                                 |
| 27.05.2022 г. | Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | 20                                 |

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

| Должность        | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Курганов В.В. | к.т.н., доцент         |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

| Должность                                                   | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Заведующий кафедрой<br>– руководитель ОАР на правах кафедры | Филипас А.А. | к.т.н., доцент         |         |      |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа              |                                                            | ФИО                           |                                        |
|---------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
| 8ЕМ01               |                                                            | Емельянов Артём Александрович |                                        |
| Школа               | Инженерная школа информационных технологий и робототехники | Отделение (НОЦ)               | Автоматизации и Робототехники          |
| Уровень образования | Магистратура                                               | Направление/специальность     | 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» |

Тема ВКР:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Система управления контактно-стыковочной сваркой                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Введение</b><br>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения                                                                                                                                                                   | Объект исследования – Автоматическая установка контактно-стыковой сварки.<br>Рабочая зона – производственное помещение с вентиляцией. Технический процесс включает в себя следующие виды работ: сварка деталей стыковым методом, под действием тока, работу с оборудованием. Площадь отапливаемого помещения 20 м <sup>2</sup> , освещение смешанное, наличие ПК и рабочего стола оператора.<br>Области применения – производственные помещения.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b><br>–специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;<br>–организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | – СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха<br>– СНиП 23-05-95* с СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение<br>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования<br>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)<br>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.<br>– ГОСТ 23000-78. Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования.<br>– ГОСТ EN 894-1-2012. Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 1. Общие руководящие принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления.<br>– ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.<br>– ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация<br>– СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".<br>– 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<br>– ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»<br>– ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность<br>– ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность |

|                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                         | – СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b><br>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов<br>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | Вредные факторы:<br>– повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;<br>– повышенный уровень шума;<br>– недостаточная освещенность рабочих мест;<br>– воздействие электромагнитного излучения.<br>Опасные факторы:<br>– опасность поражения электрическим током;<br>– опасность нанесения механической травмы;<br>– опасность возникновения возгораний и пожаров;<br>– подвижные элементы производственного оборудования.<br><br><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b><br>Использование защитных костюмов, перчатки, защитные ограждения, виброизолирующая обувь.<br><b>Расчет:</b> расчет системы заземления |
| <b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>                                                                                                                  | – выброс диоксида серы, оксида углерода и шестивалентного хрома<br>– Воздействие на селитебную зону шума и электромагнитных излучений.<br>– Воздействие на литосферу при утилизации составных элементов системы (провода, микроконтроллеры, двигатели, датчики)<br>– Воздействие на гидросферу, влияние выбросов на поверхностные воды<br>– Воздействие на атмосферу углекислого газа и вредных веществ.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>                                                                                                       | – Наиболее вероятная ЧС – пожар в помещении. – Вероятная ЧС<br>– землетрясение и как результат выход из строя системы позиционирования.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

**Задание выдал консультант:**

| Должность          | ФИО                     | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|--------------------|-------------------------|------------------------|---------|------------|
| Профессор ООД ШБИП | Федоренко Ольга Юрьевна |                        |         | 15.02.2022 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата       |
|--------|-------------------------------|---------|------------|
| 8ЕМ01  | Емельянов Артём Александрович |         | 15.02.2022 |

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

Студенту:

| Группа | ФИО                              |
|--------|----------------------------------|
| 8ЕМ01  | Емельянову Артёму Александровичу |

| Школа               | ИШИТР        | Отделение школы (НОЦ)     | ОАР                                  |
|---------------------|--------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | 15.04.06 Мехатроника и робототехника |

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

|                                                                                                                                      |                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Стоимость ресурсов НИ определялась по средней стоимости по г. Томску; оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           | Расходование ресурсов осуществляется в соответствии с установленными нормами НИ ТПУ и ФЗ РФ от 2022 г.                    |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | Отчисления в социальные внебюджетные фонды 30%                                                                            |

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

|                                                                                                             |                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ                                                     | провести предпроектный анализ                          |
| 2. Разработка устава научно-технического проекта                                                            | представить Устав научного проекта магистерской работы |
| 3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | составить план управления научно-техническим проектом  |
| 4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности                                           | оценить эффективность использования результатов ВКР    |

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

|                                                     |
|-----------------------------------------------------|
| 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ            |
| 2. Сегментирование рынка                            |
| 3. Оценка конкурентоспособности технических решений |
| 4. Матрица SWOT                                     |
| 5. График проведения и бюджет НТИ                   |
| 6. Оценка ресурсной, финансовой эффективности НТИ   |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| Должность        | ФИО                       | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Былова Татьяна Васильевна | к.э.н.                 |         | 16.02.2022 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата       |
|--------|-------------------------------|---------|------------|
| 8ЕМ01  | Емельянов Артём Александрович |         | 16.02.2022 |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 124 страниц, 14 рисунков, 43 таблиц, список использованных источников 35.

Ключевые слова: сварка, установка, алгоритм, программируемый логический контроллер, ковочное усилие, сварочный ток, оплавление.

Объектом исследования является установка контактно-стыковочной сварки.

Цель работы – разработка системы управления установкой контактно-стыковочной сварки.

В процессе исследования был произведен литературный обзор по предметной области исследования,

В результате исследования были выделены составные части установки, разработан алгоритм управления, составлен список сигналов управления, структурная схема управления и выполнен подбор оборудования.

Степень внедрения: разработанный алгоритм управления, работает и готов к дальнейшей модернизации, для расширения возможностей установки.

Область применения: промышленные и строительные объекты, сварка арматуры, труб и прочего материала.

В рамках дальнейшего развития проекта, планируется добавить возможность выбора режимов сварки для различных деталей и заготовок. Что позволит расширить функциональные возможности установки.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                   | 14 |
| 1 УСТАНОВКИ КОНТАКТНО-СТЫКОВОЙ СВАРКИ.....                                      | 15 |
| 1.1 Применение контактно-стыковой сварки при строительстве....                  | 15 |
| 1.2 Основные виды контактно-стыковой сварки.....                                | 17 |
| 1.3 Точечная сварка .....                                                       | 17 |
| 1.4 Стыковая сварка.....                                                        | 18 |
| 2 КЛАССИФИКАЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ МАШИН КОНТАКТНО-СТЫКОВОЙ СВАРКИ .....              | 20 |
| 2.1 Техническая характеристика объекта автоматизации .....                      | 20 |
| 2.2 Анализ технологического процесса .....                                      | 21 |
| 3 ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ КОНТАКТНО-СТЫКОВОЙ СВАРКИ                                  | 24 |
| 3.1 Устройство и принцип действия установки.....                                | 24 |
| 3.2 Алгоритм работы установки КСС.....                                          | 25 |
| 3.3 Работа установки.....                                                       | 26 |
| 4 РАЗРАБОТКА АСУ УСТАНОВКОЙ КСС.....                                            | 33 |
| 4.1 Назначение и функции системы.....                                           | 33 |
| 4.2 Иерархическая структура системы управления .....                            | 36 |
| 4.3 Программно-технический комплекс АСУ установкой КСС.....                     | 39 |
| 4.4 Датчики и исполнительные механизмы установки КСС.....                       | 48 |
| 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....                                               | 67 |
| 5.1 Введение .....                                                              | 67 |
| 5.2 Характеристика объекта исследования .....                                   | 68 |
| 5.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....            | 69 |
| 5.4 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя ..... | 70 |
| 5.5 Производственная безопасность .....                                         | 74 |
| 5.6 Микроклимат.....                                                            | 75 |

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.7 Опасность поражения электрическим током .....                                                               | 80  |
| 5.8 Опасность нанесения механической травмы .....                                                               | 80  |
| 5.9 Пожарная безопасность .....                                                                                 | 80  |
| 5.10 Обоснование мероприятий по снижению уровней<br>воздействия опасных и вредных факторов на работающего ..... | 81  |
| 5.11 Мероприятия по охране окружающей среды .....                                                               | 87  |
| 5.12 Аварийная ситуация .....                                                                                   | 88  |
| 6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ<br>И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....                                      | 91  |
| 6.1 Предпроектный анализ .....                                                                                  | 91  |
| 6.2 Инициация проекта .....                                                                                     | 94  |
| 6.3 Планирование управления научно-техническим проектом .....                                                   | 94  |
| 6.4 Бюджет научного исследования .....                                                                          | 99  |
| 6.5 Оценка сравнительной эффективности исследования .....                                                       | 102 |
| Заключение .....                                                                                                | 105 |
| Список использованных источников .....                                                                          | 106 |
| 4 DESCRIPTION ACS OF THE BUTT WELDING PLANT .....                                                               | 110 |
| 4.1 Purpose and functions of the system .....                                                                   | 110 |
| 4.2 Hierarchical structure of the control system .....                                                          | 113 |
| 4.3 Software and hardware complex of the ACS by the CJW installation                                            |     |
| 115                                                                                                             |     |

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время системы контактно-стыковой сварки часто применяются в строительстве и промышленном производстве. Это обусловлено возможностями, которыми можно воспользоваться, при правильной автоматизации этого процесса. В качестве таких преимуществ выступает: время сварки (одно сварное соединение выполняется в течении 1 секунды), качество сварного соединения, от оператора не требуется высокой квалификации в области сварки, возможность сварки деталей любых форм и металлов.

Автоматизация процесса КСС позволяет получить максимальное качество сварки деталей, для минимизации брака и ошибок со стороны человека.

Использование промышленных контроллеров, позволяет запрограммировать установку в различных режимах работы. В будущем это позволит выполнять модернизацию установки в кратчайшие сроки, с минимальными временными затратами.

# **1 УСТАНОВКИ КОНТАКТНО-СТЫКОВОЙ СВАРКИ**

## **1.1 Применение контактно-стыковой сварки при строительстве**

В настоящее время при строительстве зданий и сооружений из железобетонных конструкций, очень часто сталкиваются с задачей увеличение длины арматуры с помощью различных соединений непосредственно на строительной площадке. Это связано с максимальной длиной арматуры 12 метров, которую выпускает металлургические заводы. Для соединения используются различные способы электросварки.

Одним из способов такой электросварки является дуговая сварка.

Для дуговой сварки характерно наличие дуги, которая возникает при касании электродом к стальному предмету. Через точку касания протекает ток, который разогревает металл до высокой температуры. При попытке оторвать электрод от предмета, возникает электрическая дуга. В результате дугообразования происходит перенос материала электрода в место сварки (соединения стальных изделий).

Дуговая сварка является одним из самых распространенных видов сварки, применяемых для соединений различных металлических изделий, в том числе и арматуры. Для её реализации отечественными и зарубежными предприятиями производится огромное количество сварочных аппаратов, от ручных до полностью автоматических, от бытовых до профессиональных. Качество сварных швов при такой сварке определяется профессиональной подготовкой и квалификацией сварщика, а так же возможностями сварочного аппарата.

Наряду с дуговой сваркой широкое применение нашла контактно-стыковая сварка (КСС). Контактно-стыковая сварка это процесс соединения различных деталей по всей линии (плоскости) их соприкосновения путём нагрева. На текущий момент времени КСС является одним из перспективных способов реализации прочных соединений арматуры. Одним из преимуществ КСС от других видов сварки является стабильная прочность сварных соединений, отсутствие дополнительных расходных материалов, таких как сварочные электроды. Контактно-стыковая сварка, в отличие от дуговой,

проходит в полностью автоматическом режиме, что исключает человеческий фактор и не требует высокой сварочной специализации, оператора обслуживающего установку.

Испытания прочности сварных соединений, выполненных КСС, доказали свою эффективность и соответствие государственным стандартам. При проверке прочности сварных соединений, механическое разрушение металла происходило вне зоны сварки (см. рисунок 1.1).

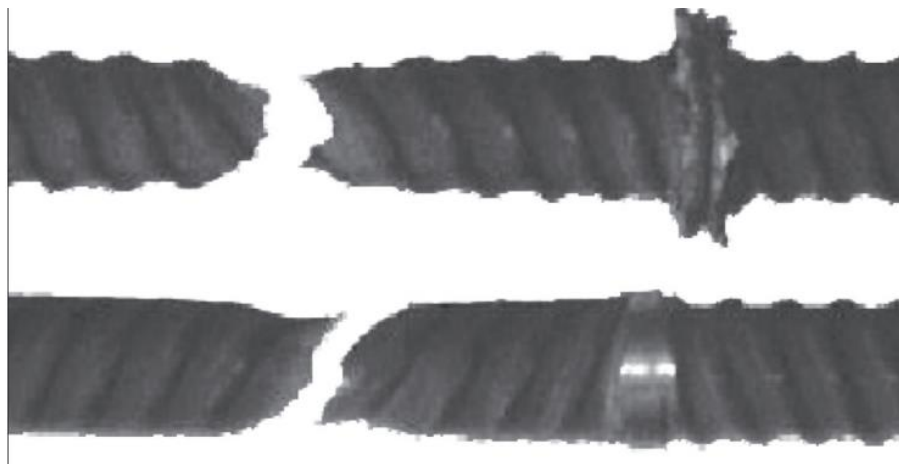


Рисунок 1.1 – Пример разрыва металлической арматуры после испытаний на растяжение

Ведущим предприятием в области электросварки является институт имени академика Евгения Оскаровича Патона Национальной академии наук Украины (НАН Украины)

В этом институте разработана технология КСС стержневой арматуры непосредственно на строительной площадке. Для этого был спроектирован передвижной комплекс КСС на строительной площадке. Испытания, которые проводились для проверки качества сварного соединения, показали, что они полностью соответствуют действующим нормативным документам. Основным элементом КСС является источник питания, который обеспечивает ток через свариваемые изделия, и качество которого во многом будет определять качество сварных швов.

Основными требованиями к установке является низкая электрическая мощность, максимально возможную защите от окружающей среды, компактность и мобильность.

Выводы по эффективности КСС на строительной площадке:

1. Привычные способы сварки, используемые на строительной площадке, требуют высокой квалификации сварщика. Процесс занимает больше времени, имеется высокая степень брака.
2. КСС выполняется в автоматическом режиме, от оператора не требуется высокой квалификации. Количество брака минимальное, время сварки значительно меньше, чем при аналогичной сварке дуговым способом.
3. КСС позволяет повысить производительность труда, сократить время сварки, снизить человеческий фактор.
4. Результаты реализации данной технологии показали перспективность развития данной технологии в будущем [1].

## **1.2 Основные виды контактно-стыковой сварки**

Контактно-стыковая сварка – это основной способ сварки под действием сжатия, при котором связь между деталями образуется вследствие нагрева электрическим током места контакта и сжатия свариваемых деталей в зоне контактирования.

КСС позволяет достичь высокой производительности, при этом требует больших затрат на электрическую энергию.

Одно из основных преимуществ – это уменьшение человеческого фактора, за счет автоматизированного процесса. Возможность полной автоматизации процесса сварки позволяет встраивать подобные автоматы в поточные сварочные линии.

Виды сварочных соединений подразделяются на следующие типы [2].

## **1.3 Точечная сварка**

Точечная сварка выполняется под действием сжатия заготовок между двумя электродами, которые соединяются со вторичной обмоткой

трансформатора. После питание подаётся на первичную обмотку трансформатора.

Это вызывает сварочный ток во вторичной обмотке, токопроводах и сварочных деталях. Под действием сварочного тока металл, находящийся между электродами, начинает расплавляться, при достижении определенного объёма расплавленного металла, трансформатор выключается, металл остывает и происходит сваривание деталей.

Точка сварного соединения называется ядром сварного соединения, высота и диаметр которого определяется по макрошлифу, выполненному по разрезу сварного соединения в плоскости оси электродов. Часто такое сварное соединение называется точкой. Прочность точечного соединения зависит от размера ядра и режима сварки.

Режим сварки – это совокупность параметров сварочной установки, которые определяют на сколько качественным в конечном итоге, получилось сварное соединение [2].

К основным параметрам точечной сварки относятся:

- усилие создаваемое электродами при сварке;
- ток сварки;
- время сварки;
- диаметр плоскости рабочей поверхности.

#### **1.4 Стыковая сварка**

Производится под действием сварочного тока и стыковкой деталей усилием сжатия, по всей их площади соединения деталей

В отличие от других видов сварки при стыковой сварке, детали зажимаются в зажимах с усилием сжатия в 1,5-2 раза превышающим стыковое усилие. Существует два вида стыковой сварки: оплавлением и сопротивлением.

При стыковой сварке сопротивлением к сварочным деталям прилагается не большое давление, которое повышается к концу нагрева. Сварочный ток протекает только тогда, когда возникает контакт между свариваемыми деталями.

Температура плавления металла необходимая для качественного стыкового соединения методом сопротивления, составляет 0,8 от температуры плавления. Во время сварки образуются оксиды на поверхностях сварных соединений. Оксиды убираются путём деформации. Интенсивность деформации в стыке, зависит от величины осадки к толщине свариваемых деталей, а так же от степени локализации деформации в стыке.

Для облегчения создания качественного сварного соединения без расплавления углеродистых сталей и улучшения качества соединений необходимо применять защитные или восстановительные газы. Это позволяет уменьшить величину осадки и малое утолщение металла в месте сварки.

Стыковая сварка оплавлением осуществляется после предварительного нагрева свариваемых деталей.

При КСС методом непрерывного оплавления, от трансформатора тока на зажимы установки необходимо подать сварочный ток, параллельно с этим необходимо реализовать сближение деталей. Детали в движение приводятся под действием подвижного механизма. При соединении свариваемых деталей на их торцах образуются расплавленный металл, который расплавляется под действием тока, и брызгами вылетает из места стыка. После с установки ток, и металлу дается остыть, после остывания усилие сжатия снимается, место стыка застывает и образуется сварное соединение [2].

## **2 КЛАССИФИКАЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ МАШИН КОНТАКТНО-СТЫКОВОЙ СВАРКИ**

Машины общего назначения позволяют выполнять сварку деталей различных форм, толщины и металлов.

Машины специального назначения – предназначены только для деталей конкретных форм. Например: агрегаты для сварки строительной арматуры, машины для металлических труб и листового материала, машины для сваривания контактов разъединителей автоматических выключателей, для сваривания труб и металлов различных форм и т.д.

### **2.1 Техническая характеристика объекта автоматизации**

Процесс образования прочного соединения, образующегося под действием тока в результате оплавления металла называется – контактная сварка.

Процесс сваривания деталей происходит в условиях высоких температур, большая скорость нагрева приводит к деформации сварного соединения рисунок 2.1, которые в свою очередь создают особенные трудности, изучения процессов сварки.

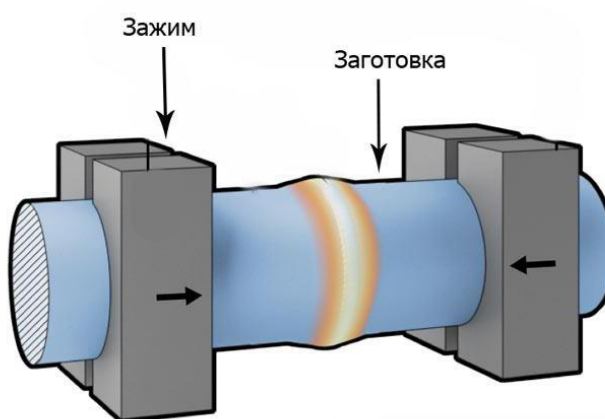


Рисунок 2.1 – Деформация металла при контактной сварки деталей

На поверхности свариваемого металла имеются пленки оксидов и загрязнения с малой электропроводимостью, которые также увеличивают электросопротивление контакта. В результате в точках контакта металл

нагревается до термопластического состояния или до оплавления. При непрерывном сдавливании нагретых заготовок образуются новые точки соприкосновения, пока не произойдет полное сближение до межатомных расстояний, т. е. сварка поверхностей.

На сегодняшний день сварочные машины для сваривания деталей, материалов и профильных поверхностей – это технически сложные и мощные установки, для выполнения обширного круга работ. Чаще всего они имеют не компактную конструкцию, занимающую небольшое количество пространства. Это позволяет облегчить транспортировку установок не только между объектами, но и по производственным площадям.

Комплектация большинства установок состоит из электрической части, механической, пневматической и гидравлической. Функционал установок зависит от мощности, типа и размера деталей.

В роли электрической части установки выступает силовой трансформатор тока и источник питания, совместно они позволяют обеспечить необходимые параметры для реализации процесса сварки.

В роли механической части установки выступают ряд подвижных элементов, осуществляющих перемещение заготовок.

К системам пневматики и гидравлики станков и машин для контактной стыковой сварки относятся многочисленные устройства, а именно – краны, клапаны, распределительные устройства, пневмоприводы, штуцеры, манометры, фильтры, вентили, шланги. Управление агрегатами выделяется в самостоятельную электронную часть, состоящую из сложных элементов. В нее включены микропроцессоры, приводы сжатия и узлы, отвечающие за формирование силовых нагрузок [5].

## **2.2 Анализ технологического процесса**

Установка КСС представляет собой технически сложную электромеханическую систему, находящуюся под воздействием различных

внешних технологических факторов. Основными факторами, определяющими его специфику, являются:

- перекося заготовок при транспортировке по конвейерной линии;
- дисбаланса заготовки при приложении сварочного усилия;
- неравномерное распределение сил сопротивления при выполнении сварки;
- отклонение при позиционировании заготовки в сварочной камере.

В области автоматизации сварочного производства актуальной остается проблема совершенствования гибких производственных систем с использованием на рабочих местах как одиночных, так групповых, которые в автоматическом режиме решают задачи сборки, загрузки, сварки и выгрузки с рабочего места готовой продукции. Успешное выполнение этих операций неосуществимо без средств автоматизации.

При оснащении установки КСС комплексами автоматизированного оборудования необходимо учитывать специфику требований к нему при автоматизированной сварке. Высокий уровень адаптации, правильно подобранное сварочное оборудование и механизмы управления, гарантируют качественную работу гибких производственных систем в автоматических линиях при роботизированной сварке.

Автоматизация установки КСС позволяет решать множество задач. Установив на элементах сварочной линии специальные устройства можно:

- собирать и хранить информацию о состоянии оборудования;
- пересылать информацию в систему диспетчеризации;
- управлять технологическими параметрами работы установки КСС и пр.

Техническая реализация на основе системы мониторинга и контроля процесса сварки сводится к дополнительной разработке специального программного обеспечения для промышленного компьютера, входящего в аппаратуру управления современными машинами КТС, и оснащения машины системой датчиков обратных связей [3].

### **2.3 Цель и задачи выпускной квалификационной работы**

Целью настоящей ВКР является разработка автоматизированной системы управления установкой контактно-стыковой сварки.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ особенностей контактно-дуговой сварки, реализуемой установке;
- сформулировать функции системы управления;
- разработать алгоритм работы установки;
- провести выбор технических средств, включая датчики и исполнительные механизмы, программно-логический контроллер;
- выбор технических средств подтвердить необходимыми расчетами;
- разработать структурную схему системы управления установкой.

При разработке необходимо учитывать, что весь процесс полностью является автоматическим, участие человеком необходимо только для устранения аварийных ситуаций.

Ручной режим управления предусмотреть только для устранения аварийных ситуаций.

## ЗОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ КОНТАКТНО-СТЫКОВОЙ СВАРКИ

### 3.1 Устройство и принцип действия установки

Установка в процессе работы выполняет две базовые функции — нагрев и создание ковочного усилия соединяемых заготовок. Устройство установки зависит от того, каким именно способом будет осуществляться процесс сварки.

Установка имеет две основные конструктивные части — электрические особенности и механические.

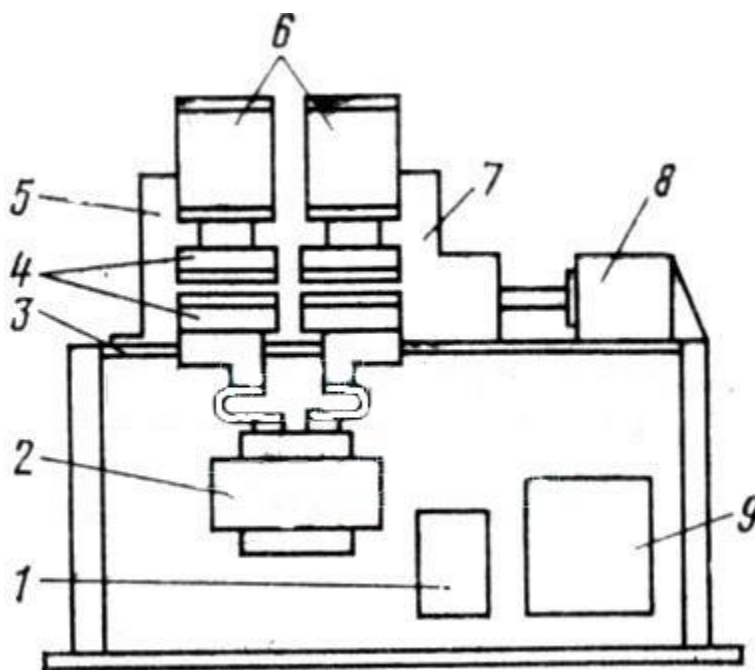


Рисунок 3.1 – Механическое устройство установки контактно-стыковой сварки

Механическая особенность установки, представленной на рисунке 3.1, состоит из станины 3 с направляющими, неподвижной 5 и подвижной 7 плит. На каждой из плит установлены приводы 6 зажатия свариваемых деталей с губками 4. Подвижная плита 7 соединена с приводом подачи и осадки 8. Станина 3 воспринимает большие усилия зажатия и осадки и должна без деформаций обеспечить соосность деталей в процессе сварки.

Электрическая часть установки состоит из сварочного трансформатора 2, переключателя ступеней 1, контактора 9 и аппаратуры управления. Вторичный контур здесь проще, чем у машин других типов, он включает гибкие шины и колодки трансформатора, соединенные с губками. У большинства машин

вертикально перемещаются верхние губки, обеспечивая зажатие свариваемых деталей.

Пригодность той или иной машины для сварки конкретных деталей определяют по ее основным параметрам.

Номинальный сварочный ток — ток во вторичном контуре, который можно получить при сварке деталей заранее установленной марки металла и толщины при номинальных размерах рабочего пространства машины.

Если машина предназначена для сварки металлов с высоким электросопротивлением (сталей, титана), то номинальный сварочный ток составляет в зависимости от типа машины 0,9-0,7 тока короткого замыкания (электроды машины замкнуты без деталей). Если машина предназначена для сварки легких сплавов, то номинальный сварочный ток практически равен току короткого замыкания [4].

### **3.2 Алгоритм работы установки КСС**

Установка КСС работает в автоматическом/автоматизированном режиме.

Процесс сварки выполняется автоматически, процесс загрузки компонентов сварки выполняется оператором.

Непосредственно процессу сварки предшествует процесс инициализации, в котором оператор вводит свои индивидуальные данные с экрана монитора, получает допуск на доступ в систему, вводит идентификационные признаки свариваемой партии изделий.

Внешний вид установки КСС представлен на рисунке 3.2.

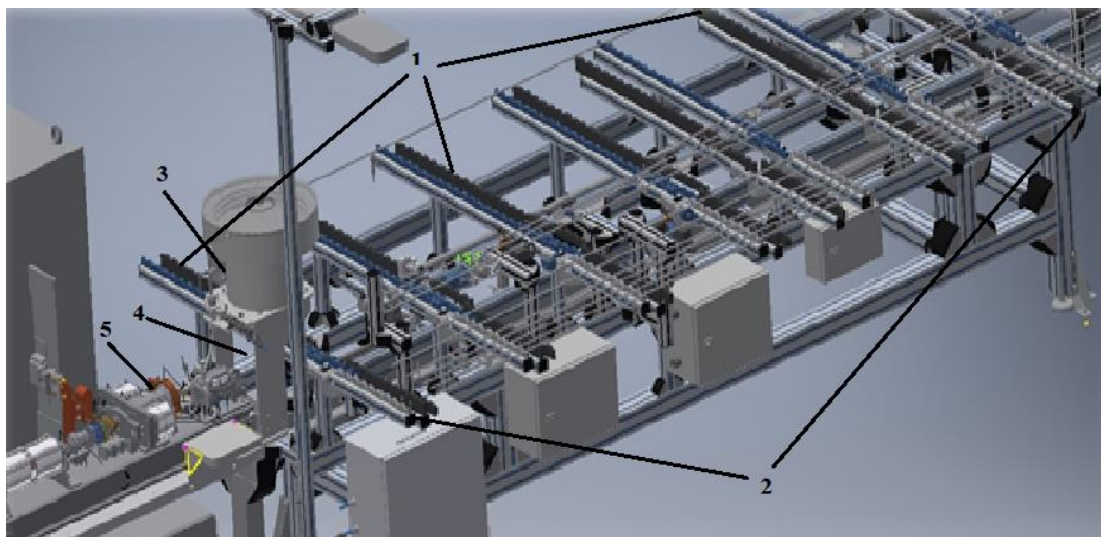


Рисунок 3.2 – внешний вид установки контактно-стыковой сварки

Установка состоит из следующих элементов:

- бункер-накопитель;
- рама-транспортер для подачи циркониевых трубок в зону сварки;
- подающее устройство наконечников;
- ролики для осевого перемещения циркониевых трубок в зону сварки;
- камера сварки, в которую подаётся газ для сварки;
- прижимные губки для уменьшения зазоров при подачи ковочного усилия;
- пневмоприводом для создания ковочного усилия;
- электроды сварочной установки для подачи сварочного тока, на наконечник и трубку.
- источник питания для генерации сварочного тока.

### 3.3 Работа установки

1 Установка состоит из бункера-накопителя, в котором находятся циркониевые трубки, они подаются на специальную подвижную раму, которая выполняет функцию конвейера для подачи трубок на этап сварки.

Если при перемещении трубок появляется отклонение от заданной программы, выдается ошибка на пульт оператора, процесс сварки останавливается.

2 Наконечник отсоединяется от партии наконечников, ориентируется хвостовиком по оси загрузки (в сторону электрода) и располагается на одной оси с циркониевой трубкой и сварочной камерой меж загрузочным отверстием сварочной камеры и торцом трубы. Нахождение наконечника на позиции загрузки фиксируется в системе, при его отсутствии процесс останавливается, выдается ошибка процесса.

3 Механизм продольного передвижения трубы (ролики для перемещения трубки по оси сварки) перемещает ее в сторону загрузочного отверстия камеры. Торец трубы, добравшись до наконечника, продвигает его в сварочную камеру до упора в наконечник и держит его в этом состоянии за счет осевого усилия агрегата продольного передвижения трубы. При непопадании наконечника в электрод процесс останавливается, выдается ошибка процесса.

4 Активируется пневмопривод электрода наконечника, происходит сжатие электродов наконечника и трубки, это позволяет убрать существующие зазоры и люфт, происходит центрирование относительно оси сварки.

5 Активируется пневмопривод электрода трубы, центрирует ее относительно оси камеры и обеспечивает плотный электрический контакт между электродом наконечника и трубкой, агрегат продольного передвижения переводится в состояния готовности к выгрузке трубы.

6 Активируется приспособление жесткой фиксации трубы относительно станины, гарантируя отсутствие дисбаланса трубы при приложении сварочного усилия.

7 Включается продувка сварочной камеры защитным газом (гелием). Сначала подключается пневмопривод сварочного усилия. Сварочное усилие прикладывается к свариваемым деталям, конфигурация сварочного усилия фиксируется в системе; при несовпадении установленным данным процесс останавливается и выдается авария.

8 После приложения сварочного усилия происходит нейтрализация зазоров в кинематических цепях и холодная осадка свариваемых деталей. Это положение оценивается в системе как равновесное для последующего отсчета

перемещения наконечника при вхождении сварочного тока и горячей осадке. Расхождение нулевого положения от заданного является недопустимым. Процесс останавливается и авария.

9 После продувки сварочной камеры включается сварочный ток, амплитуда и длительность сварочного тока фиксируются системой. В случае расхождения от установленных значений процесс останавливается и выдается авария.

10 При прохождении сварочного тока происходит нагрев наконечника и трубы, металл в зоне сварки становится более пластичным чем в холодном состоянии, но не расплавляется, и под действием сварочного усилия труба начинает передвигаться, впаиваясь в наконечник. Происходит горячая осадка.

11 На стадии снятия сварочного тока, сварочный стык охлаждается, возрастает противодействие осадке и передвижение наконечника произвольно прекращается без снятия сварочного усилия. Точка останова наконечника фиксируется в системе и вычисляется расстояние передвижения наконечника после нулевого положения. При расхождении от установленных значений перемещения процесс останавливается и выдается уведомление диспетчеру.

12 После охлаждения сваренного изделия в течение 2 сек. выключается продувка сварочной камеры, снимается сварочное усилие, приводы электродов и добавочного зажима возвращаются в изначальное положение.

13 Сваренное изделие механизмом продольного перемещения выгружается из камеры в устройство загрузки-выгрузки.

На основе анализа алгоритма был составлен перечень входных/выходных, аналоговых/дискретных сигналов.

Этот перечень приведён в таблицах 3.1 – 3.3

В таблице 3.1 представлен перечень входных аналоговых сигналов. Для каждого сигнала представлено:

- наименование сигнала;
- позиционное обозначение;
- диапазон измерения;

- тип сигнала датчика;
- адрес сигнала в системе управления (модуль ввода/вывода – канал ввода/вывода).

В таблице 3.2 представлен перечень входных дискретных сигналов. Для каждого сигнала представлено:

- наименование сигнала;
- позиционное обозначение;
- тип сигнала;
- источник сигнала.

В таблице 3.3 представлен перечень выходных аналоговых сигналов. Для каждого сигнала представлено:

- наименование сигнала;
- позиционное обозначение;
- тип сигнала;
- исполнительное устройство;
- адрес сигнала в системе управления.

В таблице 3.4 представлен перечень выходных дискретных сигналов. Для каждого сигнала представлено:

- наименование сигнала;
- позиционное обозначение;
- тип сигнала;
- исполнительное устройство;
- адрес сигнала в системе управления.

Таблица 3.1 - Перечень входных аналоговых сигналов

| № | Наименование параметра          | Поз. обозн.  | Диап. измер. | Ед. измер. | Сигнал датчика | Модуль/ канал | Примечание                      |
|---|---------------------------------|--------------|--------------|------------|----------------|---------------|---------------------------------|
| 1 | Абсолютное линейное перемещение | SQN1 (SQ108) | 0 – 15       | мм         | 0 – 10В        | AI1/1         | Преобразователь положения РФ256 |
| 2 | Сварочное усилие при сварке     | BP1 (SQ107)  | 0 – 1        | т          | 2 мВ/В         | AI1/2         | Тензодатчик MNC-1T              |
| 3 | Давление гелия в зоне сварки    | P2           | 0 – 0.6      | МПа        | 4 – 20мА       | AI2/2         |                                 |
| 4 | Давление воздуха в системе      | P4           | 0 – 0.6      | МПа        | 4 – 20мА       | AI2/3         |                                 |

Таблица 3.2 - Перечень входных дискретных сигналов

| №  | Наименование сигнала                               | Поз. обоз н. | Тип сигнала ввода | Источник         | Модуль/канал |
|----|----------------------------------------------------|--------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1  | Наличие трубы на входной позиции точка 1           | SQ1          | PNP               | Датчик положения | DI1/1        |
| 2  | Наличие трубы на входной позиции точка 2           | SQ2          | PNP               | Датчик положения | DI1/2        |
| 3  | Наличие трубы на позиции сварки точка 1            | SQ8          | PNP               | Датчик положения | DI1/3        |
| 4  | Наличие трубы на позиции сварки точка 2            | SQ9          | PNP               | Датчик положения | DI1/4        |
| 5  | Труба выровнена на позиции сварки                  | SQ10         | PNP               | Датчик положения | DI1/5        |
| 6  | Выравнивание трубы перед выходной позицией         | SQ11         | PNP               | Датчик положения | DI1/6        |
| 7  | Давление P1                                        | P1           | PNP               |                  | DI1/7        |
| 8  | Подвижная рама в нижнем положении точка 1          | SQ14         | PNP               | Датчик положения | DI2/1        |
| 9  | Подвижная рама в нижнем положении точка 2          | SQ15         | PNP               | Датчик положения | DI2/2        |
| 10 | Ролик поднят                                       | SQ24         | PNP               | Датчик положения | DI2/3        |
| 11 | Ролик прижимает трубу                              | SQ25         | PNP               | Датчик положения | DI2/4        |
| 12 | Ролик в исходном положении (внизу)                 | SQ26         | PNP               | Датчик положения | DI2/5        |
| 13 | Ролик повернут в исходное положение                | SQ27         | PNP               | Датчик положения | DI2/6        |
| 14 | Ролик повернут в рабочее положение                 | SQ28         | PNP               | Датчик положения | DI3/1        |
| 15 | Исходное положение механизма осевой подачи         | SQ29         | PNP               | Датчик положения | DI3/2        |
| 16 | Рабочее положение механизма осевой подачи          | SQ30         | PNP               | Датчик положения | DI3/3        |
| 17 | Отсутствие наконечника                             | SQ31         | PNP               | Датчик положения | DI3/4        |
| 18 | Губки захвата разжаты                              | SQ32         | PNP               | Датчик положения | DI3/5        |
| 19 | Губки захвата зажаты                               | SQ33         | PNP               | Датчик положения | DI3/6        |
| 20 | Упор выдвижной выдвинут                            | SQ101        | PNP               | Датчик положения | DI4/1        |
| 21 | Упор выдвижной убран                               | SQ102        | PNP               | Датчик положения | DI4/2        |
| 22 | 2Привод дополнительного зажима в рабочем положении | SQ103        | PNP               | Датчик положения | DI4/3        |
| 23 | Привод сжатия ПХТ в исходном положении             | SQ105        | PNP               | Датчик положения | DI4/4        |
| 24 | Цанга в приводе сжатия ПХТ сжата точка 1           | SQ106        | PNP               | Датчик положения | DI4/5        |
| 25 | Переполнение накопителя заглушек                   | SQ201        | PNP               | Датчик положения | DI5/2        |
| 26 | Наличие наконечника в отсекателе                   | SQ202        | PNP               | Датчик положения | DI5/3        |
| 27 | Выгрузка наконечника из отсекателя модуля КСС      | SQ204        | PNP               | Датчик положения | DI5/5        |
| 28 | Нажата кнопка «Аварийный останов» на шкафу ИПС     | SB1          | Сухой контакт     | Кнопка шкафа ИПС | DI6/4        |

Таблица 3.3 - Перечень выходных аналоговых сигналов

| № | Наименование сигнала                                             | Поз. обозн. | Тип сигнала вывода | Исп. устройство      | Модуль/ канал |
|---|------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|----------------------|---------------|
| 1 | Подать воздух во вторую полость пневмоцилиндра сварочного усилия | V1-1        | 24 В               | Пневмораспределитель | АО1/1         |

Таблица 3.4 – Перечень выходных дискретных сигналов

| №  | Наименование сигнала                                                           | Поз. обозн. | Тип сигнала вывода | Исп. устройство      | Модуль/ канал |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|----------------------|---------------|
| 1  | Создать сварочное усилие                                                       | Y1          | 24 В               | Пневмораспределитель | DO1/1         |
| 2  | Включить блокирующее устройство                                                | Y2          | 24 В               | Пневмораспределитель | DO1/3         |
| 3  | Реверс привода сварочного усилия                                               | Y3          | 24 В               | Пневмораспределитель | DO1/4         |
| 4  | Зажать цангу наконечника                                                       | Y4          | 24 В               | Пневмораспределитель | DO1/5         |
| 5  | Зажать цангу ПХТ                                                               | Y5          | 24 В               | Пневмораспределитель | DO1/6         |
| 6  | Включить дополнительный зажим                                                  | Y9          | 24 В               | Пневмораспределитель | DO2/1         |
| 7  | Открыть клапан подачи гелия                                                    | Y12         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO2/2         |
| 8  | Выдвинуть выдвижной упор                                                       | Y14         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO2/4         |
| 9  | Провести осевую подачу трубы из модуля КСС                                     | Y15         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO2/5         |
| 10 | Зажать трубу губками захвата                                                   | Y16         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO2/6         |
| 11 | Повернуть ролик в исходное положение на позиции сварки                         | Y17         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO3/1         |
| 12 | Повернуть ролик в рабочее положение на позиции сварки                          | Y18         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO3/2         |
| 13 | Поднять ролик вверх на позиции сварки                                          | Y19         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO3/3         |
| 14 | Опустить ролик вниз на позиции сварки                                          | Y20         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO3/4         |
| 15 | Выгрузить наконечник из отсекаателя в модуль КСС                               | Y21         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO3/5         |
| 16 | Открыть клапан подачи воздуха                                                  | Y30         | 24 В               | Пневмораспределитель | DO3/6         |
| 17 | Пуск/стоп двигателя привода подвижной рамы М1                                  | VM1-1       | 24В                | Частотный привод     | DO4/1         |
| 18 | Пуск/стоп шагового двигателя привода продольной подачи трубок в зону сварки М4 | VM4-1       | 24В                | Двигатель            | DO4/4         |
| 19 | Реверс шагового двигателя привода продольной подачи трубок в зону сварки М4    | VM4-2       | 24В                | Двигатель            | DO4/5         |

В результате проведённого анализа сформирована информационная мощность системы управления установкой КСС. Общее количество сигналов представлено в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Информационная мощность АСУ установкой КСС

| Тип сигнала |            | Обозначение | Количество |
|-------------|------------|-------------|------------|
| Входной     | Аналоговый | AI          | 4          |
|             | Дискретный | DI          | 28         |
| Выходной    | Аналоговый | AO          | 1          |
|             | Дискретный | DO          | 19         |

Полученная информация позволяет выбрать оборудование для управления установкой.

## **4 РАЗРАБОТКА АСУ УСТАНОВКОЙ КСС**

### **4.1 Назначение и функции системы**

Контактная сварка отличается высокой производительностью, экономичностью процесса, позволяет значительно проще механизировать и автоматизировать процессы изготовления деталей, сокращать расход основных и вспомогательных материалов. Эти преимущества особенно заметно проявляются в массовом и крупносерийном производствах.

Установка КСС – это комплекс механических и электрических устройств, предназначенный для выполнения следующих функций:

- настройку параметров режима;
- крепление и сжатие свариваемых деталей, перемещение их в зону сварки;
- формирование импульса тока заданной формы;
- выполнение этапов сварки по заданному алгоритму.

Управление установкой КСС представляет собой процесс, зависящий от множества параметров, оказывающих влияние друг на друга.

Разрабатываемая система предназначена для осуществления операций по автоматизированному управлению установкой КСС наконечников направляющих каналов диаметром 12.6 - 13 мм тепловыделяющих сборок из сплавов циркония.

Система управления установкой КСС обеспечивает выполнения следующих функций:

- измерение технологических параметров сварки;
- контроль отклонений параметров от нормы;
- контроль состояния оборудования;
- управление этапами процесса сварки изделий;
- автоматическая защита и блокировки;
- сигнализация отклонений и отображение информации о ходе сварки;
- регистрация и архивирование информации.

При разработке системы управления и контроля конвейерного транспорта большую роль играет достижение оптимального режима управления. Данный режим достигается при выполнении пяти основных критериев управления установок с конвейерным типом подачи заготовок, которые учитывают технические, технологические, организационные и управленческие направления:

- обеспечение максимально безопасной работы установки;
- минимизация доли ручных операций в процессе управления;
- обеспечение максимальной функциональной надежности за счет сокращения простоев механизмов, связанных с организацией работы конвейерной линии, а также с возникновением неисправностей;
- обеспечение максимальной эксплуатационной надежности установки.

Также для получения оптимального режима следует обеспечить режим работы каждого отдельного механизма установки в конвейерной линии. Оптимальный режим работы отдельного конвейера — это режим при котором обеспечиваются минимальные затраты при изменяющихся параметрах конвейера, уровень загрузки, уровень скорости, уровень подачи.

Основными требованиями для системы управления комплексом сварки является выполнение информационных и управляющих функций, а также функций сигнализации.

Детализируем функции, выполняемые установкой и способы их реализации.

1. Измерение параметров сварки (к данным параметрам относятся входные и выходные аналоговые параметры управления: абсолютное линейное перемещение, сварочное усилие при сварке, давление гелия в зоне сварки, давление воздуха в системе, подача воздуха пневмоцилиндра).
2. Контроль отклонений параметров от нормы (контроль отклонений параметров от нормы производится в контроллере системы управления путем сравнения текущих значений параметров с предельными технологическими нормами и предаварийными значениями параметров.).

3. Контроль состояния оборудования (состояния контактов, соответствующие работающему оборудованию, сигналы о состоянии оборудования являются дискретными, источники сигналов - датчики положения. Состояние оборудования отображается на мониторе оператора установки).

4. Управление этапами процесса сварки изделий (управление этапами процесса сварки изделий производится с помощью кнопок на экране монитора. Возможен выбор из следующих этапов:

- проверка работоспособности системы;
- сварка штатных образцов;
- сварка технологического образца.

Управление сопровождается выдачей команд сигналов управления. Управляющие воздействия отображаются на мониторе.

5. Автоматическая защита и блокировки. Для предохранения оборудования и изделий от поломок и повреждений, на каждом шаге рабочей программы проверяется правильность расположения и перемещения изделия и допустимые границы рабочих параметров. В случае каких-либо нарушений, дальнейшее прохождение программы приостанавливается и выдается сообщение оператору о виде нарушения или неисправности. Дальнейшее выполнение программы возобновляется после устранения нарушения по команде оператора установки.

6. Сигнализация отклонений и отображение информации о ходе сварки. Отклонение параметра от нормы в процессе сварки сигнализируется на экране. Нарушения в ходе процесса сопровождаются появлением соответствующих всплывающих окон с сообщениями оператору о неисправности.

7. Регистрация и архивирование информации. После сварки установленной партии изделий система формирует отчет о сваренной партии в виде текстового файла и твердой копии. В отчете на жестком диске компьютера и в распечатках указывается:

- номер партии;
- дата, время начала и окончания сварки партии;
- фамилия и табельный номер сварщика;

- минимальное и максимальное давление защитного газа на входе в сварочную камеру;
- минимальное и максимальное сварочное усилие;
- минимальный и максимальный сварочный ток;
- минимальное и максимальное перемещение наконечника.

8. Конфигурирование. Система управления имеет полный набор программного и аппаратного обеспечения, которое позволяет производить изменение конфигурации. Загрузка измененных или вновь созданных программ выполняется с помощью рабочей станции на неработающем оборудовании.

## **4.2 Иерархическая структура системы управления**

Иерархическая структура разрабатываемой системы автоматического контроля и управления установкой КСС состоит из нижнего, среднего и верхнего уровней, и обеспечивает работу установки в непрерывном автоматическом режиме.

### **Нижний уровень**

- Нижний уровень представлен датчиками и исполнительными механизмами, установленными непосредственно на технологическом оборудовании. Основные функции этого уровня:
  - Аналоговые и дискретные измерение технологических параметров и преобразование их в электрические сигналы;
  - изменение состояния и положения элементов установки КСС за счет исполнительных механизмов.

Связь между компонентами нижнего и среднего уровней системы осуществляется с помощью стандартных унифицированных электрических аналоговых (4-20 мА) и дискретных (0-24В постоянного тока) сигналов. Структура линий связи радиальная, т. е. для каждого передаваемого сигнала существует выделенная 2-х или 3-х проводная линия связи.

### **Средний уровень**

Средний уровень реализован на базе современных микропроцессорных контроллеров.

Контроллер решает следующие задачи:

- измерение технологических параметров;
- автоматическое регулирование технологических параметров;
- блокировка и аварийные защиты оборудования установки;
- контроль технологических параметров и состояния оборудования;
- световая и звуковая сигнализация;
- ручное управление исполнительными органами и оборудованием.

Установка контактно-стыковой сварки управляется одним ПЛК и, при необходимости, расширяется дополнительным набором модулей ввода-вывода данных. Состав модулей ввода/вывода определяется информационной мощностью системы.

Оборудование среднего уровня системы управления размещено в шкафу управления установкой КСС, который установлен в непосредственной близости от неё.

### **Верхний уровень**

Верхний уровень реализован в виде АРМ на базе персонального компьютера. Взаимодействие оператора и установки происходит в диалоговом режиме.

АРМ оператора представляет информацию на экране монитора о состоянии установки, отдельных её узлов и конкретных параметров в удобной для восприятия форме, позволяют осуществлять автоматизированное управление оборудованием, ведёт объективный контроль за работой оборудования, а также фиксирует действия операторов.

АРМ оператора обеспечивает следующие возможности:

- получение информации о состоянии оборудования в виде мнемосхем, таблиц, сообщений;
- задание значений управляющих параметров в режиме автоматического управления;

- ручное дистанционное управление регулирующими исполнительными механизмами;
- предупредительную и предаварийную сигнализацию;
- настройку контуров регулирования;
- архивирование информации о состоянии установки.

Связь станций с программируемыми контроллерами осуществляется с помощью сети Ethernet.

АРМ оператора кроме функций непосредственного наблюдения за технологическим процессом и управления им также выполняет функции инжиниринговой станции. Для организации такого взаимодействия используется многооконный интерфейс оператора. Такая организация диалога даёт оператору следующие возможности:

- получить быстрый доступ к любой информации из любого состояния экрана через систему меню;
- оперативно управлять составом и размещением окон на экране;
- до минимума сократить время обучения оператора, так как почти весь диалог ведётся с помощью мыши и функциональных клавиш на экране.

Инжиниринговая станция обеспечивает загрузку рабочей программы в программируемый контроллер, редактирование и тестирование программ работы контроллера. При использовании АРМ оператора в режиме инжиниринговой станции сеть не изменяется.

Выделенный пульт ручного управления в системе отсутствует, всё управление оборудованием выполняется с АРМ оператора.

АРМ оператора выполнен на базе пакета программ MasterSCADA, имеющей в своем составе средства создания:

- операторского интерфейса (SCADA/HMI);
- истории процесса;
- базы данных реального времени.

## **4.3 Программно-технический комплекс АСУ установкой КСС**

### **4.3.1 Выбор ПЛК и разработка структурной схемы АСУ**

#### **Выбор ПЛК**

Из ряда производителей и линеек программируемых логических контроллеров, стоит выделить двух производителей, стоимость оборудования которых хорошо соотносится с их качеством. Это ПЛК компании Wago 750-881 и Овен ПЛК160[M2] . Оба контроллера позволяют обработать необходимое количество сигналов и реализовать полноценную работу алгоритма, системы управления. Сравнительные технические характеристики контроллеров и модулей ввода/вывода представлены в таблицах 4.1 ... 4.5.

В таблице 4.1 представлено сравнение характеристик ПЛК.

В таблице 4.2 представлено сравнение характеристик модулей входных аналоговых сигналов.

В таблице 4.3 представлено сравнение характеристик модулей ввода дискретных сигналов.

В таблице 4.4 представлено сравнение характеристик модулей выходных аналоговых сигналов.

В таблице 4.5 представлено сравнение модулей выходных дискретных сигналов.

Таблица 4.1 – Сравнительные технические характеристики ПЛК

|                                                     |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Модель                                              | WAGO 750-881                                                                                                                                                             | OBEH ПЛК160-24                                                                                                                                                              |
| Передача данных                                     | EtherNet/IP<br>Modbus (TCP, UDP)<br>ETHERNET                                                                                                                             | RS-485<br>RS-232<br>RS-232 Debug<br>Ethernet 100 Base-T<br>USB-Device<br>USB-Host                                                                                           |
| Языки программирования в соответствии с МЭК 61131-3 | Instruction List (IL)<br>Ladder Diagram (LD)<br>Function Block Diagram (FBD), Continuous Function Chart (CFC)<br>Structured Text (ST)<br>Sequential Function Chart (SFC) | Instruction List (IL)<br>Ladder Diagram (LD)<br>Function Block Diagram (FBD),<br>Continuous Function Chart (CFC)<br>Structured Text (ST)<br>Sequential Function Chart (SFC) |
| Среда программирования                              | WAGO-I/O-PRO V2.3 (на базе CODESYS V2.3)                                                                                                                                 | CODESYS v 2.3                                                                                                                                                               |
| Скорость передачи                                   | 10/100 Мбит/с                                                                                                                                                            | 10/100 Мбит/с                                                                                                                                                               |
| Программная память                                  | 1024 Кб                                                                                                                                                                  | 1024 Кб                                                                                                                                                                     |
| Питающее напряжение (система)                       | 24 В Пост. ток                                                                                                                                                           | 24 В Пост. ток                                                                                                                                                              |

Таблица 4.2 – Сравнение модулей ввода аналоговых сигналов.

|                                         |                       |                                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------|
| Модель                                  | VAGO 753-453          | OBEH ПЛК160-24                                          |
| Количество аналоговых вводов            | 4                     | 8                                                       |
| Тип сигнала (ток)                       | 0 ... 20 мА Пост. ток | Ток 0(4)...20 мА<br>Ток 0...5 мА<br>Напряжение 0...10 В |
| Подключение датчика                     | 4 х (2-проводн.)      | 4 х (2-проводн.)                                        |
| Входное напряжение (макс.)              | 32                    | 32                                                      |
| Питающее напряжение (на полевом уровне) | 24 В Пост. ток        | 24 В Пост. ток                                          |

Таблица 4.3 сравнение модулей ввода дискретных сигналов.

|                                                |                        |                    |
|------------------------------------------------|------------------------|--------------------|
| Модель                                         | VAGO 753-430           | ОВЕН МВ110-224.16Д |
| Количество модулей дискретных вводов           | 8                      | 16                 |
| Сигнал в виде напряжения                       | 24 В Пост. ток         | 24 В Пост. ток     |
| Входной фильтр (дискретный)                    | 3 мс                   | 0.5 мс             |
| Диапазон напряжения для сигнала (0)            | -3 ... +5 В пост. тока | 1,5mA              |
| Диапазон напряжения для сигнала (1)            | 15 ... 30 В пост. тока | 4,5mA              |
| Питающее напряжение (на полевом уровне)        | 24 В Пост. ток         | 24 В Пост. ток     |
| Допустимая токовая нагрузка (силовые контакты) | 10A                    | 8,5mA              |

Таблица 4.4 – Сравнение модулей выходных аналоговых сигналов

|                                         |                       |                                                      |
|-----------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|
| Модель                                  | VAGO 753-553          | ОВЕН ПЛК160-24                                       |
| Количество аналоговых вводов            | 4                     | 4                                                    |
| Тип сигнала (ток)                       | 0 ... 20 mA Пост. ток | Универсальный: ток 4...20 мА или напряжение 0...10 В |
| Подключение датчика                     | 4 х (2-проводн.)      | 4 х (2-проводн.)                                     |
| Входное напряжение (макс.)              | 32                    | 32                                                   |
| Питающее напряжение (на полевом уровне) | 24 В Пост. ток        | 24 В Пост. ток                                       |

Таблица 4.5 – Сравнение модулей выходных дискретных сигналов.

|                                         |                |                     |
|-----------------------------------------|----------------|---------------------|
| Модель                                  | VAGO 753-530   | ОВЕН ПЛК110-224.16Р |
| Количество модулей дискретных выводов   | 8              | 16                  |
| Сигнал в виде напряжения                | 24 В Пост. ток | 24 В Пост. ток      |
| Выходной ток на канал                   | 0,5А           | 3А                  |
| Питающее напряжение (на полевом уровне) | 24 В Пост. ток | 24 В Пост. ток      |

ПЛК Овен 160-24 имеет на борту 8 аналоговых входов и 4 аналоговых выхода. Что в свою очередь, позволит сэкономить на покупке дополнительных модулей для ПЛК.

Для реализации системы управления на базе ПЛК Wago необходим следующий перечень элементов ПЛК:

- ПЛК 750-881 – 1 шт.;
- модуль аналогового ввода 753-453 – 2 шт.;
- модуль аналогового вывода 753-553 – 1 шт.;
- модуль дискретных ввода 753-430 – 7 шт.;
- модель дискретного вывода 753-530 – 6 шт.

Для реализации этой же системы управления на базе ОВЕН ПЛК160, с учетом встроенных каналов ввода/вывода, необходим следующий перечень элементов ПЛК:

- ОВЕН ПЛК160 – 1 шт.;
- модуль дискретного ввода ОВЕН МВ110-224.16Д – 1 шт.;
- модуль дискретного вывода ОВЕН МУ110-224.16Р – 1 шт.

Количество модулей в последнем варианте достигается за счет большей степени интеграции измерительных и управляющих каналов.

После детального анализа достоинств и недостатков, рассматриваемых ПЛК, выбран ПЛК компании ОВЕН. Это решение согласуется с широко

развёрнутой программой импортозамещения и позволяет сэкономить на сроках и возможностях поставки оборудования отечественного производителя.

#### Структурная схема системы управления

Выбор ПЛК и известная информационная мощность системы позволяют разработать структурную схему системы автоматизированного управления установкой КСС.

На рисунке 4.1 представлена структурная схема системы автоматизированного управления КСС на базе ПЛК160 и дополнительных модулей ввода/вывода компании ОВЕН.

Для надёжной работы системы используются резервированные источники питания 24 В постоянного тока компании ОВЕН. Системное питание и полевое (питание устройств ввода/вывода) разделены, что положительно сказывается на надёжности работы системы управления.

Модули ввода/вывода соединены с ПЛК160 по интерфейсу связи RS485.

#### **4.3.2 Технические характеристики ОВЕН ПЛК160**

Таким образом, средний уровень системы управления выполнен на базе ПЛК160 компании ОВЕН.

Данный ПЛК предназначен для использования в составе различных автоматизированных систем контроля и управления на промышленных предприятиях.

- Контроллер может управлять:
- выделенными локальными объектами;
- локальным объектом в составе комплексной информационной сети;
- группой локальных объектов в составе комплексной информационной сети.

Логика работы прибора программируется с помощью CODESYS v 2.3.

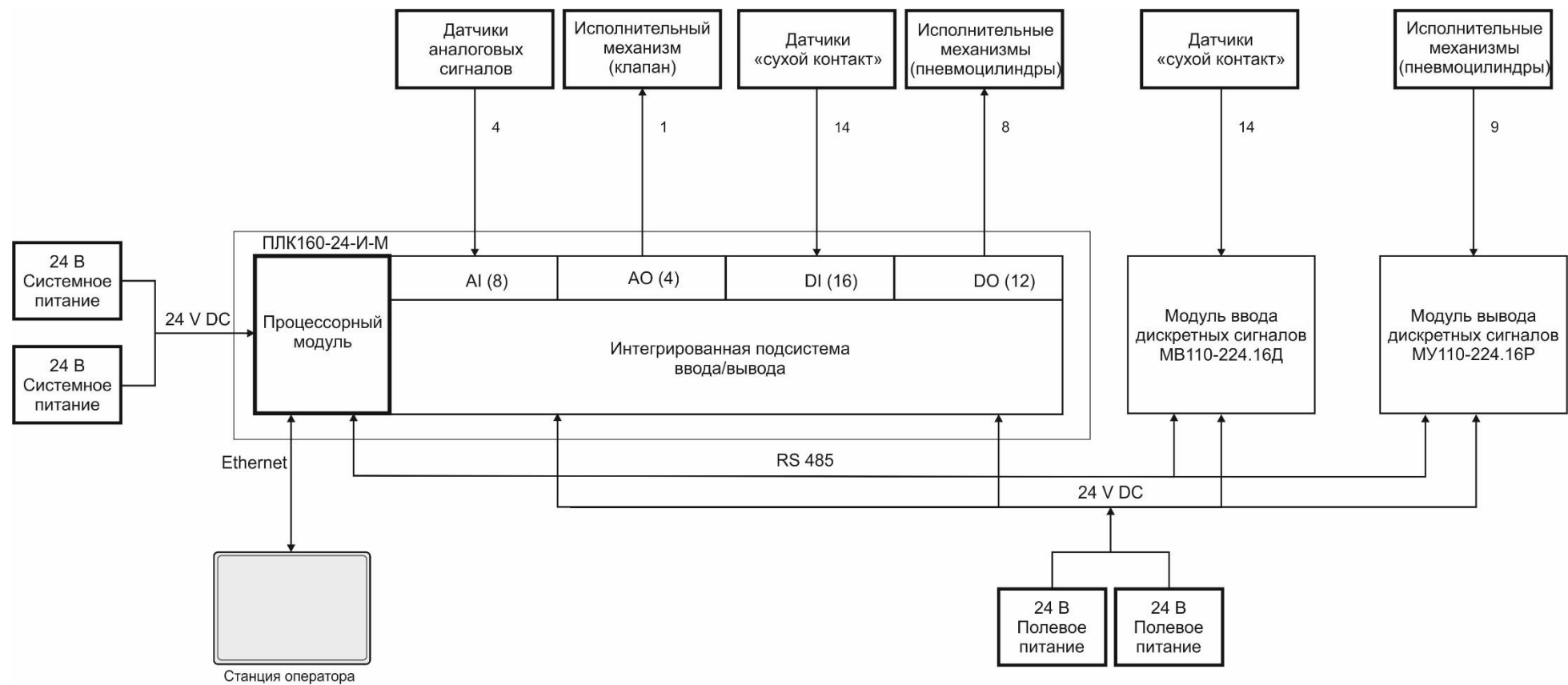


Рисунок 4.1 – Структурная схема системы автоматизированного управления установкой контактно-стыковой сварки

Поддерживаются все языки программирования стандарта МЭК 61131-

3:

- LD: Релейно-контакторные схемы;
- FBD: Функциональные блочные диаграммы;
- SFC: Последовательные функциональные диаграммы;
- ST: Структурированный текст;
- IL: Список инструкций.

Модель ПЛК160 оптимальна для построения систем автоматизации среднего уровня и распределенных систем управления.

Данная модель оптимальна построения распределенных систем управления и диспетчеризации с использованием как проводных, так и беспроводных технологий:

- в сфере жилищно-коммунального хозяйства;
- АСУ водоканалов;
- линий по дерево- и металлообработке (распил, намотка и т.д.);
- для управления пищеперерабатывающими и упаковочными аппаратами;
- в сфере производства строительных материалов;
- и т. д.

Преимущества ОВЕН ПЛК160:

- наличие встроенных дискретных и аналоговых входов/выходов на борту;
- скоростные входы для обработки энкодеров;
- ведение архива работы оборудования или работа по заранее оговоренным сценариям при подключении к контроллеру USB-накопителей;
- простое и удобное программирование в системе CODESYS V.2 через порты USB Device, Ethernet, RS-232 Debug;

- передача данных на верхний уровень через Ethernet или GSM-сети (GPRS);
- 3 последовательных порта (RS-232, RS-485);
- подключение панелей операторов, GSM-модемов, считывателей штрих-кодов и т.д.
- наличие встроенных каналов аналогового и дискретного ввода/вывода:  
 AI – 8 каналов;  
 АО – 4 канала;  
 DI – 16 каналов;  
 DI – 12 каналов;

Если контроллер сконфигурирован как головное устройство сварочной установки, он может подавать команды запуска и останова для всей линии.

Конфигурирование контроллера может быть выполнено без изменения прошивки внутреннего микроконтроллера путем загрузки конфигурационных данных с верхнего уровня (АРМ в режиме инжиниринговой станции).

Для настоящей системы управления выбран контроллер следующей модификации:

ОВЕН ПЛК160-24-И-М,

где 24 В питание контроллера;

И – тип встроенного выходного элемента 4 ... 20 мА;

М – ограничение на систему исполнения ПЛК 100 Кбайт.

Дополнительно к контроллеру ОВЕН ПЛК160, с целью расширения каналов ввода/вывода предлагается поставить модули дискретного ввода/вывода MB110 и МУ110 (рисунок 4.2, рисунок 4.3).

Модуль дискретного ввода МУ110-224.16Д 16-ти канальный имеет тип входа – «сухой контакт» и не требует внешнего питания.

Модуль дискретного вывода МУ110-224.16Р 16-ти канальный имеет тип выхода – электромагнитное реле и может использоваться без дополнительных защит.



Рисунок 4.2 – Модуль дискретного ввода MB110-224.16Д, 16-х канальный



Рисунок 4.3 – Модуль дискретного вывода МУ110-224-16Р, 16-х канальный

## **4.4 Датчики и исполнительные механизмы установки КСС**

Датчики и исполнительные механизмы, это те элементы, которые позволяют оценить состояние установки и привести её в заданное положение.

Контроль сварочных установок, в особенности многосвязных, подразумевает применение технических мероприятий и средств:

- контроль кинематических параметров подачи изделий в зону сварки, согласованных пусков и остановов отдельных линий оборудования;
- контроль появления опасных деформаций, перегрузки привода установки, наличия на них препятствий;
- контроль появления заторов на линиях и в точках загрузки/перегрузки.

### **4.4.1 Тензодатчик CAS MNC-5T**

Для контроля ковачного усилия, необходимо установить датчик контроля силы сжатия. Датчик должен сигнализировать в ПЛК о силе сжатия на этапе сварки. Если произойдут отклонения от рабочего процесса, ПЛК в свою очередь, должен будет остановить процесс.

В качестве датчика был выбран Тензодатчик CAS MNC-5T. На рисунке 4.4 представлен внешний вид тензодатчика CAS MNC-5T. Характеристики тензодатчика представлены в таблице 4.6.

Принцип работы датчиков основан на изменении электрического сопротивления тензорезисторов, возникающего в результате их деформации. Тензорезисторы нанесены на упругую мембрану и объединены в мостовую схему. При отсутствии деформации мембраны мост находится в покое (выходной сигнал равен нулю). Появление деформации приводит к разбалансу моста, величина которого пропорциональна величине деформации.

Выходной сигнал датчика измеряется в мВ, а максимальное значение зависит от величины напряжения питания.

Напряжение питания прибора от 10 до 15 В.

Выходной сигнал 0,2 мВ/В.

Таким образом при напряжении питания 10 В максимальный входной сигнал будет равен 20 мВ.

Таблица 4.6 – Технические характеристики тензодатчика

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| Модель       | Тензодатчик CAS MNC-5T |
| НПВ, кг      | 5000                   |
| Материал     | ЛС                     |
| Влагозащита  | IP67                   |
| Диапазон t°C | От -20 до +80          |



Рисунок 4.4 - Тензодатчик CAS MNC-5T

#### 4.4.2 Расчет пневмопривода

Для создания ковочного усилия необходимо использовать пневматическую систему с автоматическим управлением. Необходимо выполнить расчеты для выбора элементов пневмосистемы. Исходные данные для расчетов представлены ниже.

1. Диаметр цилиндра, мм – 320;
2. Диаметр штока, мм – 80;
3. Ход поршня, мм – 400;
4. Усилие на штоке, кН – 19;
5. Средняя скорость, м/с – 0,3.

$$V_{\max} = \frac{V_{\text{cp}} - T_n}{T_n - 0,5t_p}, [7] \quad (1)$$

где  $T_n$  -полное время движения поршня:

$$T_n = \frac{s}{V_{\text{cp}}}, [7] \quad (2)$$

где  $V_{\text{cp}}$  -средняя скорость движения поршня;

$S$  – ход поршня:

$$T_n = \frac{0,4}{0,3} = 1,3 \text{ с};$$

$t_p$ -время разгона:

$$t_p = 0,2T_n, [7] \quad (3)$$

$$t_p = 0,2 \cdot 1,3 = 0,26 \text{ с},$$

$$V_{\max} = \frac{0,3 - 1,3}{1,3 - 0,5 \cdot 0,26} = 0,33 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

где  $V_{\max}$  -максимальная скорость движения поршня;

Ускорение при разгоне поршня:

$$a = \frac{V_{\max}}{t_p}, [7] \quad (4)$$

$$a = \frac{0,33}{0,26} = 1,26 \frac{\text{м}}{\text{с}^2},$$

Полезная нагрузка:

$$P_1 = m_{\text{пр}} \cdot (g + a) + F_n, [7] \quad (5)$$

$$P_1 = 50 \cdot (9,8 + 1,26) + 19000 = 19553 \text{ Н},$$

Предварительное значение полной нагрузки:

$$P = 1,25 \cdot F_1 = 24441 \text{ Н}; [7] \quad (6)$$

Полезная площадь поршня:

$$F_{\text{опт}} = \frac{P}{X \cdot p_m}, [7] \quad (7)$$

где  $p_m = 0,7 \text{ МПа}$  – для пневмосистем; [9]

$X$  – безразмерная нагрузка  $X=0,4$ ; [9]

$P$  – полная нагрузка.

$$F_{\text{опт}} = \frac{24441}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 10^6} = 87289 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

Расчетный диаметр поршня D, определяем из выражения:

$$F_{\text{опт}} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, [7] \quad (8)$$

при  $d = 0,3D$ ;

$$87289 = \frac{3,14(D^2 - 0,09D^2)}{4},$$

$$\text{Откуда } D = \sqrt{\frac{87289 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,91}} = 274 \text{ мм},$$

$$d = 0,3 \cdot 274 = 82,2 \text{ мм};$$

Согласно ГОСТ 12447-80: принимаем диаметр штока 80 мм, а диаметр цилиндра 320 мм [6].

Площадь рабочей поверхности,  $\text{м}^2$  :

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4}, [7] \quad (9)$$

$$F_1 = \frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4} = 502,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

Площадь выхлопной поверхности,  $\text{м}^2$  :

$$F_2 = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}, [7] \quad (10)$$

$$F_2 = \frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,080^2}{4} = 452,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Коэффициент асимметрии полостей :

$$\Pi = \frac{F_2}{F_1} = \frac{452,2}{502,4} = 0,9; [7] \quad (11)$$

При уплотнении штока и поршня резиновыми манжетами силу трения определяем по (3.11). Для штока манжета 1-016-3 ГОСТ 6678-72  $b = 6$  мм, для цилиндра манжета 1-040-3 ГОСТ 6678-72  $b = 7$  мм [10].

Количество манжет уплотнений штока  $n_1 = 2$ , для цилиндра  $n_2 = 2$ .

Уточняется значение полной нагрузки Р на поршень:

$$P = P_1 + P_2 + P_3; [7] \quad (12)$$

где  $P_2$  – сила трения;

$P_3$  – сила противодействия.

При уплотнении штока и поршня резиновыми кольцами круглого сечения или резиновыми манжетами (воротниками) сила трения определяется по формуле

$$P_2 = \pi \cdot \mu \cdot D \cdot b \cdot p_k \cdot n; [7] \quad (13)$$

где  $D$  – диаметр уплотняемой поверхности;

$b$  – ширина манжеты или кольца;

$\mu$  – коэффициент трения,  $\mu = 0,13...0,15$ ; [7]

$n$  – число манжет или колец уплотнений;

$P_k$  – принятое радиальное давление уплотнения,  $P_k = 0,7$  МПа. [9]

Сила трения при уплотнении штока:

$$P_2^1 = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 80 \cdot 6 \cdot 0,7 \cdot 2 = 316,5 \text{ Н};$$

Сила трения при уплотнении цилиндра:

$$P_2^2 = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 320 \cdot 7 \cdot 0,7 \cdot 2 = 1477 \text{ Н}.$$

Сила трения двигателя:

$$P_2 = P_2^1 + P_2^2, [7] \quad (14)$$

$$P_2 = 316,5 + 1477 = 1793,5 \text{ Н}.$$

Силу противодействия определяем по формуле :

$$P_3 = F_2(p_c - p_a), [7] \quad (15)$$

где  $p_c = (0,12...0,16)$  рс – давление в выхлопной полости;

$p_a$  – атмосферное давление;

$$P_3 = 452,2 \cdot 10^{-4} (0,14 - 0,1) \cdot 10^6 = 1808,8 \text{ Н}.$$

Определяем значение полной нагрузки на поршень:

$$P = 19553 + 1793,5 + 1808,8 = 23155,3 \text{ Н}.$$

### 4.4.3 Выбор пневмоцилиндров

В качестве пневматического цилиндра, выбран цилиндр серии Camozzi серии 40.

Пневмо-цилиндры этой серии соответствуют стандарту DIN/ISO 6431. Постоянные магниты, установленные на поршнях цилиндров выполняют функцию датчика положения, которые позволяют отслеживать состояние цилиндра.

Также цилиндры этой серии оснащены устройством для контролирования торможения. В крайних положениях поршня, расположены пластиковые шайбы, которые позволяют снизить шум при остановке. Направляющая втулка, сделанная из бронзы, располагается в передней крышке.

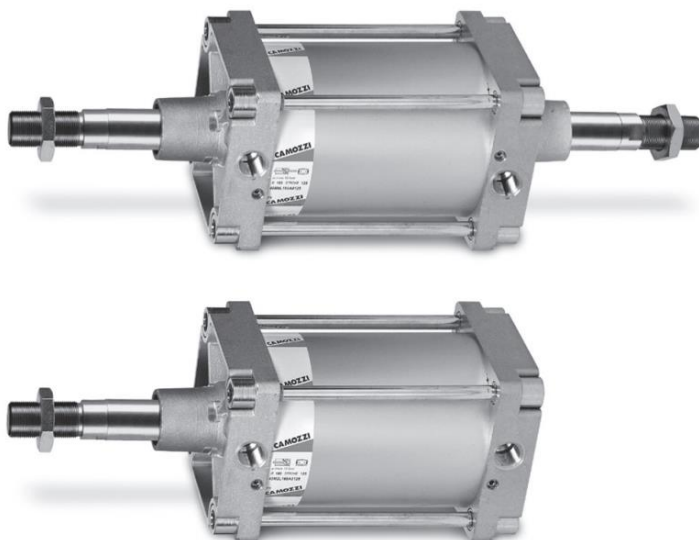


Рисунок 4.5 – Внешний вид пневмоцилиндра

Исходя из расчетных данных, необходимо выбрать пневмоцилиндр который обеспечит усилие свыше 22 кН. Был выбран пневмоцилиндр Camozzi 40.M.2.L.320.400.A.

Его технические характеристики представлены таблице 4.7.

Таблица 4.7 - технические характеристики пневмоцилиндра Camozzi

# КОДИРОВКА

|    |   |   |   |     |   |      |  |
|----|---|---|---|-----|---|------|--|
| 40 | M | 2 | L | 160 | A | 0200 |  |
|----|---|---|---|-----|---|------|--|

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |  |                                                                |  |  |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|----------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>40</b>   | СЕРИЯ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |                                                                |  |  |
| <b>M</b>    | МОДИФИКАЦИЯ<br>N = стандартный, немагнитный (Ø 50...100)<br>M = стандартный, магнитный                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |  |                                                                |  |  |
| <b>2</b>    | ДЕЙСТВИЕ<br>1 = одностороннего (передняя возвратная пружина)<br>2 = двустороннего (с демпфированием в обе стороны)<br>3 = двустороннего (без демпфирования)<br>4 = двустороннего (с демпфированием назад)<br>5 = двустороннего (с демпфированием вперед)<br>6 = двустороннего (с двусторонним штоком, с демпфированием в обе стороны)<br>7 = одностороннего (с двусторонним штоком)                                                                                                                                                                                             |  |  |  | ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ<br>CD09<br>CD07<br>CD10<br>CD11<br>CD13 |  |  |
| <b>L</b>    | МАТЕРИАЛЫ<br>L = шток - нержавеющая сталь AISI 420, гайки и шпильки - оцинкованная сталь<br>T = шток, шпильки - нержавеющая сталь AISI 420, гайки шпильки - нержавеющая сталь AISI 303<br>U = шток, гайки шпильки - нержавеющая сталь AISI 303, шпильки - нержавеющая сталь AISI 420<br>S = химически стойкая окраска, шток, гайки шпильки - нержавеющая сталь AISI 303, шпильки - нержавеющая сталь AISI 420                                                                                                                                                                   |  |  |  |                                                                |  |  |
| <b>160</b>  | ДИАМЕТРЫ:<br>050 мм = Ø 50 мм<br>063 мм = Ø 63 мм<br>080 мм = Ø 80 мм<br>100 мм = Ø 100 мм<br>125 мм = Ø 125 мм<br>160 мм = Ø 160 мм<br>200 мм = Ø 200 мм<br>250 мм = Ø 250 мм<br>320 мм = Ø 320 мм                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |                                                                |  |  |
| <b>A</b>    | ТИП КРЕПЛЕНИЯ*<br>A = стандартный<br>F = центральная подвеска<br>I = сборка подвесок Мод. C+L+S (см. раздел 1/1.10.04)<br>ZSI = сборка подвесок Мод. ZS+C+S (см. раздел 1/1.10.04)<br>ZCI = сборка подвесок Мод. ZC+C+S (см. раздел 1/1.10.04)<br>RI = сборка подвесок Мод. R+C+S (см. раздел 1/1.10.04)                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |                                                                |  |  |
| <b>0200</b> | ХОД<br>10...2500 мм                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |                                                                |  |  |
|             | СПЕЦИАЛЬНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ<br>V = штоковая манжета из фторкаучука (Viton), -5°C + 150°C<br>N = цилиндр-тандем<br>W = все уплотнения фторкаучука (Viton), -5°C + 150°C<br>B = все уплотнения фторкаучука HNBR, -35°C + 80°C<br>RP = специальная 2-х компонентная штоковая манжета для эксплуатации при повышенном загрязнении<br><br>ОППОЗИТИВНЫЙ ТАНДЕМ-ЦИЛИНДР<br>xxx/yyyNS** = оппозитивный тандем-цилиндр с общим штоком<br>xxx/yyyN** = оппозитивный тандем-цилиндр<br><br>**xxx, yyy - ход первого и второго цилиндра соответственно. Пример кодировки см. в разделе 1/1.10.09 |  |  |  |                                                                |  |  |

## 4.4.4 Расчет пневмосистемы

Определяем расход воздуха в напорной и выхлопной магистралях, оценивая в первом приближении потери давления в напорной магистрали  $\Delta p_n = 0,6 \text{ МПа}$ , в выхлопной –  $\Delta p_c = 0,16 \text{ МПа}$ . Рабочая температура привода  $t = 293^\circ \text{ К}$  [6].

Для напорной магистрали:

$$G_H = \frac{p_1 \cdot F_1 \cdot V_{\max}}{R \cdot \eta_0}, [7] \quad (16)$$

где  $R = 287 \text{ Дж/кг}$ - газовая постоянная;

$\eta = 0,85$  – объемный КПД двигателя.

$$G_H = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 502,4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,33}{287 \cdot 293 \cdot 0,85} = 0,139 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Для выхлопной магистрали

$$G_C = \frac{p_2 \cdot F_2 \cdot V_{\max} \cdot \eta_0}{R \cdot T_2}, [7] \quad (17)$$

$$G_C = \frac{0,16 \cdot 10^6 \cdot 452,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,33 \cdot 0,85}{293 \cdot 287} = 0,024 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Диаметр условного прохода для напорного трубопровода:

$$d_y = \sqrt{\frac{4 \cdot G_H}{\rho_M \cdot \pi \cdot u}}, [7] \quad (18)$$

где  $u=50$  м/с – скорость потока для обоих трубопроводов в первом приближении. [7]

Плотность воздуха при нормальных условиях выбираем по таблице 4.8. [7]

Таблица 4.8 - Плотность воздуха при нормальных условиях

|                            |      |      |      |      |      |      |     |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|-----|
| t, °C                      | -10  | 0    | 20   | 40   | 60   | 80   | 100 |
| $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | 1,42 | 1,34 | 1,25 | 1,16 | 1,10 | 1,03 | 1,0 |

$$\rho_0 = 0,1 \text{ Мпа}, 293, T_0 = \text{К}, \rho_0 = 1,25 \text{ кг/м}^3$$

Плотность воздуха при рабочих условиях определяем по формуле:

$$\rho = \frac{\rho_0 \cdot p \cdot T_0}{p \cdot T}, [7] \quad (19)$$

$$\rho = \frac{1,25 \cdot 0,7 \cdot 293}{0,1 \cdot 293} = 8,75 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

$$d_y = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,036}{8,75 \cdot 3,14 \cdot 50}} = 0,01 \text{ м}$$

Выбираем значение по конструктивным соображениям из номинального ряда  $d_y = 10 \text{ мм}$ .

Кинематическая вязкость:

$$V = \frac{\mu}{\rho}, [7] \quad (20)$$

где динамическая вязкость воздуха выбрана по таблице 4.9 [2].

Таблица 4.9 - Динамическая вязкость воздуха

|                                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| t, °C                                   | -20  | -10  | 0    | 10   | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  |
| $\mu \cdot 10^5$ ,<br>Нс/м <sup>2</sup> | 1,59 | 1,65 | 1,71 | 1,77 | 1,83 | 1,95 | 2,07 | 2,19 | 2,33 |

$$\mu = 1,83 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Нс}}{\text{м}^2}$$

$$V = \frac{1,83 \cdot 10^{-5}}{8,75} = 0,21 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{u \cdot d_y}{v}, [7] \quad (21)$$

$$Re = \frac{50 \cdot 0,01}{0,21 \cdot 10^{-5}} = 2,38 \cdot 10^5 > 2300.$$

Режим течения - турбулентный. При использовании в качестве трубопроводов поливинилхлоридной трубки величину шероховатости можно принять по таблице 4.10 как для трубы из чистого стекла  $\Delta=0,0015\text{мм}$  [8].

Таблица 4.10 – Шероховатость трубопроводов поливинилхлоридной трубки

|                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| Характеристика поверхности труб    | $\Delta$ , мм |
| Технически гладкие из латуни, меди | 0,0015-0,010  |
| Новые стальные                     | 0,020-0,10    |
| Трубы из чистого стекла            | 0,0015-0,010  |

Определяем коэффициент трения в напорной магистрали:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, [9] \quad (22)$$

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{0,0015}{10} + \frac{68}{2,38 \cdot 10^5} \right)^{0,25} = 0,016$$

Определяем потери давления на трение по длине трубопровода в напорной магистрали:

$$\Delta p_T = \frac{\lambda \cdot l \cdot u^2 \cdot \rho_1}{2d}, [7] \quad (23)$$

$$\Delta p_T = 0,016 \cdot 2 \cdot 50^2 \cdot 8,75 / 2 \cdot 0,01 = 0,035 \text{ МПа},$$

Определяем потери давления на трение по длине трубопровода в сливной магистрали:

$$\Delta p_T = \frac{\lambda \cdot l \cdot u^2 \cdot \rho_1}{2d}, [7] \quad (24)$$

$$\Delta p_T = \frac{0,016 \cdot 0,5 \cdot 50^2 \cdot 8,75}{2 \cdot 0,01} = 0,009 \text{ МПа},$$

Потерями на изгибах трубопровода пренебрегаем из-за их малости.

Потери давления в местных сопротивлениях принимаем по техническим данным пневмоаппаратов:

|                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| фильтр-влагоотделитель | $\Delta p_{M1}=0,08 \text{ МПа},$  |
| редукционный клапан    | $\Delta p_{M2}=0,05 \text{ МПа},$  |
| маслораспылитель       | $\Delta p_{M3}=0,025 \text{ МПа},$ |
| пневмораспределитель   | $\Delta p_{M4}=0,02 \text{ МПа}.$  |

Суммарные потери давления в напорной магистрали:

$$\Delta p_H = \Delta p_T + \Delta p_M = 0,009 + 0,175 = 0,184 \text{ МПа} \quad (25)$$

Максимальное давление в рабочей полости цилиндра:

$$p_{1\max} = p_M - \Delta p_H, [7] \quad (26)$$

$$p_{1\max} = 0,7 + 0,184 = 0,516 \text{ МПа}.$$

Определяем коэффициент расхода для напорной магистрали:

$$\delta = \frac{p_{1\max}}{p_M}, [7] \quad (27)$$

$$\delta = \frac{0,516}{0,7} = 0,74,$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\lambda \left( \frac{2}{d_y} \right) + \left( \frac{2}{K} \right) \cdot \ln \left( \frac{1}{\delta} \right)}}, [7] \quad (28)$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{0,016 \left(\frac{2}{0,01}\right) + \left(\frac{2}{1,4}\right) \cdot \ln\left(\frac{1}{0,74}\right)}} = 0,52.$$

Уточняем значение скорости потока по формуле:

$$u = \mu \left(\frac{p_M}{\rho_M}\right) \sqrt{\frac{2K(\delta^{\frac{2}{K}} - \delta^{\frac{K+1}{K}})}{RT(K-1)}}, [7] \quad (29)$$

$$u = 0,52 \left(\frac{0,7 \cdot 10^6}{8,75}\right) \sqrt{\frac{2 \cdot 1,4(0,74^{\frac{2}{1,4}} - 0,74^{\frac{1,4+1}{1,4}})}{287 \cdot 293(1,4-1)}} = 43,62 \text{ м/с.}$$

Определяем массовый расход воздуха по формуле:

$$G = \rho \cdot u \cdot F_y, [7] \quad (30)$$

$$G = 8,75 \cdot 43,62 \cdot 7,85 \cdot 10^{-5} = 0,057 \text{ кг/с,}$$

Объемный расход воздуха в начальном сечении:

$$Q = \frac{G}{\rho}, [7] \quad (31)$$

$$Q = \frac{0,057}{8,75} = 6,6 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{с,}$$

Максимальный расход воздуха по формуле:

$$G_{max} = \mu \cdot p_M \cdot F_y \sqrt{\frac{2 \cdot \delta^*(1 - \delta^*)}{RT}}, [7] \quad (32)$$

$$G_{max} = 0,52 \cdot 0,7 \cdot 10^6 \cdot 7,85 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2 \cdot 0,528(1 - 0,528)}{287 \cdot 293}} = 0,07 \text{ кг/с,}$$

где  $\delta^* = 0,528$  – критическое отношение давления. [9]

Что соответствует в начальном сечении:

$$Q_{max} = \frac{G \cdot 60}{\rho} = \frac{0,07 \cdot 60}{8,75} = 0,48 \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (33)$$

Выбираем пневмораспределитель. Диаметр условного прохода  $d_y = 10$  мм, пропускная способность  $k_v = 1,65 \text{ м}^3/\text{час}$ . Эффективная площадь проходного сечения пневмораспределителя:

$$F_3 = \frac{Q_B}{14} = \frac{k_v}{3600 \cdot 14} = \frac{1,65}{3600 \cdot 14} = 3,27 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2. \quad (34)$$

Следовательно, коэффициент расхода распределителя  $\mu=0,42$ . [7]

Скорость воздуха в окнах распределителя:

$$u = \frac{G}{6 \cdot F} = \frac{0,07}{6 \cdot 7,85 \cdot 10^{-5}} = 148,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (35)$$

Потери давления на распределителе составит:

$$\Delta p_p = \frac{p_0}{2} \pm \sqrt{\frac{p_0^2}{4} - \frac{Q_0 \cdot p_0}{F_{-3} \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot T_0}}}, [7] \quad (36)$$

$$\Delta p_p = \frac{0,7}{2} - \sqrt{\frac{0,7^2}{4} - \frac{1,71 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7}{3,27 \cdot 10^{-5} \sqrt{2 \cdot 287 \cdot 293}}} = 0,17 \text{ МПа}.$$

Полученные значения расхода воздуха обеспечивается параметрами выбранной пневмоаппаратуры.

На следующем этапе рассчитываются потери давления в выхлопной магистрали. Диаметр условного прохода  $d_y = 10$  мм, максимальный расход.  $G_C = 0,0065$  кг/с.

Скорость воздуха на выходе выхлопной магистрали:

$$u = \frac{0,0065 \cdot 287 \cdot 293}{0,1 \cdot 10^6 \cdot 7,85 \cdot 10^5} = 69,6 \text{ м/с}. \quad (37)$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{u \cdot d_y}{\nu}, [7] \quad (38)$$

$$Re = \frac{69,6 \cdot 0,01}{0,15 \cdot 10^{-4}} = 4,64 \cdot 10^4 > 2300;$$

следовательно, режим течения турбулентный.

Потери давления на трение:

$$\Delta p_T = \lambda \cdot \frac{l \cdot \rho \cdot u^2}{d_y \cdot 2}, \text{ где } \lambda = 0,016, [7] \quad (39)$$

$$\Delta p_T = 0,016 \cdot \frac{0,5 \cdot 69,6^2 \cdot 8,75}{0,01 \cdot 2} = 0,017 \text{ МПа}.$$

Потери давления в местных сопротивлениях (пневмораспределитель, пневмоклапан и дроссель) принимаем  $\Delta p_M = 0,02$  МПа.

Таким образом, потери давления в выхлопной полости:

$$p_c = p_a + \Delta p_c = 0,1 + 0,017 + 2 \cdot 0,02 = 0,157 \text{ МПа.} \quad (40)$$

Максимальное усилие, которое может развить двигатель:

$$P_{\text{ц}} = F_1 (p_{1\text{max}} - P \cdot p_c) \eta_M, [7] \quad (41)$$

$$P_{\text{ц}} = 502,4 \cdot 10^{-4} (0,516 \cdot 10^6 - 0,9 \cdot 0,157 \cdot 10^6) 0,95 = 17733,8 \text{ Н;}$$

где –  $\eta_M = 0,95$  механическое КПД двигателя. [9]

Максимальное усилие цилиндра  $P_{\text{ц}} = 17733,8$  Н не превышает полную нагрузку на шток цилиндра  $P = 23155,3$  Н.

Следовательно, выбранные параметры пневмосистемы обеспечивают работоспособность привода.

#### 4.4.5 Компрессор поршневой.

Поршневые компрессоры подразделяют на масляные и безмасляные. В картер первых заливается масло, которое распределяется вращающимся коленчатым валом, безмасляные же не требуют дозаправки маслом и могут работать не только в горизонтальном положении, но и под наклоном. Однако, не смотря на свои достоинства, безмасляные образцы имеют и ряд недостатков, среди которых: меньший срок службы, необходимость совершать перерывы в работе, малая производительность. Масляные же компрессоры обладают высокой надежностью, высокой производительностью, простотой конструкции, благодаря чему максимально ремонтпригодны. К тому же, такой недостаток, как содержание примесей масла в воздухе на выходе при подключении пневмоинструмента недостатком быть перестает. Напротив, пневмосистема нуждается в дополнительной смазке, для чего в нее включаются лубрикатор (маслораспылитель), который обогащает воздушный поток маслом и позволяет продлить срока службы отдельных элементов системы.

Принцип работы поршневого воздушного компрессора достаточно прост. Поршень совершает возвратно-поступательные движения, благодаря чему внутри емкости происходит сжатие воздуха. В отличие от винтовых моделей, в которых воздух поступает равномерно, - подача воздуха в поршневые компрессоры осуществляется импульсно, что приводит к вибрации и дополнительному шуму. Однако, вторые более компактны в размерах, что зачастую является главным их преимуществом. К тому же они дешевле своих винтовых аналогов в 5-6 раз.

Поршневые масляные компрессоры наиболее востребованы для частного и профессионального использования, так как сочетает в себе высокую производительность и компактный размер. Подходит для снабжения сжатым воздухом пневмосистем. Благодаря регулятору давления поршневой компрессор легко настраивается под необходимый режим работы с пневмоинструментом, создавая достаточный воздушный поток.

На встроенном манометре отображается давление в ресивере. Различные модификации могут иметь индикатор для отслеживания уровня масла, принудительное воздушное охлаждение, а так же комплектоваться воздушным фильтром.

В качестве компрессора был выбран компрессор поршневой КРАТОН АС-175-6-DD с характеристиками, представленными в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Технические характеристики компрессора

| Характеристика          | Значение  |
|-------------------------|-----------|
| Тип                     | Поршневой |
| Тип передачи            | Прямой    |
| Напряжение              | 220В      |
| Частота тока            | 50 Гц     |
| Рабочее давление        | 8 бар     |
| Производительность      | 175 л/мин |
| Объем ресивера          | 6 л       |
| Объем емкости для масла | 250 мл    |
| Вес                     | 13,5 кг   |

#### 4.4.6 Расчет дросселя

Определяем число Маха:

$$M = \frac{u}{u^*}, [7] \quad (42)$$

где  $u^*=347$  м/с, [7]

$$M = \frac{69,6}{347} = 0,2 < 1;$$

Формула для массового расхода дросселя:

$$G_C = \mu \cdot F_{др} \sqrt{\frac{p_2 \cdot \Delta p}{R \cdot T}}, [7] \quad (42)$$

$$G_C = 0,99 \cdot 2,52 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{0,179 \cdot 0,1}{287 \cdot 293}} = 0,065 \text{ кг/с}$$

Определяем проходное сечение дросселя:

$$Re = 4,64 \cdot 10^4, [7]$$

Так как  $Re_{гр} < Re < 105$ , то коэффициент сопротивления равен:

$$\xi_{\text{тр}} = 0,314 \cdot Re^{-0,25} = 0,314 \cdot 46400^{-0,25} = 0,02. \quad (43)$$

Откуда

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\text{тр}}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,02}} = 0,99.$$

$$F_{\text{др}} = \frac{G_c}{\mu \cdot \sqrt{\frac{p_2 \cdot \Delta p}{R \cdot T}}}, [7] \quad (44)$$

где:  $G_c=0,0065$  кг/с;

$p_2=0,179$  МПа; [9]

$\Delta p=0,1$  Мпа. [9]

$$F_{\text{др}} = \frac{0,0065}{0,99 \cdot \sqrt{\frac{0,179 \cdot 0,1}{287 \cdot 293}}} = 2,52 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Определяем ход регулятора:

$$x = \frac{d_y - \sqrt{\frac{4(F_y - F_{\text{др}})}{\pi}}}{2 \cdot \sin \alpha/2}, [7] \quad (45)$$

где  $\alpha=\pi/6$ , [9]

$$x = \frac{0,01 - \sqrt{\frac{4(7,85 - 2,52) \cdot 10^{-5}}{\pi}}}{2 \cdot 2,59} = 0,0034 \text{ м}.$$

#### 4.4.6 Распределитель прямого действия

Пневпораспределитель представляет собой оборудование для управления потоками от сжатого воздуха в системе пневматики. На рисунке 4.6 изображен внешний вид распределителя. Производитель Samozzi.

Пневмораспределители прямого действия, имеют возможность работать с любым воздухом (с маслом и без масла). Комплектация поставки может включать в себя нормально открытые( Н.О) или нормально закрытые (Н.З).



Рисунок 4.6 – Внешний вид пневмораспределителя.

Конструктивные особенности пневмораспределителей позволяет осуществлять монтаж как групповым способом, так и в индивидуальном порядке.

Его технические характеристики представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - технические характеристики пневмораспределителя

| КОДИРОВКА                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |     |   |   |   |   |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----|---|---|---|---|
| 6                                                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8 | M | - | 105 | - | A | 6 | B |
|                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |     |   |   |   |   |
| 6                                                       | СЕРИЯ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |     |   |   |   |   |
| 3                                                       | КОЛИЧЕСТВО ЛИНИЙ - ФУНКЦИЯ:<br>0 = приточное исполнение<br>1 = 2/2, Н.О.<br>2 = 2/2, Н.З.<br>3 = 3/2, Н.З.<br>4 = 3/2, Н.О.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |     |   |   |   |   |
| 8                                                       | ПРИСОЕДИНЕНИЕ:<br>0 = приточное исполнение<br>3 = G3/8<br>8 = G1/8<br>C = под трубку ø 4 мм                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |     |   |   |   |   |
| M                                                       | M = групповой монтаж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |     |   |   |   |   |
| 105                                                     | ТИП КОНСТРУКЦИИ:<br>150 = корпус с резьбовыми отверстиями<br>450 = приточной поворотный<br>457 = приточной фиксированный<br>101 = одностенная плита<br>102 = 2-х местная плита<br>103 = 3-х местная плита<br>104 = 4-х местная плита<br>105 = 5-ти местная плита<br>106 = 6-ти местная плита<br>107 = 7-ми местная плита<br>108 = 8-ми местная плита<br>109 = 9-ти местная плита<br>110 = 10-ти местная плита<br>111 = 11-ти местная плита<br>112 = 12-ти местная плита<br>113 = 13-ти местная плита<br>114 = 14-ти местная плита<br>115 = 15-ти местная плита |   |   |   |     |   |   |   |   |
| A                                                       | МАТЕРИАЛ КАТУШКИ:<br>A = PPS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |     |   |   |   |   |
| 6                                                       | РАЗМЕРЫ СОЛЕНОИДА:<br>6 = 32x32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |     |   |   |   |   |
| B                                                       | НАПРЯЖЕНИЕ СОЛЕНОИДА:<br>B = 24 V 50/60 Hz<br>C = 48 V 50/60 Hz<br>D = 110 V 50/60 Hz<br>E = 230 V 50/60 Hz<br>2 = 12 V DC<br>3 = 24 V DC<br>4 = 48 V DC<br>6 = 110 V DC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |     |   |   |   |   |
| ИСПОЛНЕНИЕ:<br>= стандарт<br>LT = для низких температур |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |     |   |   |   |   |

## **5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **5.1 Введение**

ВКР посвящена исследованию и разработке установки контактно-стыковочной сварки. Установка работает в помещении, в котором также расположено автоматизированное рабочее место, где оператор при помощи специализированного прикладного программного обеспечения контролирует параметры режима работы установки, отслеживает диагностические показатели комплекса (состояние управляющей системы, датчиков, приводов, потребленную мощность и т.д.), а также отслеживает передвижения и другие показатели.

Рабочим местом оператора является отдельное помещение с компьютером, где будет работать оператор и управлять системой. В данном разделе выпускной квалификационной работы анализируются вредные и опасные факторы на рабочем месте в соответствии с действующими нормативными документами.

На данный момент проект находится на этапе сборки установки контактно-стыковой сварки. Рабочим местом является производственное помещение площадью 20м<sup>2</sup>.

## 5.2 Характеристика объекта исследования

Под рабочим местом оператора понимается зона его трудовой деятельности в системе «человек – машина», оснащенная техническими средствами и вспомогательным оборудованием, необходимым для осуществления функций контроля и управления производственным процессом.

Параметры помещения работников (4 человека):

- площадь – 20 м<sup>2</sup>;
- высота потолка – 3,25 м.

Согласно СП 60.13330.2020 [11] в производственных помещениях должны быть учтены следующие условия:

- уровень шума от оборудования, в том числе вентиляционного не должен превышать 110 дБА;
- система не должна быть взрывоопасна;
- для производств, в процессе работы которых выделяются вредные вещества, следует соблюдать нормы ПДК (предельно допустимой концентрации) и т.д.

При низких температурах отопление производственных помещений, как требует охрана труда, должно осуществляться в тех случаях, когда время пребывания там работников превышает 2 часа.

Охрана труда предъявляет к отоплению производственных помещений ряд санитарно-гигиенических требований:

- прогрев воздуха внутри помещений до комфортной температуры;
- возможность регулировать температуру за счет количества выделяемой теплоты;
- надежность отопительной системы при эксплуатации и удобство в ремонте и т.д.

Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк. Равномерность освещенности должна быть не менее 0,40 для зоны непосредственного окружения; 0,10 – для зоны

периферии. При равномерности освещенности 0,10 освещенность поверхностей должна быть не менее 50 лк на стенах, 30 лк – на потолке [12].

Рабочее место оператора оборудовано мониторами и другими приборами для отображения информации, органами управления, в виде пультов, телефоном для связи с другим персоналом, шкафами с необходимой документацией, а также специальными сигналами для аварийных ситуаций.

Параметры рабочего пространства: ширина – 800 мм; глубина – 500 мм; высота рабочей поверхности стола (столешницы) над полом 750 мм. Расстояние между высотой рабочей поверхности и кресла оператора 280 мм. Кресло оператора имеет высоту 550 мм. Угол отклонения спинки кресла к поверхности сидения 110°. Размеры кресла: ширина сидения – 500 мм; глубина – 450 мм; ширина подлокотников – 50 мм; длина – 250 мм; высота над поверхностью сидения – 250 мм [13, 14].

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

#### **5.3.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. В условиях непрерывного производства применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырехбригадный график сменности. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК о предоставлении работникам

еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов [15].

К уполномоченным государственным органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России, Минпромторг, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

#### **5.4 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

##### **5.4.1 Эргономические требования к производственному оборудованию**

Все уровни опасных и вредных производственных факторов, исходящих от оборудования в рабочую зону, а также влияющих непосредственно на рабочего, должны соответствовать требованиям безопасности, установленным нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке.

Входящие в конструкцию производственного оборудования специальные технические и санитарно-технические средства не должны затруднять выполнение трудовых действий.

Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать оптимальное распределение функций между человеком и производственным оборудованием [16].

#### 5.4.2 Эргономические требования к рабочему месту

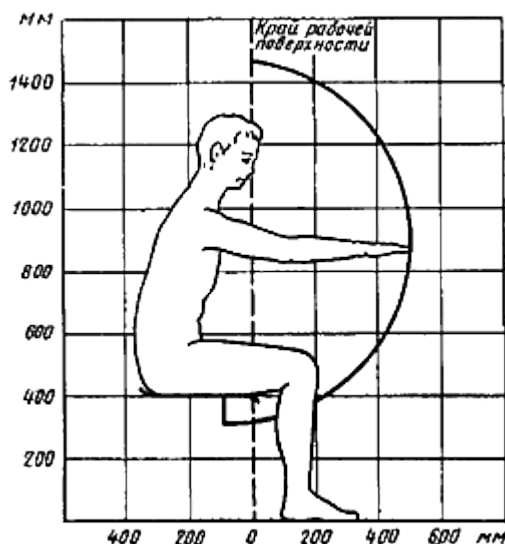
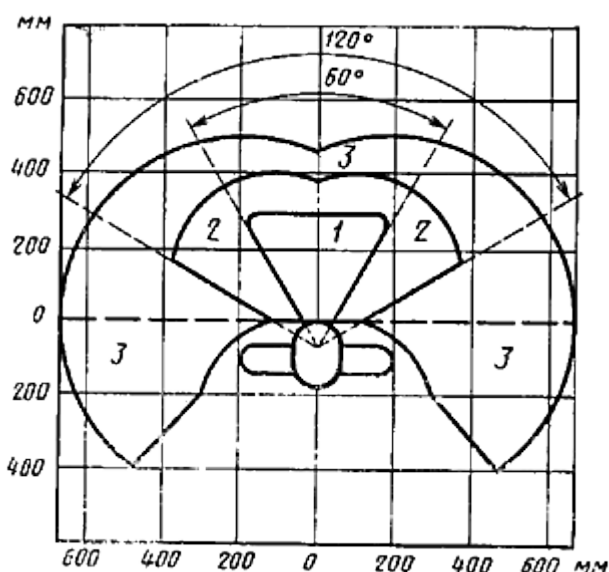


Рисунок 5.1 – Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости



1 - зона для размещения наиболее важных и очень часто используемых органов управления (оптимальная зона моторного поля); 2 - зона для размещения часто используемых органов управления (зона легкой досягаемости моторного поля); 3 - зона для размещения редко используемых органов управления (зона досягаемости моторного поля)

Рисунок 5.2 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления

Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием:

- высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног. Регулируемые параметры следует выбирать по номограмме;
- высоты сиденья и подставки для ног (при нерегулируемой высоте рабочей поверхности) [13].
- Конструкция регулируемого кресла оператора должна соответствовать требованиям ГОСТ 21889-76 [14].
- Органы управления на рабочей поверхности в горизонтальной плоскости необходимо размещать с учетом следующих требований:
- очень часто используемые и наиболее важные органы управления должны быть расположены в зоне 1 (рисунок 10.2);
- часто используемые и менее важные органы управления не допускается располагать за пределами зоны 2 (рисунок 10.2).

Необходимо учесть на рабочем месте требования к химическим и биологическим факторам производственной среды. В таблице 10.1 Приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны [17].

Таблица 5.1 – ПДК загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны

| Наименование вещества          | Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup> | Преимущественное агрегатное состояние в воздухе | Класс опасности | Особенности действия на организм |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Азота диоксид                  | 2                               | п                                               | 3               | О                                |
| Алкены                         | 300/100                         | п                                               | 4               |                                  |
| Бензонитрил                    | 1                               | п                                               | 2               |                                  |
| Гистидин                       | 2                               | а                                               | 3               |                                  |
| Кобальт                        | 0,01                            | а                                               | 1               | А                                |
| Метилизотиоцианат <sup>+</sup> | 0,05                            | п                                               | 1               | А,О                              |
| Нитроэтан                      | 30                              | п                                               | 4               |                                  |
| Ораза                          | 0,5                             | а                                               | 2               |                                  |

|                                                                                                                                                                                               |         |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|
| Пентан                                                                                                                                                                                        | 900/300 | п | 4 |   |
| Фосфин                                                                                                                                                                                        | 0,1     | п | 1 | О |
| Примечание: «п» – пары и (или) газы; «а» – аэрозоль; «О» – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе; «А» – аллергены. |         |   |   |   |

### **5.4.3 Эргономические требования к пультам управления**

Поверхности пультов управления должны обладать диффузным или направленным-рассеянным отражением светового потока, исключающим появление бликов в поле зрения оператора [18].

При разработке пультов, предназначенных для управления однотипными объектами, должно соблюдаться одно и то же размещение наиболее важных для процесса управления, часто используемых и аварийных органов управления и средств отображения информации.

### **5.4.4 Принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления**

Главный принцип построения систем «человек-машина» состоит в том, что машина и относящиеся к ней элементы (индикаторы, органы управления, надписи и т.д.) должны соответствовать оператору и поставленной задаче [19].

Система «человек-машина» соответствует поставленной задаче, если она позволяет правильно и эффективно выполнять задание. Основные принципы, которыми необходимо руководствоваться, при взаимодействии: принцип распределения функций, принцип комплексности, Принцип группирования. принцип отличимости, принцип функциональной взаимосвязи.

#### **5.4.5 Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем**

При разработке проекта производственной системы следует учитывать, что человек является основой и общей составляющей проектируемой системы, включая производственный процесс и производственную среду [20].

В процессе проектирования производственной системы должны быть рассмотрены основные взаимосвязи между персоналом и компонентами системы, такими как производственные задания, оборудование, рабочее пространство и производственная среда.

### **5.5 Производственная безопасность**

Проанализируем разработанную систему автоматизации с точки зрения наличия или возможного возникновения опасных и вредных факторов, а также их влияния на работников [21].

Расположение пунктов управления в каждом конкретном случае определяется с учетом характеристик технологического процесса, норм и требований пожарной безопасности строительных конструкций, планировки и строительных решений, удобства управления автоматизированным объектом и простоты обслуживания система.

Поскольку рабочее место оператора находится в комнате, где есть силовые шкафы, средства связи и компьютерное оборудование, в этих помещениях может присутствовать ряд опасных и вредных факторов. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представим в виде таблицы 10.2.

Таблица 5.2 – Перечень опасных и вредных факторов

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Факторы<br>(ГОСТ 12.0.003-2015) |  |
|---------------------------------|--|

|                                                                                                              |                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.Отклонение показателей микроклимата                                                                        | Гигиенические и нормативные требования устанавливает СанПиН 1.2.3685-21 [17]. Санитарные требования устанавливает ГОСТ 12.1.005-88 [32]. |
| 2. Превышение уровня шума                                                                                    | Шум на рабочих местах и в помещениях регламентирует ГОСТ 12.1.003-83 [23], СН 2.2.4/ 2.1.8.562-96 [24].                                  |
| 3.Повышенный уровень электромагнитного излучения                                                             | Требования к электромагнитным излучениям устанавливает ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ [26].                                                       |
| 4.Недостаточная освещенность рабочей зоны                                                                    | требования к освещению устанавливаются СНиП 23-05-95 [12].                                                                               |
| 5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | Требования к электробезопасности устанавливает ГОСТ 12.1.038-82 [27].                                                                    |
| 6. Опасность нанесения механической травмы                                                                   | Требования к безопасности получения механических травм ГОСТ Р 54124-2010 [33].                                                           |
| 7. Пожарная безопасность                                                                                     | Требования к пожарной безопасности регламентирует ГОСТ 12.1.004-91 [28].                                                                 |

## 5.6 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, определяется совместно температурой, относительной влажностью и скоростью воздуха, а также температурой окружающих поверхностей, воздействующих на организм человека (ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны») [22].

Допустимые микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избыточного тепла, времени года и степени тяжести выполненных работ указаны в СанПиН 1.2.3685-21 [17] (таблица 10.3).

Таблица 5.3 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах оператора

| Период года | Категория работ | Температура воздуха, °С |      | Температура поверхностей, t°С | Относительная влажность воздуха, φ% | Скорость движения воздуха, м/с |                                   |
|-------------|-----------------|-------------------------|------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
|             |                 |                         |      |                               |                                     | Если t° < t° <sub>опт</sub>    | Если t° > t° <sub>опт</sub> "***" |
| Холодный    | Ia              | 20,0                    | 25,0 | 19,0 – 26,0                   | 15 – 75                             | 0,1                            | 0,1                               |

|        |    |      |      |             |         |     |     |
|--------|----|------|------|-------------|---------|-----|-----|
| Теплый | Ia | 21,0 | 28,0 | 20,0 – 29,0 | 15 – 75 | 0,1 | 0,2 |
|--------|----|------|------|-------------|---------|-----|-----|

При температурах воздуха 26 – 28°C скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону:

- 0,1 – 0,2 м/с – при категории работ Ia;
- 0,1 – 0,3 м/с – при категории работ Ib;
- 0,2 – 0,4 м/с – при категории работ IIa;
- 0,2 – 0,5 м/с – при категории работ II и III.

### **5.6.1 Опасность, обусловленная шумами и вибрацией машин**

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. Из-за шума работники испытывают более быстрое утомление, что приводит к снижению производительности на 10...15%, увеличению количества ошибок при выполнении операций трудового процесса и, следовательно, к повышенному риску получения травмы [23].

При длительном воздействии шума чувствительность слухового аппарата снижается, возникают патологические изменения в нервной и сердечно-сосудистой системах.

Допустимые уровни шума на рабочих местах должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003-83 [23] и СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [24].

Производственная вибрация, характеризующаяся значительной амплитудой и продолжительностью действия, вызывает у работников раздражительность, бессонницу, головную боль, ноющие боли в руках людей, имеющих дело с вибрирующим инструментом. Под влиянием общей вибрации изменения со стороны центральной нервной системы более выражены: появляются головокружение, шум в ушах, нарушение памяти, нарушение координации движений, вестибулярные расстройства, потеря веса.

Таблица 5.4 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999 г.)

| Рабочие места                                                                  | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------------------------------------------------|
|                                                                                | 31,5                                                                                     | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                                                |
| В помещениях цехового управленческого аппарата, рабочих комнатах, лабораториях | 93                                                                                       | 79 | 70  | 63  | 58  | 55   | 52   | 50   | 49   | 60                                             |

Основные параметры вибрации: частота и амплитуда колебаний. Пороговая частота колебаний составляет 18 Гц, на более низкой частоте вибрация воспринимается как отдельные удары. Верхний порог частоты воспринимаемых колебаний находится на уровне 1500 Гц. При дальнейшем увеличении частоты вибрации возникает ощущение равномерного прикосновения определенной силы.

Допустимые уровни виброскорости по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [25] приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Гигиенические нормы уровней виброскорости (ГОСТ 12.1.012–90)

| Вид вибрации    | Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц |     |    |    |    |      |    |     |     |     |      |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|----|----|------|----|-----|-----|-----|------|
|                 | 1                                                                                               | 2   | 4  | 8  | 16 | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| Технологическая | —                                                                                               | 108 | 99 | 93 | 92 | 92   | 92 | —   | —   | —   | —    |

### 5.6.2 Воздействие электромагнитного излучения на оператора

По энергетической экспозиции, которая определяется интенсивностью ЭМИ РЧ и временем его воздействия на человека [26].

Предельно допустимые значения энергетической экспозиции представлены в таблице 10.6.

Таблица 5.6 – Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

| Диапазоны частот  | Предельно допустимая энергетическая экспозиция           |                                                      |                                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                   | По электрической составляющей,<br>(В/м) <sup>2</sup> · ч | По магнитной составляющей,<br>(А/м) <sup>2</sup> · ч | По плотности потока энергии<br>(мкВт/см <sup>2</sup> ) · ч |
| 30 кГц – 3 МГц    | 20000,0                                                  | 200,0                                                | –                                                          |
| 3 – 30 МГц        | 7000,0                                                   | Не разработаны                                       | –                                                          |
| 30 – 50 МГц       | 800,0                                                    | 0,72                                                 | –                                                          |
| 50 – 300 МГц      | 800,0                                                    | Не разработаны                                       | –                                                          |
| 300 МГц – 300 ГГц | –                                                        | –                                                    | 200,0                                                      |

### 5.6.3 Производственное освещение

В настоящее время существует три типа освещения – естественное, искусственное и комбинированное. Требования к освещению производственных помещений приведены в таблице 10.7.

Естественное освещение делится на боковое, верхнее и комбинируемое [12].

Функциональное назначение искусственного освещения подразделяется на следующие виды: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное.

Таблица 5.7 – Требования к освещению помещений

| Характеристика зрительной работы | Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Под разряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Искусственное освещение                |                       |                              |                                                                                 |                                           | Естественное освещение | Совмещенное освещение                     |                       |     |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-----|
|                                  |                                                            |                          |                              |                          |                     | Освещенность, лк                       |                       |                              | Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации | КЕО, $e_n$ , %                            |                        |                                           |                       |     |
|                                  |                                                            |                          |                              |                          |                     | при системе комбинированного освещения |                       | при системе общего освещения |                                                                                 | при верхнем или комбинированном освещении | при боковом освещении  | при верхнем или комбинированном освещении | при боковом освещении |     |
|                                  |                                                            |                          |                              |                          |                     | всего                                  | в том числе от общего |                              |                                                                                 |                                           |                        |                                           |                       | $P$ |
| Высокой точности                 | От 0,30 до 0,50                                            | III                      | а                            | Малый                    | Темный              | 2000                                   | 200                   | 500                          | 40                                                                              | 15                                        | -                      | -                                         | 3                     | 1,2 |
|                                  |                                                            |                          |                              |                          |                     | 1500                                   | 200                   | 400                          | 20                                                                              | 15                                        |                        |                                           |                       |     |
|                                  |                                                            |                          | б                            | Малый                    | Средний             | 1000                                   | 200                   | 300                          | 40                                                                              | 15                                        |                        |                                           |                       |     |
|                                  |                                                            |                          |                              | Средний                  | Темный              | 750                                    | 200                   | 200                          | 20                                                                              | 15                                        |                        |                                           |                       |     |
|                                  |                                                            |                          | в                            | Малый                    | Светлый             | 750                                    | 200                   | 300                          | 40                                                                              | 15                                        |                        |                                           |                       |     |
|                                  |                                                            |                          |                              | Большой                  | Темный              | 600                                    | 200                   | 200                          | 20                                                                              | 15                                        |                        |                                           |                       |     |
|                                  |                                                            |                          | г                            | Средний                  | Светлый             | 400                                    | 200                   | 200                          | 40                                                                              | 15                                        |                        |                                           |                       |     |
|                                  |                                                            |                          |                              | Большой<br>«<br>Средний  |                     |                                        |                       |                              |                                                                                 |                                           |                        |                                           |                       |     |

## **5.7 Опасность поражения электрическим током**

Электробезопасность – это система организационных и технических мер и средств, которые защищают людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [27].

Наибольшая опасность в операторской может быть вызвана поражением электрическим током из-за замыкания электрической цепи через тело человека, то есть когда человек касается сети, по крайней мере, в двух точках.

## **5.8 Опасность нанесения механической травмы**

Опасность нанесения механических травм присутствует только во время монтажа системы, а во время эксплуатации распределительных щитов и панелей управления вероятность механических травм незначительна, поскольку в помещении нет предметов, которые могли бы причинить телесные повреждения [33].

## **5.9 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором вероятность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов исключается с установленной вероятностью, а также обеспечивается защита материальных ценностей. Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами противопожарной профилактики. Противопожарная профилактика включает в себя комплекс мер, необходимых для предотвращения возникновения пожара или уменьшения его последствий [28].

## **5.10 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего**

### **5.10.1 Мероприятия по поддержанию микроклимата**

При температурах воздуха 25°C и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

- 70% – при температуре воздуха 25° С;
- 65% – при температуре воздуха 26° С;
- 60% – при температуре воздуха 27° С;
- 55% – при температуре воздуха 28° С.
- При температурах воздуха от 26 °С до 28 °С скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону:

- 0,1 – 0,2 м/с – при категории работ Ia;

Работа оператора относится к категории Ia, поскольку работа связана с минимальными физическими нагрузками. Для поддержания микроклимата в помещении необходимо произвести монтаж приточно-вытяжной вентиляции, с подогревом поступающего воздуха в холодный период года.

### **5.10.2 Мероприятия по снижению уровней воздействия шума и вибрации**

Главными источниками шума в сборочных цехах являются работающие станки и механизмы, ручные механизированные инструменты, электрические машины, компрессоры, кузнечно-прессовое, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т.д.

Производственными источниками локальной вибрации являются ручные механизированные машины ударного, ударно-вращательного и вращательного действия с пневматическим или электрическим приводом.

Мероприятия по уменьшению воздействия вибраций и шумов на организм человека: снижение (ослабление) шума в самих источниках,

использование звукоизолирующего кожуха, применение акустических экранов, применение средств индивидуальной защиты.

Защита от вибраций на рабочих местах осуществляется методом виброизоляции – путём устройства упругих элементов, размещённых между вибрирующей машиной и основанием, на котором она установлена. В качестве индивидуальной защиты от вибраций, передаваемых человеку через ноги, рекомендуется носить обувь на войлочной или толстой микропористой резиновой подошве. Для защиты рук рекомендуется использовать виброгасящие перчатки.

### **5.10.3 Мероприятия по поддержанию требований к освещению**

Рабочее освещение является обязательным во всех помещениях и освещенных помещениях для обеспечения нормальной работы, прохода людей и транспортного движения.

Аварийное освещение предназначено для продолжения работы в случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (в случае аварии) и связанное с этим нарушение нормального технического обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, отравлению людей.

Эвакуационное освещение должно быть предусмотрено для эвакуации людей из помещений в случае аварийного отключения рабочего освещения.

### **5.10.4 Мероприятия по защите от воздействия электромагнитных излучений**

Защита персонала от воздействия ЭМИ РЧ осуществляется путем проведения организационных и инженерно-технических мероприятий, а также средств индивидуальной защиты. К организационным мероприятиям относятся: выбор рациональных режимов работы оборудования; ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМИ РЧ (защита расстоянием и временем) и т.п.

К средствам индивидуальной защита относятся защитные очки, щитки, шлемы, защитная одежда (комбинезоны, халаты и т.д.). дств индивидуальной защиты.

#### **5.10.5 Мероприятия по поддержанию требований к электробезопасности**

Электрооборудование помещения, в котором производится работа, относится к установкам напряжением до 1000 В.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Для обеспечения безопасности применяются технические средства защиты от поражения электрическим током, такие как изоляция токопроводящих частей (проводов); установка оградительных устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; защитное заземление; зануление; защитное отключение.

Для системы заземления на шкаф автоматизации разрабатываемой системы следует использовать трубы диаметром 45 мм (с толщиной стенок 2,5 мм), длиной 2500 мм и полосовую сталь сечением 200 мм<sup>2</sup>. Заземлители разместим в ряд. Характер грунта в месте установки заземлителей – суглинок.

В соответствии с трубчатые заземлители погружают в землю на глубину 0,8 м, расстояние между заземлителями примем равным трем длинам заземлителей  $a = 7500$  мм.

Наибольшие допустимые значения сопротивления заземляющего устройства – не более 4 Ом.

Удельное сопротивление грунта:

$$p_r = 1 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см.}$$

Учитывая возможность высыхания грунта летом и промерзания зимой, определяем расчетное значение удельных сопротивлений электродов и полос по следующим формулам:

$$p_3 = p_3 \cdot K_3,$$

$$p_n = p_n \cdot K_n,$$

где  $K_3$  и  $K_n$  - повышающие коэффициенты.

$$p_3 = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см};$$

$$p_n = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 = 5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Определяем величину сопротивления одной забитой в землю трубы:

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi \cdot L_M} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot L_M}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_m + L_m}{4 \cdot h_m - L_m} \right),$$

где  $\rho_3$  - удельное расчетное сопротивление грунта для электрода, Ом·см;

$L_M$  – длина трубы, см;

$d$  – наружный диаметр трубы, см;

$h_m$  – глубина заложения трубы в землю, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, см.

$$R_3 = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 250}{4,5} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 205 + 250}{4 \cdot 205 - 250} \right) = 60,5 \text{ Ом},$$

Определим потребное число трубчатых заземлителей по формуле:

$$N = R_3 / r_3,$$

где  $r_3$  – величина сопротивления заземляющего устройства, предусмотренная по норме – не более 4 Ом;

$R_3$  – сопротивление растекания одиночного заземлителя;

$$N = \frac{60,5}{4} = 15,1 \text{ шт},$$

Учитывая, что трубы соединяются заземляющей полосой, которая выполняет роль заземлителя, уменьшим полученное число труб до 14 шт.

Определяем длину  $L_n$  соединительной полосы:

$$L_n = 1,05 \cdot a \cdot (n-1),$$

$$L_n = 1,05 \cdot 7,5 \cdot (14-1) = 102 \text{ м},$$

Определяем сопротивление полосы  $R_n$ , Ом:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot L_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{h_n \cdot B},$$

где  $\rho_n$  - удельное расчетное сопротивление грунта для полосы Ом·см;

$L_n$  – длина полосы, см;

$B$  – ширина полосы, см;

$h_{\Pi}$  – глубина заложения полосы в землю, см.

$$R_{\Pi} = \frac{5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 10200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 10200^2}{80 \cdot 0,48} = 12,1 \text{ Ом},$$

Результирующее сопротивление растеканию системы с учетом коэффициента использования труб и полосы рассчитываем по формуле:

$$R_c = \frac{R_{\text{Э}} \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{Э}} \cdot \eta_{\Pi} + R_{\Pi} \cdot \eta_{\text{Э}} \cdot n},$$

где  $R_{\text{Э}}$  – сопротивление заземления одной трубы, Ом;

$n$  – число труб – заземлителей;

$\eta_{\text{Э}}$  – коэффициент использования труб контура;

$R_{\Pi}$  – сопротивление заземления соединяющих полос;

$\eta_{\Pi}$  – коэффициент использования соединительной полосы;

$\eta_{\text{Э}} = 0,82, \eta_{\Pi} = 0,76,$

$$R_c = \frac{60,5 \cdot 12,1}{60,5 \cdot 0,76 + 12,1 \cdot 0,82 \cdot 14} = 3,984 \text{ Ом},$$

Полученная величина результирующего сопротивления удовлетворяет нормам и, следовательно, его можно принять в качестве исходной при проектировании защитного заземления. Проведенный расчет можно считать выполненным правильно.

На рисунке 5.3 изображена схема расположения заземлителей в грунте.

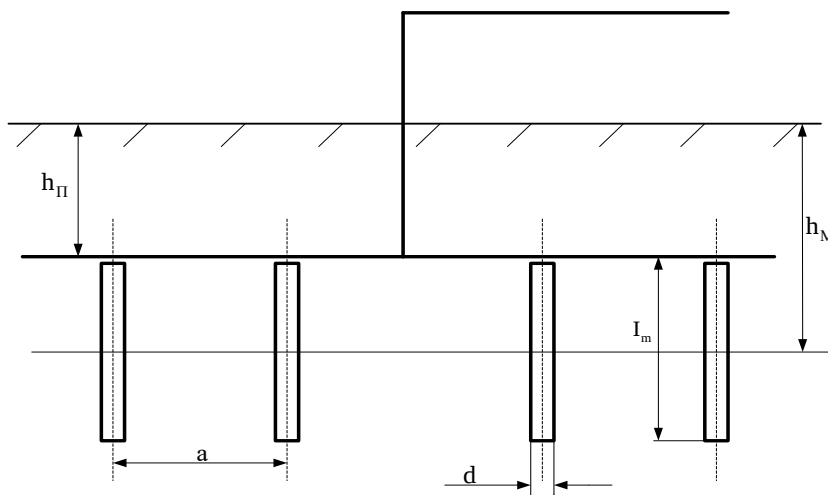


Рисунок 10.3 – Схема расположения заземлителей

Проведенный расчет заземления и полученная схема расположения заземлителей, которая будет реализована на объекте устранит опасность поражения электрическим током обслуживающего персонала и уменьшит процент аварий техногенного типа.

#### **5.10.6 Мероприятия по предотвращению механических травм**

При работе в производственном цеху необходимо предоставление работникам средств индивидуальной защиты, специальной обуви и одежды. Применяемые средства защиты должны соответствовать ГОСТ 12.4.011 [29].

#### **5.10.7 Мероприятия по поддержанию пожарной безопасности**

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использовании принципов обеспечения безопасности. При обеспечении пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и загораний, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожаров. Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и источников зажигания, а также поддержанием параметров среды в пределах, исключающих горение.

План эвакуации помещения оператора приведен на рисунке 10.4.

# План эвакуации

Утверждаю

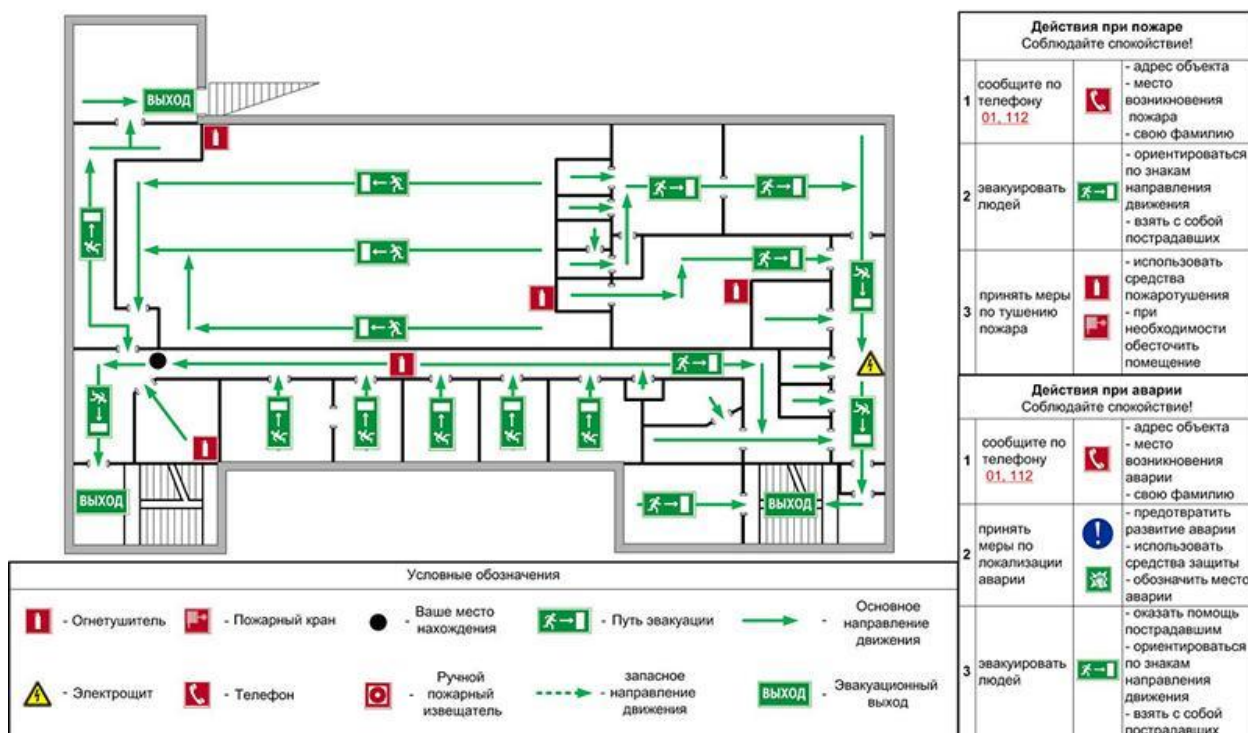


Рисунок 5.4 – План эвакуации

## 5.11 Мероприятия по охране окружающей среды

### 5.11.1 Мероприятия по охране атмосферы

При работе машиностроительных цехов в атмосферу выбрасываются сернистый, угарный, углекислый газ, оксиды азота, соединения фтора, хрома и тяжелых металлы. Насыщенный этими веществами воздух, в свою очередь, становится причиной многих заболеваний, прежде всего лёгочных.

Очистке газов и сточных вод способствуют методы: отстаивание, фильтрование, коагуляция, ультразвуковой, магнитный, адсорбция, абсорбция и нейтрализация.

Одним из основных средств уменьшения загрязнения атмосферы вредными примесями, выбрасываемыми через отводные сбросные трубы, является уменьшение рассеивания дымовых газов посредством увеличения количества труб и их высоты.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод о необходимости уменьшения вредных примесей в атмосферу, т.к. последние оказывают наиболее решающее влияние на загрязнение атмосферы [34].

### **5.11.2 Мероприятия по охране селитебной зоны**

Допустимые уровни шума следует принимать на 5 дБ (дБА) ниже значений (поправка  $= -5$  дБА), указанных в табл.5.35, от оборудования систем вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, к шуму оборудования (системы отопления, водоснабжения, оборудование насосное, холодильное, лифтовое), обслуживающего здание и встроено-пристроенные помещения. При этом поправку на тональность шума не учитывают (за исключением поз.1 для ночного времени суток) [35].

### **5.11.3 Мероприятия по охране литосферы**

Наибольшему загрязнению подвергается верхний слой литосферы – почва. Основными источниками загрязнения литосферы на разрабатываемой линии являются отходы компьютерной техники и периферийных устройств, бумажной продукции (журналов учета), различной мебели, вышедшей из эксплуатации [30].

Пути решения проблемы загрязнения литосферы:

- все отходы, которые возможно, подвергают вторичной переработке;
- завод работает по принципу безотходного производства [21].

### **5.12 Аварийная ситуация**

Рассмотрим аварийную ситуацию как наиболее вероятную – пожар.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб.

Топливная система являются наиболее пожароопасной. Для нее характерны следующие аварийные случаи:

- разрыв газопровода;
- разрушение бака компенсатора газопровода;
- перфорация газопровода;
- утечки газа из-за не герметичности запорной арматуры.

В связи с этим топливная система оборудована предохранительными устройствами, время срабатывания которых принято 120 с.

При возникновении пожара в первую очередь срабатывает световая и звуковая противопожарная сигнализация и быстродействующие клапаны – перекрывают подачу газа.

При этом работающий персонал должен воспользоваться всеми предусмотренными средствами пожаротушения. При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду. Персонал должен покинуть здание в течение минимального времени. После чего необходимо поставить в известность о случившемся инженера по техники безопасности.

### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

В ходе выполнения раздела были выявлены и проанализированы вредные и опасные факторы. Для них были установлены средства, которые помогают защитить находящегося в этом помещении человека от выявленных вредных и опасных факторов.

Анализу были подвергнуто влияние работы на рабочем месте на окружающую среду. Установлено, что после работы остаются отходы, которые при неправильной утилизации будут влиять на литосферу и атмосферу Земли. Выявлено, что отходы утилизируются согласно ГОСТ.

Кроме того, исследовались правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

В итоге, установлено, что рабочее место соответствует ГОСТ по защищённости от вредных и опасных факторов, при работе соблюдаются

правила по утилизации полученных отходов. Так же она соответствует правовым нормам и имеет соответствующую компоновку рабочей зоны.

## **6      ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В настоящее время вопрос об автоматизации контактно-стыковой сварки стоит довольно резко так, как позволяет сократить большое количество времени и свести к минимуму человеческий фактор. Разрабатываемая система управления контактно-стыковой сваркой будет применяться различных предприятиях, которым необходимо выполнять сварку этим методом. Интерес к автоматизированным системам контактно-стыковой сварки более чем актуален.

Актуальность обуславливается рядом причин, например тем, что несмотря на большое количество существующих систем нет такой системы чтобы полностью удовлетворяла скоростным и масса-габаритным параметрам существующей установки. В ходе выполнения ВКР был произведен литературный обзор, в результате чего была разработана система контактно-стыковой сварки. При небольших изменениях размеров разработанная система может применяться в различных отраслях.

### **6.1      Предпроектный анализ**

В настоящей работе исследуется процесс контактно-стыковой сварки трубы с наконечником. На сегодняшний день существует множество предприятий в РФ сваривание деталей, контактно-стыковым методом, в большинстве случаев устройств устаревшие или не могут выполнять сварку автоматически. Также при небольших изменениях в размерах разрабатываемая линия может складировать заготовки после этапа сварки.

Потенциальными потребителями результатов ВКР являются предприятия занимающиеся контактно-стыковой сваркой.

Отрасли применения: металлообработка, строительство, трубопрокатные заводы и т.д.

Таблица 6.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки                                                    | Вес критерия | Баллы            |                  | Конкурентоспособность |                  |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|
|                                                                    |              | Б <sub>раз</sub> | Б <sub>кон</sub> | К <sub>раз</sub>      | К <sub>кон</sub> |
| 1                                                                  | 2            | 3                | 5                | 6                     | 8                |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности                   |              |                  |                  |                       |                  |
| 1 Повышение производительности труда пользователя                  | 0,18         | 4                | 3                | 0,72                  | 0,52             |
| 2 Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,14         | 5                |                  | 0,7                   | 0,56             |
| 3 Энергоэкономичность                                              | 0,07         | 4                | 2                | 0,28                  | 0,14             |
| Экономические критерии оценки эффективности                        |              |                  |                  |                       |                  |
| 1 Конкурентоспособность продукта                                   | 0,09         | 3                | 3                | 0,45                  | 0,24             |
| 2 Уровень проникновения на рынок                                   | 0,06         | 5                | 5                | 0,18                  | 0,3              |
| 3 Цена                                                             | 0,07         | 3                | 4                | 0,35                  | 0,28             |
| 4 Предполагаемый срок эксплуатации                                 | 0,08         | 3                | 3                | 0,32                  | 0,24             |
| 6 Финансирование научной разработки                                | 0,04         | 4                | 5                | 0,16                  | 0,2              |
| 7 Срок выхода на рынок                                             | 0,03         | 3                | 3                | 0,15                  | 0,12             |
| 8 Финансирование научной разработки                                | 0,05         | 3                | 5                | 0,2                   | 0,25             |
| Итого                                                              | 1            | 47               | 51               | 4,46                  | 3,75             |

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 4,46, в то время другого аналога 3,75. Результат показывает, что данная система контактно-стыковой сварки, является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, надежность, цена, предполагаемый срок эксплуатации.

Обратимся к результатам SWOT-анализа.

Таблица 6.2 – Связь сильных сторон с возможностями

|    | S1 | S2 | S3 | S4 |
|----|----|----|----|----|
| O1 | +  | +  | +  | -  |

|    |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|
| O2 | + | - | + | - |
| O3 | - | - | - | + |

Таблица 5.3 – Связь слабых сторон с возможностями

|    | W1 | W2 | W 3 |
|----|----|----|-----|
| O1 | -  | +  | -   |
| O2 | -  | -  | +   |
| O3 | +  | -  | +   |

Таблица 6.4 – Связь сильных сторон с угрозами

|    | S1 | S2 | S3 | S4 |
|----|----|----|----|----|
| T1 | +  | +  | +  | -  |
| T2 | -  | -  | -  | -  |

Таблица 6.5 – Связь слабых сторон с угрозами

|    | W1 | W2 | W 3 |
|----|----|----|-----|
| T1 | +  | -  | -   |
| T2 | -  | -  | -   |

Таблица 6.6 – Матрица SWOT

|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                 | <b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b><br>S1. Простота конструкции<br>S2. Низкая цена составляющих системы.<br>S3. Быстрый монтаж системы.<br>S4. Актуальность исследования. | <b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b><br>W1. Возможность механических поломок.<br>W2. Большие размеры линии.<br>W3. Ограниченное число потребителей. |
| <b>Возможности:</b><br>O1. Перепрофилирование линии.<br>O2. Ускорение процесса.<br>O3. Дополнение линии сварки. | 1 Возможность за низкую цену перепрофилировать на другое производство.<br>2 Быстрый ввод системы в работу.<br>3 Возможность вносить изменения в систему.                                        | 1 Испытание в работе внесение изменений на этапе ПНР.<br>2 Изменение конструктива системы и перепрофилирование.                                                         |
| <b>Угрозы:</b><br>T1. Конкуренция роботизированных линий.<br>T2. Остановка на этапе разработки.                 | 1 Доработка системы с использованием ИИ.<br>2 Использование более дешевых материалов и датчиков.                                                                                                | 1 Разработка дополнений.<br>2 Проработка вариантов смещения конструкций.                                                                                                |

## 6.2 Инициация проекта

Устав научного проекта магистерской работы:

1. Цели и результаты проекта. Информация по потенциальным заинтересованным сторонам представлена в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Заинтересованные стороны проекта

| Заинтересованные стороны проекта | Ожидания заинтересованных сторон                                           |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Заказчик разработки              | Последующее применение разработки в системах управления и сбора телеметрии |

Цели и результат проекта представлены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Цели и результаты проекта

|                                     |                                                                                                                      |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цели проекта:                       | - сформировать структурную схему устройства,<br>- разработать протокол информационного и логического взаимодействия, |
| Ожидаемые результаты проекта:       | Готовое аппаратное решение                                                                                           |
| Критерии приемки результата проекта | Полное соответствие техническому заданию                                                                             |
| Требования к результату проекта:    | <b>Требование:</b><br>Выполнение всех пунктов технического задания.                                                  |

## 2. Организационная структура проекта

Таблица 6.9 – Рабочая группа проекта

| № п/п  | ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте         | Функции                                                                                                  | Трудозатраты, час. |
|--------|---------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1      | Емельянов А.А. инженер                | Исполнитель по проекту | 1. Разработка алгоритма управления.<br>2. Подбор оборудования.<br>3. Формирование отчётной документации. | 1011               |
| 2      | Курганов В.В. доцент<br>ОАР ИШИТР     | Руководитель проекта   | 1. Контроль выполнения работ.<br>2. Формирование отчётной документации.                                  | 157                |
| ИТОГО: |                                       |                        |                                                                                                          | 1832               |

## 6.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Распределение этапов и работ представлен в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № раб | Содержание работ | Должность исполнителя |
|----------------|-------|------------------|-----------------------|
|----------------|-------|------------------|-----------------------|

|                                                      |    |                                                                        |                            |
|------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Разработка<br>технического задания                   | 1  | Постановка целей и задач,<br>получение исходных данных                 | Руководитель<br>50%, И 50% |
|                                                      | 2  | Составление и утверждение ТЗ                                           | Руководитель<br>50%, И 50% |
| Теоретические и<br>экспериментальные<br>исследования | 3  | Патентный обзор                                                        | Руководитель<br>50%, И 50% |
|                                                      | 4  | Разработка конструкторской части<br>ВКР                                | Руководитель<br>5%, И 95%  |
|                                                      | 5  | Создание чертежей, разработка<br>принципиальной электрической<br>схемы | Руководитель<br>20%, И 80% |
|                                                      | 6  | Разработка алгоритма, создание<br>управляющей программы                | Руководитель<br>20%, И 80% |
| Обобщение и оценка<br>результатов                    | 7  | Оформление расчетной части ПЗ                                          | Руководитель<br>20%, И 80% |
|                                                      | 8  | Оформление графической части ПЗ                                        | И 100%                     |
| Оформление отчета по<br>НИР                          | 9  | Составление пояснительной записки                                      | И 100%                     |
|                                                      | 10 | Подготовка к защите ВКР                                                | И 100%                     |

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула (50):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

**Диаграмма Ганта** – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (таблица 6.12). Временные показатели проведения научного исследования представлены ниже. Таким образом, суммарная длительность работ в рабочих днях ( $T_{pi}$ ) для руководителя составила 19,584 дней, для инженера – 126,432 дней. Длительность работ в календарных днях ( $T_{ki}$ ): для руководителя – 28,9843 дней, для инженера – 187,119 дней.

Таблица 6.11 – Календарный план-график НИОКР

| Этап                                                             | Исполнители | Продолжительность работ, дни |           |             |           |           |             | Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн. |              |                 |                |
|------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|----------------------------------------------|--------------|-----------------|----------------|
|                                                                  |             | НР                           |           |             | И         |           |             | Т <sub>рд</sub>                              |              | Т <sub>кд</sub> |                |
|                                                                  |             | $t_{min}$                    | $t_{max}$ | $t_{ож}$    | $t_{min}$ | $t_{max}$ | $t_{ож}$    | НР                                           | И            | НР              | И              |
| 1                                                                | 2           | 3                            | 4         | 5           | 6         | 7         | 8           | 9                                            | 10           | 11              | 12             |
| Постановка целей и задач, получение исходных данных              | НР, И       | 2                            | 2         | 2           | 2         | 2         | 2           | 1,6                                          | 1,6          | 2,368           | 2,368          |
| Составление и утверждение ТЗ                                     | НР, И       | 3                            | 3         | 3           | 1         | 3         | 1,8         | 2,4                                          | 1,44         | 3,552           | 2,1312         |
| Патентный обзор                                                  | НР, И       | 1                            | 1         | 1           | 3         | 5         | 3,8         | 0,8                                          | 3,04         | -               | 4,4992         |
| Разработка конструкторской части ВКР                             | НР, И       | 3                            | 5         | 3,8         | 45        | 60        | 51          | 3,04                                         | 40,8         | -               | 60,384         |
| Создание чертежей, разработка принципиальной электрической схемы | НР, И       | 1                            | 1         | 1           | 5         | 9         | 6,6         | 0,8                                          | 5,28         | -               | 7,8144         |
| Разработка алгоритма, создание управляющей программы             | НР, И       | 1                            | 2         | 1,4         | 1         | 2         | 1,4         | 1,12                                         | 1,12         | 1,6576          | 1,6576         |
| Оформление расчетной части ПЗ                                    | НР, И       | 1                            | 2         | 1,4         | 1         | 2         | 1,4         | 1,12                                         | 1,12         | 1,6576          | 1,6576         |
| Оформление графической части ПЗ                                  | И           | -                            | -         | -           | 2         | 3         | 2,4         | -                                            | 1,92         | -               | 2,8416         |
| Составление пояснительной записки                                | И           | -                            | -         | -           | 5         | 7         | 5,8         | -                                            | 4,64         | -               | 6,8672         |
| Подготовка к защите ВКР                                          | И           | -                            | -         | -           | 10        | 14        | 11,6        | -                                            | 9,28         | -               | 13,7344        |
| <b>Итого:</b>                                                    |             |                              |           | <b>13,6</b> |           |           | <b>87,8</b> | <b>10,88</b>                                 | <b>70,24</b> | <b>16,1024</b>  | <b>103,955</b> |

Таблица 6.12 – Диаграмма Ганта

| Этап | Н<br>Р | И    | Март |    |    | Апрель |    | Май |    |    |    | Июнь |     |
|------|--------|------|------|----|----|--------|----|-----|----|----|----|------|-----|
|      |        |      | 10   | 20 | 30 | 40     | 50 | 60  | 70 | 80 | 90 | 100  | 110 |
| 1    | 2      | 2    | ■    | ■  |    |        |    |     |    |    |    |      |     |
| 2    | 3      | 1,8  |      | ■  | ■  |        |    |     |    |    |    |      |     |
| 3    | 1      | 3,8  |      |    | ■  | ■      |    |     |    |    |    |      |     |
| 4    | 3,8    | 51   |      |    |    | ■      | ■  |     |    |    |    |      |     |
| 5    | 1      | 6,6  |      |    |    |        | ■  | ■   |    |    |    |      |     |
| 6    | 1,4    | 1,4  |      |    |    |        |    | ■   | ■  |    |    |      |     |
| 7    | 1,4    | 1,4  |      |    |    |        |    |     | ■  | ■  |    |      |     |
| 8    | -      | 2,4  |      |    |    |        |    |     |    | ■  | ■  |      |     |
| 9    | -      | 5,8  |      |    |    |        |    |     |    |    | ■  | ■    |     |
| 10   | -      | 11,6 |      |    |    |        |    |     |    |    |    | ■    | ■   |

НР – ■ ; И – ■

## 6.4 Бюджет научного исследования

Статья «Расчет материальных затрат НТИ» включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Все материальные затраты, участвующие в научном исследовании представлены в таблице 6.13.

Таблица 6.13 – Материальные затраты

| Наименование                        | Единица измерения | Количество | Цена за ед., руб. | Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб. |
|-------------------------------------|-------------------|------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| Бумага SVETOCOPY A4, 80г/м2, 500л   | шт                | 1          | 350               | 350                                           |
| Комплект картриджей для Canon MP520 | шт                | 1          | 650               | 650                                           |
| ОВЕН ПЛК160                         | шт                | 1          | 106 977           | 106 977                                       |
| Итого                               |                   |            |                   | <b>107977</b>                                 |

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $S_{\text{мат}} = 107977 * 1,05 = 113375,85$  руб.

В статью «Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ» включают все затраты, связанные с приобретением специального программного обеспечения, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Затраты на специальное оборудование

| № п/п         | Наименование оборудования    | Кол-во единиц оборудования | Цена единицы оборудования, руб. | Общая стоимость оборудования, руб. |
|---------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1.            | Ноутбук HP Pavilion 17       | 1                          | 37100                           | 37100                              |
| 2.            | Microsoft Office             | 1                          | 9353                            | 9353                               |
| 3.            | ПО AutoCAD C1RK1-WW1762-T727 | 1                          | 69877                           | 69877                              |
| <b>Итого:</b> |                              |                            |                                 | <b>116330</b>                      |

Амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта определили используется формула:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_A * C_{\text{ОБ}} * t_{\text{рф}} * n}{F_d},$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

ЦОБ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

ФД – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

Рассчитаем амортизационные отчисления для ноутбука (время использования = 352 часов), расширительного модуля MB210 (40 часов).

$$C_{AM\text{ноут.}} = \frac{0,4 \cdot 35000 \cdot 352 \cdot 1}{2384} = 2067,1,$$

$$C_{AM.P.M.} = \frac{0,6 \cdot 106977 \cdot 40 \cdot 1}{2384} = 1076,9,$$

**Итого амортизация = 3144,00**

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле (57):

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/25,083,$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Таблица 6.15 – Затраты на заработную плату

| Исполнитель   | Оклад,<br>руб./мес. | Среднедневная<br>ставка,<br>руб./раб.день | Затраты<br>времени,<br>раб.дни | Коэффициент | Фонд<br>з/платы,<br>руб. |
|---------------|---------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------|
| НР            | 33 664              | 1342,09                                   | 11                             | 1,699       | 25 082,32                |
| И             | 15 470              | 616,75                                    | 72.6                           | 1,62        | 72 537,2                 |
| <b>Итого:</b> |                     |                                           |                                |             | <b>97619,52</b>          |

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ГР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;

$K_p = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$ . Вышеуказанное значение  $K_{\text{доп.ЗП}}$  применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае  $K_{\text{и}} = 1,62$ .

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НКРФ):

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование.

При этом сумма взносов к уплате зависит от того, превысил доход установленный лимит или нет. Ставка 30% действует по 2022 год включительно (ст. 425, 426 НК РФ).

Таблица 6.16 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель                                  | Руководитель | Инженер   |
|----------------------------------------------|--------------|-----------|
| Основная заработная плата, руб.              | 25 082,32    | 72 537,2  |
| Дополнительная заработная плата, руб.        | 2 508,23     | 7 553,72  |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 30%          |           |
| Сумма отчислений                             | 8 277,16     | 24 027,27 |
| Итого                                        | 32 304,43    |           |

Определение бюджета затрат на исследование по каждому варианту исполнения приведен в таблице 6.17.

Таблица 6.17 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Статьи                             |                                                                                           |                                                                       |                                   |                                             |                          |               |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|---------------|
| Материаль<br>ные<br>затраты<br>НТИ | Затраты на<br>специальное<br>оборудование<br>для научных<br>(эксперимента<br>льных) работ | Затраты по<br>основной<br>зарботной<br>плате<br>исполнител<br>ей темы | Амортизацио<br>нные<br>отчисления | Отчисле<br>ния во<br>внебюджет<br>ные фонды | Наклад<br>ные<br>расходы | Итого         |
| 113375,85                          | -                                                                                         | 97619,52                                                              | 3144,00                           | 32 304,43                                   | 35975,5                  | 282 419,<br>3 |
| 113375,85                          | 116 330,00                                                                                | 97619,52                                                              | 3144,00                           | 32 304,43                                   | 35975,5                  | 398749,3      |

В первой строке представлен текущий бюджет, во второй строке бюджет при покупке оборудования.

### 6.5 Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Произведём расчет интегральных финансовых показателей по каждому варианту исполнения:

$$I_{\Phi}^T = \frac{4,75}{4,55} = 1,044,$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{4,55}{4,55} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения научного исследования представим основываясь на значениях из таблицы 17.

Таблица 6.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Таблица 6.18 – Сравнительная оценка характеристик проекта

| Критерии                      | Весовой коэффициент | Разработка | Проект с затратами на оборудование (a1) |
|-------------------------------|---------------------|------------|-----------------------------------------|
| Повышение производительности  | 0,25                | 5          | 5                                       |
| Помехоустойчивость            | 0,2                 | 5          | 5                                       |
| Энергоэкономичность           | 0,15                | 4          | 4                                       |
| Надежность                    | 0,1                 | 5          | 4                                       |
| Потребность в ресурсах памяти | 0,1                 | 4          | 5                                       |
| Функциональная мощность       | 0,2                 | 5          | 4                                       |
| Итого:                        | 1                   | 4,75       | 4,55                                    |

Представим расчет интегральных показателей ресурсоэффективности:

$$I_m^T = 1,25 + 1 + 0,6 + 0,5 + 0,4 + 1 = 4,75,$$

$$I_m^{a1} = 1,25 + 1 + 0,6 + 0,4 + 0,5 + 0,8 = 4,55,$$

Полученные значения интегральных показателей позволяют рассчитать показатели эффективности вариантов исполнения проекта:

$$I_{\text{финр}}^T = \frac{4,75}{0,628} = 7,56,$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{4,55}{1} = 4,55.$$

Таким образом, сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{7,56}{4,55} = 1,66.$$

Сведём все вычисленные значения в таблицу 6.19.

Таблица 6.19 – Сравнительная эффективность разработки

| Показатель                                              | Разработка | Аналог |
|---------------------------------------------------------|------------|--------|
| Интегральный финансовый показатель разработки           | 0,628      | 1      |
| Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,75       | 4,55   |

|                                                  |      |      |
|--------------------------------------------------|------|------|
| Интегральный показатель эффективности разработки | 7,56 | 4,55 |
| Сравнительная эффективность вариантов исполнения |      | 1,66 |

### **Выводы:**

1. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 282 419,3 рублей;
2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, что позволило оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитать стоимость трудовых ресурсов.
3. Значение интегрального показателя эффективности научного исследования по выбранной теме составляет 7,56, по сравнению с 4,55. Следовательно, предложенное в ВКР техническое решение является наиболее эффективным вариантом исполнения, за счет экономии используемых ресурсов.

## **Заключение**

В данной работе выполнен обзор литературы по данной тематике, выделены составные части разрабатываемой системы и описан принцип работы. Сформулирована концепция и общие требования, для корректной работы установки контактно-стыковочной сварки.

Разработан алгоритм управления, с подробным описанием технологического процесса и выполнен подбор необходимого оборудования. Приведен расчет пневматической системы для создания ковачного усилия.

## **Список использованных источников**

1. Контактная стыковая сварка арматуры железобетона в условиях стройплощадки П. Н. Четверо, Н. Д. Горонков, Н. А. Виноградов, С. М. Самоотрясов, В. Ю. Сысов.
2. Оборудование для контактной сварки: Справочное пособие / Под ред. В.В. Смирнова. – СПб.: Энерго-агосмиздат. Санкт-Петербургское отделение. 2000. – 848 с.: ил.
3. Прогнозирование качества сварных соединений по данным мониторинга процесса контактной стыковой сварки оплавлением Н.А. Коновалов, В.А. Ерофеев, С.И. Полосков.
4. Контактная сварка: практическое пособие / П.Л. Чулошников – Москва: Машиностроение, 1977. – 144с.
5. Сварка техника и приемы / Машина контактной точечной сварки сфера применения, особенности конструкции <https://svarkaman.ru/oborudovanie>
6. Ручкин Л.В. Конструирование пневмоприводов робототехнических систем: Учеб. Пособие. – Красноярск. 1996. – 72 с.
7. Проектировочный расчет пневмопривода: Метод. указания / Сост. Л.В. Ручкин. – Красноярск: САА, 1996. – 68 с.
8. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т-3/ В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1978. – 577 с., ил.
9. Пневматические устройства и системы в машиностроении: справочник/Е. В. Герц, А. И. Кудрявцев, О. В. Ложкин и др. Под общ. ред. Е. В. Герц – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с., ил.
10. Навроцкий К. Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов: учебник. – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.
11. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003 (с Поправкой)
12. СНиП 23-05-95\* с СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.

13. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
14. ГОСТ 21889-76. Система «человек–машина. Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.
15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
16. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
17. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
18. ГОСТ 23000-78. Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ EN 894-1-2012. Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 1. Общие руководящие принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления.
20. ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
21. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
22. ГОСТ 12.1.005. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
23. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
24. 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.
25. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

26. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
27. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ Электробезопасность.
28. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ Пожарная безопасность.
29. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ Средства защиты работающих.
30. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
31. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.
32. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
33. ГОСТ Р 54124-2010. Безопасность машин и оборудования.
34. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.
35. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

**Приложение А**  
**(обязательное)**

Раздел 4

Description ACS of the butt welding plant

Студент:

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 8ЕМ01  | Емельянов Артём Александрович |         |      |

Руководитель ВКР:

| Должность        | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Курганов В.В. | к.т.н., доцент            |         |      |

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

| Должность                      | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ОИЯ ШБИП | Пичугова И.Л. | Старший преподаватель     |         |      |

## **4 DESCRIPTION ACS OF THE BUTT WELDING PLANT**

### **4.1 Purpose and functions of the system**

Resistance welding is distinguished by high productivity, cost-effectiveness of the process, makes it much easier to mechanize and automate the processes of manufacturing parts, and reduce the consumption of basic and auxiliary materials. These advantages are especially noticeable in mass and large-scale production.

The CJW installation is a complex of mechanical and electrical devices designed to perform the following functions:

- setting the mode parameters;
- fastening and compression of the parts to be welded, moving them to the welding zone;
- formation of a current pulse of a given shape;
- execution of welding stages according to a given algorithm.

The control of the CJW installation is a process that depends on many parameters that influence each other.

The system being developed is designed to carry out operations for automated control of the installation of CJW tips of guide channels with a diameter of 12.6 - 13 mm of fuel assemblies made of zirconium alloys.

The CJW unit control system provides the following functions:

- measurement of technological parameters of welding;
- control of parameter deviations from the norm;
- control of the state of the equipment;
- management of the stages of the process of welding products;
- automatic protection and blocking;
- signaling deviations and displaying information about the progress of welding;
- registration and archiving of information.

When developing a control and monitoring system for conveyor transport, an important role is played by the achievement of an optimal control mode. This mode is achieved when five main control criteria for installations with a conveyor type of feed

of workpieces are met, which take into account technical, technological, organizational and managerial areas:

- ensuring maximum safe operation of the plant;
- minimization of the share of manual operations in the management process;
- ensuring maximum functional reliability by reducing the downtime of mechanisms associated with the organization of the conveyor line, as well as the occurrence of malfunctions;
- ensuring maximum operational reliability of the plant.

Also, to obtain the optimal mode, it is necessary to ensure the mode of operation of each individual mechanism of the installation in the conveyor line. The optimal mode of operation of a separate conveyor is the mode in which the minimum costs are provided with changing parameters of the conveyor, load level, speed level, feed level. The main requirements for the control system of the welding complex are the performance of information and control functions, as well as signaling functions.

We detail the functions performed by the installation and how to implement them.

1. Measurement of welding parameters (these parameters include input and output analog control parameters: absolute linear displacement, welding force during welding, helium pressure in the welding zone, air pressure in the system, air supply of the pneumatic cylinder).

2. Control of deviations of parameters from the norm (control of deviations of parameters from the norm is carried out in the controller of the control system by comparing the current values of the parameters with the limiting technological norms and pre-emergency values of the parameters.).

3. Control of equipment status (contact status corresponding to operating equipment, equipment status signals are discrete, signal sources are position sensors. Equipment status is displayed on the monitor of the installation operator).

4. Control of the stages of the welding process of products (the stages of the process of welding of products are controlled using the buttons on the monitor screen. You can choose from the following stages:

- system performance check;
- welding of regular samples;
- welding of a technological sample.

The control is accompanied by the issuance of control signal commands. Control actions are displayed on the monitor.

5. Automatic protection and blocking. To protect equipment and products from breakage and damage, at each step of the work program, the correct location and movement of the product and the permissible limits of operating parameters are checked. In case of any violations, the further passage of the program is suspended and a message is issued to the operator about the type of violation or malfunction. Further execution of the program is resumed after the violation is eliminated at the command of the installation operator.

6. Deviation alarm and display of welding progress information. The deviation of the parameter from the norm during the welding process is signaled on the screen. Violations during the process are accompanied by the appearance of appropriate pop-up windows with messages to the operator about the malfunction.

7. Registration and archiving of information. After welding a set batch of products, the system generates a report on the welded batch in the form of a text file and a hard copy. The report on the computer hard drive and printouts indicates:

- batch number;
- date, time of start and end of batch welding;
- surname and personnel number of the welder;
- minimum and maximum shielding gas pressure at the inlet to the welding chamber;
- minimum and maximum welding force;
- minimum and maximum welding current;
- minimum and maximum movement of the tip.

8. Configuration. The control system has a complete set of software and hardware that allows configuration changes. Loading of modified or newly created programs is performed using a workstation on non-working hardware.

## **4.2 Hierarchical structure of the control system**

The hierarchical structure of the developed system of automatic control and management of the CJW installation consists of lower, middle and upper levels, and ensures the operation of the installation in a continuous automatic mode.

### **Lower level**

The lower level is represented by sensors and actuators installed directly on the process equipment. The main functions of this level:

- Analog and discrete measurement of technological parameters and their conversion into electrical signals;
- Change in the state and position of the elements of the CJW installation due to actuators.

Communication between the components of the lower and middle levels of the system is carried out using standard unified electrical analog (4-20 mA) and discrete (0-24V DC) signals. The structure of communication lines is rad.

### **Average level**

The middle level is implemented on the basis of modern microprocessor controllers.

The controller performs the following tasks:

- measurement of technological parameters;
- automatic regulation of technological parameters;
- blocking and emergency protection of the installation equipment;
- control of technological parameters and condition of equipment;
- light and sound alarm;
- manual control of executive bodies and equipment.

The flash welding plant is controlled by a single PLC and, if necessary, can be expanded with an additional set of I/O modules. The composition of the I/O modules is determined by the information capacity of the system.

The equipment of the middle level of the control system is located in the control cabinet of the CJW unit, which is installed in the immediate vicinity of it.

### **Upper level**

The upper level is implemented as a workstation based on a personal computer. The interaction between the operator and the installation takes place in an interactive mode.

The operator's workstation presents information on the monitor screen about the status of the installation, its individual components and specific parameters in a form that is easy to understand, allows for automated control of equipment, conducts objective control over the operation of the equipment, and also records the actions of operators.

Operator workstation provides the following features:

- obtaining information about the state of the equipment in the form of mnemonic diagrams, tables, messages;
- setting the values of control parameters in the automatic control mode;
- manual remote control of regulating actuators;
- warning and pre-emergency signaling;
- adjustment of control loops;
- archiving information about the state of the installation.
- Communication of stations with programmable controllers is carried out using an Ethernet network.

The operator's workstation, in addition to the functions of direct monitoring and control of the technological process, also performs the functions of an engineering station. To organize such interaction, a multi-window operator interface is used. This organization of the dialogue gives the operator the following opportunities:

- get quick access to any information from any screen state through the menu system;
- promptly manage the composition and placement of windows on the screen;
- reduce operator training time to a minimum, since almost the entire dialogue is carried out using the mouse and function keys on the screen.

The engineering station provides loading of the operating program into the programmable controller, editing and testing of the controller operation programs.

When using the operator workstation in the engineering station mode, the network does not change.

There is no dedicated manual control panel in the system; all equipment control is performed from the operator's workstation.

The operator workstation is based on the MasterSCADA software package, which includes the creation tools:

- operator interface (SCADA/HMI);
- process history;
- real-time databases.

### **4.3 Software and hardware complex of the ACS by the CJW installation**

#### **4.3.1 Selecting a PLC and developing a block diagram of an automated control system**

##### **PLC selection**

From a number of manufacturers and lines of programmable logic controllers, it is worth highlighting two manufacturers whose equipment cost is well correlated with their quality. These are Wago 750-881 PLCs and Aries PLC160[M2]. Both controllers allow you to process the required number of signals and implement the full operation of the algorithm and control system. Comparative technical characteristics of controllers and input/output modules are presented in Tables 4.1 – 4.5.

Table 4.1 compares the characteristics of the PLC.

Table 4.2 compares the characteristics of the analog input modules.

Table 4.3 compares the characteristics of discrete signal input modules.

Table 4.4 compares the characteristics of the analog output modules.

Table 4.5 shows a comparison of discrete output signal modules.

Table 4.1 – Comparative technical characteristics of the PLC

|       |              |                |
|-------|--------------|----------------|
| Model | WAGO 750-881 | OWENILJK160-24 |
|-------|--------------|----------------|

|                                                |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Data transfer                                  | EtherNet/IP<br>Modbus (TCP, UDP)<br>ETHERNET                                                                                                                             | RS-485<br>RS-232<br>RS-232 Debug<br>Ethernet 100 Base-T<br>USB-Device<br>USB-Host                                                                                           |
| Programming languages according to IEC 61131-3 | Instruction List (IL)<br>Ladder Diagram (LD)<br>Function Block Diagram (FBD), Continuous Function Chart (CFC)<br>Structured Text (ST)<br>Sequential Function Chart (SFC) | Instruction List (IL)<br>Ladder Diagram (LD)<br>Function Block Diagram (FBD),<br>Continuous Function Chart (CFC)<br>Structured Text (ST)<br>Sequential Function Chart (SFC) |
| Programming environment                        | WAGO-I/O-PRO V2.3 (based CODESYS V2.3)                                                                                                                                   | CODESYS v 2.3                                                                                                                                                               |
| Transmission speed                             | 10/100 Mbit/s                                                                                                                                                            | 10/100 Mbit/s                                                                                                                                                               |
| Program memory                                 | 1024 Kb                                                                                                                                                                  | 1024 Kb                                                                                                                                                                     |
| Supply voltage (system)                        | 24 B DC                                                                                                                                                                  | 24 B DC                                                                                                                                                                     |

Table 4.2 – Comparison of analog signal input modules

|                                     |                 |                                                              |
|-------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------|
| Model                               | WAGO 753-453    | OWEN IJK160-24                                               |
| Number of analog inputs             | 4               | 8                                                            |
| Signal type (current)               | 0 ... 20 mA DC  | current 0(4)...20 mA<br>current 0...5 mA<br>Voltage 0...10 V |
| Sensor connection                   | 4 x (2- wired.) | 4 x (2- wired.)                                              |
| Input voltage (max)                 | 32              | 32                                                           |
| Supply voltage (at the field level) | 24V DC          | 24V DC                                                       |

Table 4.3 – Comparison of discrete signal input modules

|                                 |              |                  |
|---------------------------------|--------------|------------------|
| Model                           | WAGO 753-430 | OWEN MB110-24.32 |
| Number of digital input modules | 8            | 32               |
| Voltage signal                  | 24 V DC      | 24V DC           |

|                                           |                |         |
|-------------------------------------------|----------------|---------|
| Input filter (discrete)                   | 3 ms.          | 0.5 ms. |
| Signal voltage range (0)                  | −3 ... +5V DC  | 1,5mA   |
| Signal voltage range (1)                  | 15 ... 30 V DC | 4,5mA   |
| Supply voltage (at the field level)       | 24 V DC        | 24 V DC |
| Permissible current load (power contacts) | 10A            | 8,5mA   |

Table 4.4 – Comparison of analog output modules

|                                     |                 |                                                        |
|-------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|
| Model                               | WAGO 753-553    | OWEN ПЛК160-24                                         |
| Number of analog inputs             | 4               | 4                                                      |
| Signal type (current)               | 0 ... 20 mA DC  | Universal:<br>current 4...20 mA or<br>voltage 0...10 V |
| Sensor connection                   | 4 x (2- wired.) | 4 x (2- wired.)                                        |
| Input voltage (max.)                | 32              | 32                                                     |
| Supply voltage (at the field level) | 24 V DC         | 24 V DC                                                |

Table 4.5 – Comparison of modules of output discrete signals

|                                     |              |                  |
|-------------------------------------|--------------|------------------|
| Model                               | WAGO 753-530 | OWEN MY110-24.32 |
| Number of digital output modules    | 8            | 32               |
| Voltage signal                      | 24 V DC      | 24 V DC          |
| Output current per channel          | 0,5A         | 3A               |
| Supply voltage (at the field level) | 24 V DC      | 24 V DC          |

PLC Aries 160-24 has 8 analog inputs and 4 analog outputs on board, which, in turn, will save on the purchase of additional modules for the PLC.

To implement a control system based on the Wago PLC, the following list of PLC elements is required:

- PLC 750-881 – 1 pc.;

- analog input module 753-453 – 2 pcs.;
- analog output module 753-553 – 1 pc.;
- discrete input module 753-430 - 7 pcs.;
- discrete output model 753- 5 30 – 6 pcs.

To implement the same control system based on OWEN PLC160, taking into account the built-in I/O channels, the following list of PLC elements is required:

- OWEN PLC160 – 1 pc.;
- discrete input module ARIES MV110-224.16D - 1 pc.;
- discrete output module ARIES MU110-224.16R - 1 pc.

The number of modules in the latter version is achieved due to a greater degree of integration of measuring and control channels.

After a detailed analysis of the advantages and disadvantages of the considered PLCs, a PLC from OWEN was selected. This decision is consistent with the widely deployed import substitution program and allows saving on the terms and possibilities of supplying equipment of a domestic manufacturer.

Structural diagram of the control system

The choice of PLC and the known information capacity of the system make it possible to develop a block diagram of the automated control system for the CFW installation.

Figure 4.1 shows a block diagram of the CJW automated control system based on PLC160 and additional I/O modules from OWEN.

For reliable operation of the system, redundant 24 V DC power supplies from OWEN are used. System power supply and field power supply (I/O devices supply) are separated, which has a positive effect on the reliability of the control system.

I/O modules are connected to PLC160 via RS485 communication interface.

#### **4.3.2 Specifications OWEN PLC160**

Thus, the middle level of the control system is based on the OWEN PLC160.

This PLC is intended for use as part of various automated control and management systems in industrial enterprises.

The controller can manage:

- selected local objects;
- a local object as part of an integrated information network;
- a group of local objects as part of an integrated information network.

The device operation logic is programmed using CODESYS v 2.3.

All IEC 61131-3 programming languages are supported:

- LD: relay-contactor circuits;
- FBD: Functional block diagrams;
- SFC: Sequential Function Charts;
- ST: Structured text;
- IL: List of instructions.

The PLC160 model is optimal for building middle-level automation systems and distributed control systems.

This model is optimal for building distributed control and dispatching systems using both wired and wireless technologies:

- in the field of housing and communal services;
- ACS of water utilities;
- lines for woodworking and metalworking (cutting, winding, etc.);
- to control food processing and packaging machines;
- in the production of building materials;
- etc.

Advantages of OWEN PLC160:

- availability of built-in discrete and analog inputs/outputs on board;
- high speed inputs for encoder processing;
- maintaining an archive of equipment operation or working according to predetermined scenarios when connecting USB drives to the controller;
- simple and convenient programming in the CODESYS V.2 system via USB Device, Ethernet, RS-232 Debug ports;
- data transmission to the upper level via Ethernet or GSM-networks (GPRS);
- 3 serial ports (RS-232, RS-485);

- connection of operator panels, GSM modems, barcode readers, etc.
- availability of built-in analog and discrete input/output channels:

AI - 8 channels;

AO - 4 channels;

DI - 16 channels;

DO - 12 channels;

If the controller is configured as a welding plant master, it can issue start and stop commands for the entire line.

Controller configuration can be performed without changing the firmware of the internal microcontroller by downloading configuration data from the upper level (workstation in engineering station mode).

For this control system, the controller of the following modification has been selected:

OWEN PLC160-24-I-M,

where 24 V is the power supply of the controller;

I – type of built-in output element 4 ... 20 mA;

M – restriction on the PLC execution system 100 Kbytes.

In addition to the OWEN PLC160 controller, in order to expand the input / output channels, it is proposed to install discrete input / output modules MB110 and MU110 (Figure 4.2, Figure 4.3).

Discrete input module MU110-224.16D 16-channel has an input type – "dry contact" and does not require external power.

Discrete output module MU110-224.16R 16-channel has an output type – an electromagnetic relay and can be used without additional protection.



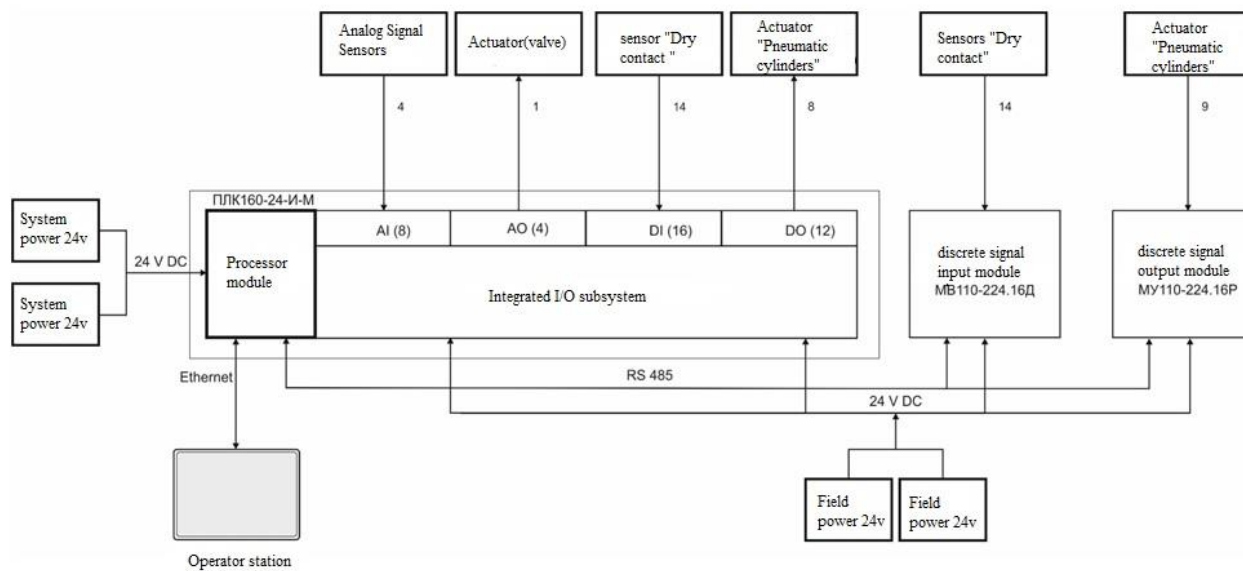


Figure 4.1 – Structural diagram of the automated control system of the flash butt welding installation



Figure 4.2 – Discrete input module MV110-224.16D, 16-channel



Figure 4.3 – Discrete output module MU110-224-16R, 16-channel

## **Conclusion**

In this paper, a review of the literature on this topic is carried out, the components of the system being developed are identified, and the principle of operation is described. The concept and general requirements are formulated for the correct operation of the contact-butt welding installation.

A control algorithm has been developed, with a detailed description of the technological process, and the selection of the necessary equipment has been made. The calculation of a pneumatic system for creating a forging force is given.