


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Кафедра «Машиностроение»

  
УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.И. Демченко  
« 24 » 06 2016г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИСЕРТАЦИЯ

15.04.01.01 - «Машиностроение»


"Разработка оборудования для нанесения защитного покрытия на внешнюю и  
внутреннюю поверхности труб"

Пояснительная записка

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Руководитель  | <br>подпись, дата 24.06.16 | <u>КТИ, доцент</u><br>должность, ученая степень                                      | <u>Демченко А.И.</u><br>инициалы, фамилия |
| Выпускник   | <br>подпись, дата 23.06    |  | <u>Фаткин Д.А.</u><br>инициалы, фамилия   |
| Рецензент   | <br>подпись, дата   |  | <u>Казаков В.С.</u><br>инициалы, фамилия  |
| Консультанты:<br>Организационно-<br>экономический<br>раздел | <br>подпись, дата 24.06.16 | <u>КТИ, доцент</u><br>должность, ученая степень                                      | <u>Демченко А.И.</u><br>инициалы, фамилия |
| Раздел безопасность<br>и экологичность<br>проекта           | <br>подпись, дата 25.06.16 | <u>доцент КТИ</u><br>должность, ученая степень                                       | <u>С.В. Мишнев</u><br>инициалы, фамилия   |
| Нормоконтролер  | <br>подпись, дата          | <u>с.т. преподаватель</u><br>должность, ученая степень                               | <u>С.Л. Бусыгин</u><br>инициалы, фамилия  |

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
  
А.И. Демченко  
« 24 » 06 2016 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
В ФОРМЕ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Студенту Фаткину Д.А.  
Группа МТ 14-02М Направление (специальность) 15.04.01.01.- «Машины и технология сварочного производства»  
Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка оборудования для нанесения защитного покрытия на внешнюю и внутреннюю поверхности труб»  
Утверждена приказом по университету № 5721/с от 20.05.2016  
Руководитель ВКР: Демченко А.И.

(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР: 1. Технологические условия. 2 Базовая технология

Перечень рассматриваемых вопросов(разделов ВКР)

1. Изучение производственного опыта
2. Конструкторский раздел
3. Технологическая часть
4. Экономический раздел
5. Безопасность и экологичность проекта






Перечень графического или иллюстрированного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

1. Сравнительный анализ способов решения поставленных задач (А1);
2. Установка для наплавки внешней поверхности (А1);
3. Установка для наплавки внутренней поверхности (А1);
4. Установка для наплавки внутренней поверхности (изометрия) (А1);
5. Полотно рольганга (А1);
6. Опора (А1);
7. Прижимное устройство (А1);
8. Горелка с центратором (А1);
9. Привод штанги (А1);
10. Сводная таблица затрат на выполнение ВКР (А1).

Консультанты по разделам

| Наименование раздела ВКР                    | Инициалы, фамилия консультанта по разделу |
|---|---|
| Организационно-экономический раздел         | А.И. Демченко                             |
| Раздел безопасности и экологичности проекта | С.В. Мишнев                               |

МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ

| Изм.      | Лист     | № докум. | Подпись   | Дата  | Разработка оборудования для нанесения защитного покрытия на внешнюю и внутреннюю поверхности труб | Лит. | Лист | Листов |
|-----------|----------|----------|---|-------|---|------|------|--------|
| Разраб.   | Фаткин   |          |  | 24.06 |   |      |      | 2      |
| Провер.   | Демченко |          |  | 24.06 |   |      |      |        |
| Реценз.   |          |          |  |       |   |      |      |        |
| Н. Контр. | Бусыгин  |          |  |       |   |      |      |        |
| Утверд.   | Демченко |          |  | 24.06 |   |      |      |        |

Кафедра Машиностроение

**КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК**  
**работы над диссертацией на весь период проектирования**  
**(с учетом сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов)**

| № этапа                                       | Срок          | Текстовая часть  | Графическая часть |
|---|---------------|------------------|-------------------|
| 1   | с 01.02.2016  | ЛПО - 100 %      | лист № 1          |
|   | по 15.02.2016 |                  | лист № 2          |
| 2   | с 16.02.2016  | КЧ – 50 %        | лист № 3          |
|   | по 01.03.2016 |                  |                   |
| 3   | с 02.03.2016  | ТЧ -50 %         | лист № 4          |
|   | по 20.04.2016 | КЧ – 50 %        | лист № 5          |
|   |               |                  | лист № 6          |
| 4   | с 21.04.2016  | Б и ЭП –40 %     | лист № 7          |
|   | по 30.04.2016 | ЭЧ – 25 %        | лист № 8          |
| 5   | с 01.05.2016  | ЭЧ – 50 %        | лист №9           |
|   | по 25.05.2016 |                  |                   |
| Всего   | на 25.05.2016 | 100% по разделам | 100%              |
| ЛПО – литературно – патентный обзор           |               |                  |                   |
| ТЧ – технологическая часть                    |               |                  |                   |
| КЧ – конструкторская часть                    |               |                  |                   |
| Б и ЭП – безопасность и экологичность проекта |               |                  |                   |
| ЭЧ –экономическая часть                       |               |                  |                   |

Руководитель выпускной  
 квалификационной работы \_\_\_\_\_ А.И. Демченко  
 подпись, дата

Задание принял  
 к исполнению \_\_\_\_\_ Д.А. Фаткин  
 подпись, дата

## Реферат

Выпускная квалификационная работа на тему "Разработка оборудования для нанесения защитного покрытия на внешнюю и внутреннюю поверхности труб" состоит из 90 страниц пояснительной записки, содержащей 31 иллюстрацию, 13 таблиц, 10 листов графической части, при выполнении работы использовано 36 источников информации, также имеются приложения.

В результате выполнения задания выпускной квалификационной работы, был произведен обзор возможных способов решения поставленных задач, после чего были отобраны самые оптимальные варианты. Исходя из отобранных вариантов решения поставленных задач, было подобрано и сконструировано оборудование, поскольку для решения части задач нашлось уже разработанное оборудование.

В итоге было подобрано оборудование для наплавки внешней поверхности изделия, а также разработано оборудование для наплавки внутренней поверхности изделия, даны рекомендации по настройке и работе с оборудованием, были изготовлены графические 3-D модели предлагаемого оборудования, разработаны чертежи, а также приведены рекомендации по безопасности и экологичности применения оборудования. При конструировании оборудования применялись стандартные изделия, а так же изделия имеющие широкую распространенность, что повышает общую технологичность предлагаемого оборудования. Так же, по итогам работы произведен расчет требуемых капиталовложений.

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 4           |

## Оглавление

|   |  |
|---|--|
| Введение.....   | 7                                      |
| Глава 1. Обзор производственного опыта .....  | 8                                      |
| 1.1. Описание изделия и задачи .....  | 8                                      |
| 1.2. Производственный опыт нанесения покрытий на цилиндрические изделия .....                     | 11                                     |
| 1.3. Разработки в области нанесения покрытий на внутреннюю поверхность трубы.....                 | 17                                     |
| Глава 2. Конструкторский раздел .....   | 29                                     |
| 2.1. Выбор оборудования для наплавки на внешнюю поверхность трубы.....                            | 33                                     |
| 2.2. Выбор оборудования для наплавки на внутреннюю поверхность трубы.....                         | 33                                     |
| 2.3. Подбор и расчет элементов штанги.....  | 34                                     |
| 2.3.1. Подбор основы штанги .....   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 2.3.2. Подбор опоры штанги.....   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 2.3.3. Конструирование прижимного устройства .....  | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 2.3.3. Конструирование привода штанги .....   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 2.3.4. Конструирование центрирующего устройства.....  | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 2.3.5. Конструирование горелки .....  | 34                                     |
| 2.3.6. Поверочный расчет привода штанги.....  | 35                                     |
| 2.3.7. Поверочный расчет роликов .....  | 36                                     |
| 2.4. Расчет роликового вращателя .....  | 37                                     |
| Глава 3. Технологический раздел .....   | 45                                     |
| 3.1. Рекомендации по работе с оборудованием.....  | 45                                     |
| 3.2. Рекомендации по повышению производительности и улучшению качества полученного покрытия. .... | 46                                     |
| 3.2.1. Корректировка режимов наплавки .....   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 3.2.2. Наплавка ленточным электродом .....  | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 3.2.3. Наплавка проволоками .....   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| Глава 4. Экономический раздел.....  | 48                                     |
| 4.1. Планирование выполнения НИР.....   | 48                                     |
| 4.2. Затраты на проведение НИР.....   | 48                                     |
| 4.2.1. Затраты на материалы .....   | 49                                     |
| 4.2.2. Расчет основной заработной платы персонала.....  | 50                                     |
| 4.2.3. Расчет дополнительной заработной платы .....   | 50                                     |

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | 5    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.4 Отчисления на социальные нужды.....  | 51 |
| 4.2.5 Расчет амортизационных отчислений.....   | 51 |
| 4.2.6 Расчет накладных расходов.....   | 52 |
| 4.2.7 Расчет суммарной сметы затрат.....   | 53 |
| Глава 5. Безопасность и экологичность проекта.....   | 54 |
| 5.1 Объемно-планировочное решение участка цеха.....  | 55 |
| 5.2 Организация трудового процесса. Техническая эстетика.....                                | 56 |
| 5.3 Производственная санитария.....  | 57 |
| 5.3.1 Микроклимат производственных помещений.....  | 57 |
| 5.3.2 Освещение рабочего места.....  | 59 |
| 5.3.3 Хозяйственно–питьевое водоснабжение.....   | 61 |
| 5.4 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей технологического процесса..... | 62 |
| 5.4.1 Опасность поражения электрическим током.....   | 62 |
| 5.4.2 Опасность травмирования движущимися частями машин и механизмов.....                    | 63 |
| 5.4.3 Опасность получения термических ожогов.....  | 64 |
| 5.5 Анализ и мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.....                        | 64 |
| 5.5.1 Предупреждение аварий и взрывов технологического оборудования.....                     | 64 |
| 5.5.2 Обеспечение взрывопожарной безопасности производства.....                              | 64 |
| 5.5.3 Обеспечение устойчивости объекта в чрезвычайных ситуациях.....                         | 66 |
| 5.6. Экологическая безопасность проекта.....   | 67 |
| Заключение.....  | 69 |
| Список литературы.....   | 70 |
| Приложения.....  | 73 |

## Введение

На сегодняшний день сварка – один из наиболее распространенных технологических процессов в ряде отраслей производства

Сварочная техника и технология занимают одно из ведущих мест в современном производстве. Свариваются корпуса гигантских супертанкеров и сетчатка человеческого глаза, миниатюрные детали полупроводниковых приборов и кости человека при хирургических операциях. Многие конструкции современных машин и сооружений, например, космические ракеты, подводные лодки, газо- и нефтепроводы, изготовить без помощи сварки невозможно. Развитие техники предъявляет все новые требования к способам производства и, в частности, к технологии сварки и сварочному оборудованию.

В различных видах металлургического оборудования (печи, миксеры и др.) применяются нагреватели различных типов. Широкое распространение получили нагреватели, у которых нагревательный элемент, генерирующий тепло при прохождении тока, обладает защитой в виде трубы, выполненной из материала, обладающей достаточно высокой теплопроводностью, жаростойкостью и коррозионной стойкостью. В процессе эксплуатации защитные трубы, а также подвески, крепящие нагреватель к своду печи или миксера, подвергаются значительному окислению, что может привести к выходу нагревателя из строя.

В ходе данной работы планируется предложить и обосновать выбор оборудования для наплавки защитного слоя на внешнюю и внутреннюю поверхности труб, что повысит стойкость нагревателя к коррозии и позволит увеличить срок его службы.

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                             | 7    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             |      |

## Глава 1. Обзор производственного опыта

### 1.1. Описание изделия и задачи

Изделие представляет собой трубу, фиксируемую при помощи подвески U-образной формы, основным материалом изделия является сталь X23H18. Сталь X23H18, относится к жаростойким сталям. Присутствие в стали X23H18 углерода ограничено 0,2% (по массе). Увеличение содержания углерода приводит к тому, что жаростойкость сплава Cr-Ni снижается, вследствие связывания хрома в карбиды и обеднения твердого раствора хромом.[1] Габаритные размеры изделия изменяются: по длине от 800 до 5000 мм; по диаметру от 102 до 180 мм изображение завершено изделия приведено на рисунке 1.1. Диаметр прутка U-образной подвески 20 мм. В процессе эксплуатации изделие подвергается воздействию агрессивных сред.

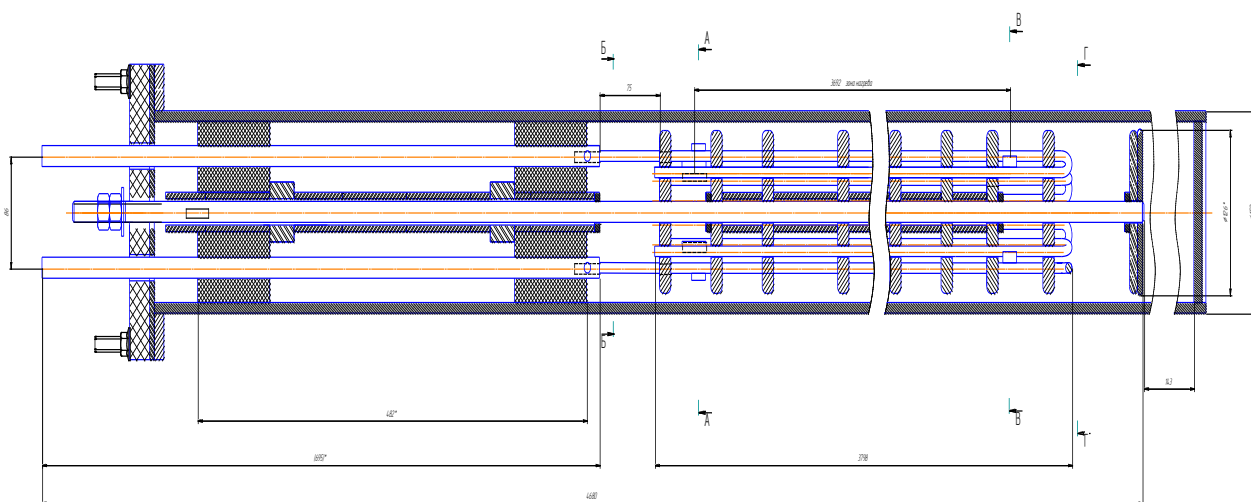


Рисунок 1.1 – Трубчатый электронагреватель

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |

МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ

Лист

8



В процессе длительной промышленной эксплуатации трубчатых электронагревателей было выявлено, что защитные трубы, изготовленные из хромоникелевой стали (Cr-до 25%, Ni-до 35%) подвергаются окислению.

В результате окисления на поверхности защитных труб из хромоникелевых сплавов происходит отслаивание защитного слоя из оксида хрома. Отслоившийся оксид хрома внутри защитной трубы может привести к преждевременному выходу из строя электрических нагревателей в результате короткого замыкания.

Для защиты изделия, от неблагоприятных воздействий агрессивной рабочей среды, и увеличения срока его службы, технологией производства предусмотрена операция нанесения специального покрытия, способствующего увеличению ресурса изделия.

Согласно технологии производства изделия, процесс нанесения покрытия на поверхность изделия заключается в перемещении устройства, наносящего покрытие на поверхность, вдоль оси обрабатываемого изделия, при этом, для повышения производительности, изделию в свою очередь задается вращение относительно собственной оси, что позволяет произвести нанесение защитного слоя на всю поверхность изделия за один проход.

Из выше изложенного следует вывод, что целью представленной работы является разработка узлов и агрегатов а также проектирование технологического оборудования для выполнения операции нанесения защитного покрытия.

Так, для вращения изделия технология предполагает применение роликового вращателя, так как лишь при его использовании можно обеспечить необходимый доступ внутрь изделия. Также необходимой частью оборудования для нанесения защитного покрытия являются устройства для обработки внутренней и внешней поверхностей изделия, следовательно к целям данной работы относятся, на ряду с разработкой роликового вращателя, также относятся и разработка и проектировка устройства для

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 9           |

обработки внутренней поверхности, а также устройства для нанесения защитного покрытия на внешнюю поверхность изделия.

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 10          |

## 1.2. Производственный опыт нанесения покрытий на цилиндрические изделия.

Операция нанесения защитного покрытия на внешние поверхности цилиндрических изделий давно известна и применяется при восстановлении изношенных элементов узлов и агрегатов, или при производстве новых изделий, когда поверхности требуется придать особые свойства, отличающиеся от свойств материала основы.[2]

При восстановлении или обработке деталей небольших размеров для придания вращения изделию используются, обычно, токарные станки либо установки разработанные на их базе. [3] Также при нанесении защитных покрытий на крупногабаритные изделия для придания вращения детали применяются установки разработанные на основе токарных станков, имеющие увеличенную мощность и соответствующие габариты.[4]

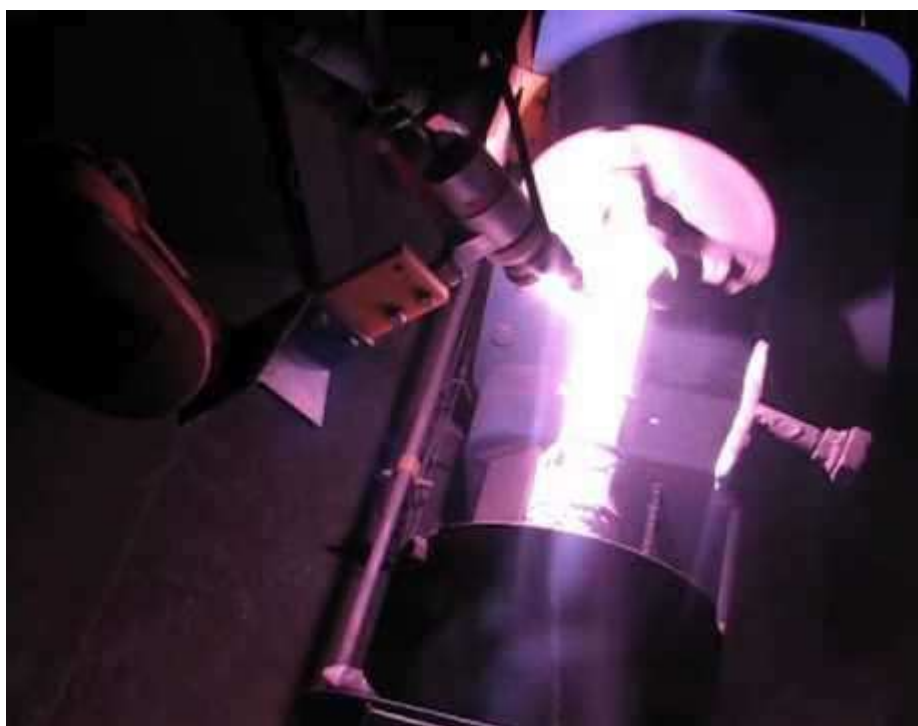


Рисунок 1.2 – общий вид установки для нанесения покрытий электродуговым способом [5]

Однако, в нашем случае, технология обработки изделия предполагает нанесение покрытия на его внутреннюю поверхность, для чего необходимо обеспечить доступ внутрь вращающейся трубы, следовательно применение описанных выше установок не возможно, так как они не соответствуют требованиям технологии, и не позволяют одновременно иметь доступ к внутренней поверхности изделия, и вращать его вдоль собственной оси.

Решением проблемы одновременного вращения изделия и доступа к его внутренней поверхности является применение роликового вращателя. Так как в данном случае местом контакта вращающейся части установки и изделия является наружная поверхность трубы, а не ее торцевые части.

Как показано на рисунке 1.3 при применении для вращения трубы роликового вращателя, торцы трубы остаются свободными и ничто кроме габаритных размеров самой трубы не препятствует доступу к внутренней поверхности изделия.



Рисунок 1.3 – Труба помещенная на роликовый вращатель. Общий вид.[6]

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ

Лист

12

Самое широкое распространение получили вращатели с роликами трех типов

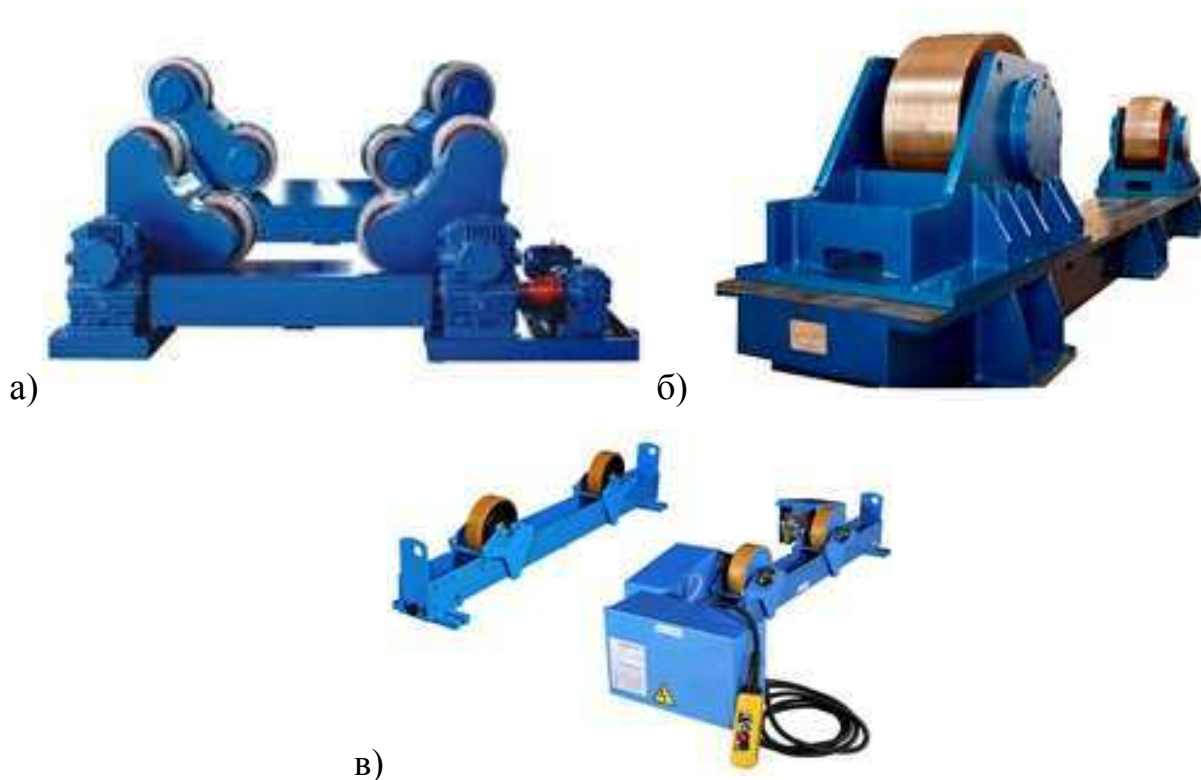


Рисунок 1.4 – Виды покрытий роликов: а) прорезиненные; б) стальные; в)покрытые полиуретаном [7].

Предъявляемым нами требованиям удовлетворяют вращатели только со стальными роликами, так как прорезиненные или покрытые полиуретаном ролики при воздействии на них высоких температур теряют свои особые свойства, вследствие разрушения материала покрытия.

Конструктивно секции роликового вращателя целесообразно выполнить передвижными. За счет применения такой конструкции планируется добиться более точного расположения элементов системы, для более качественного нанесения покрытия, и большей устойчивости процесса за счет равномерного распределения массы изделия между роликовыми опорами.

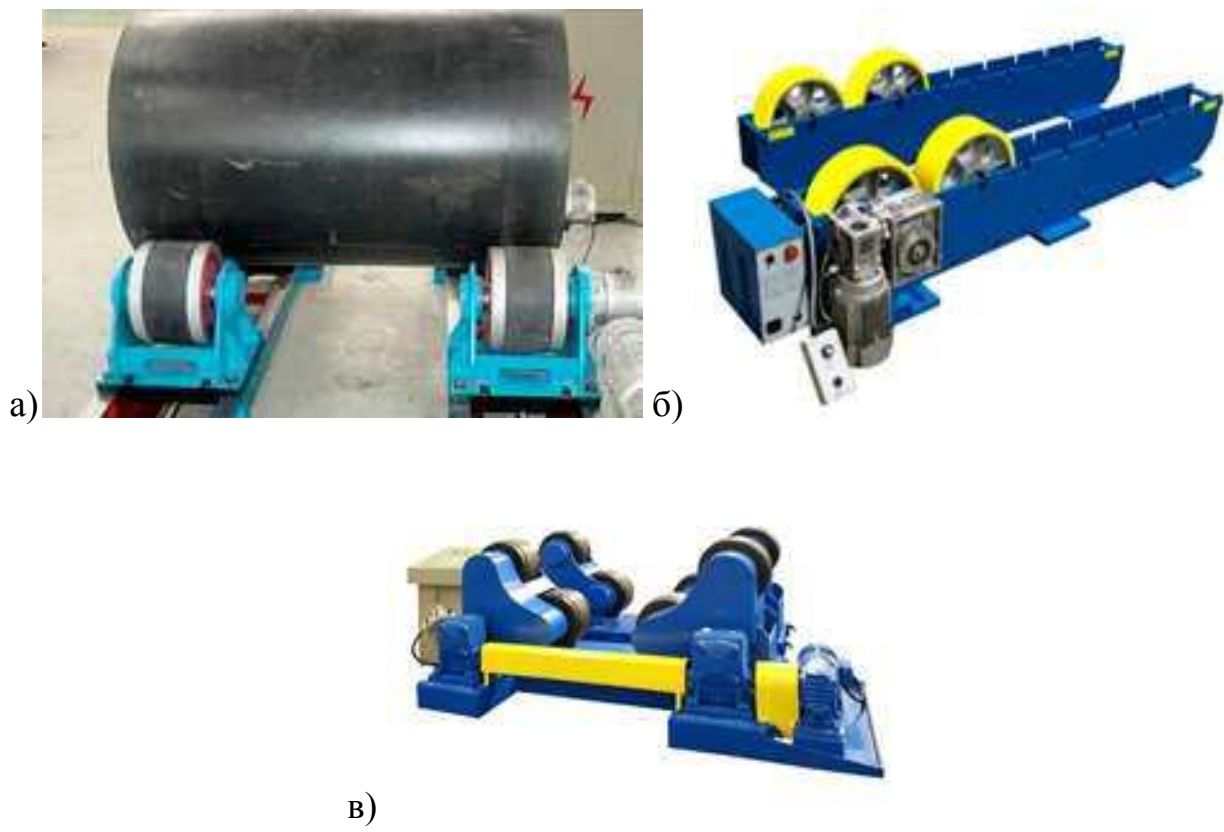


Рисунок 1.5 – Типы конструкции роликовых вращателей: а) передвижные; б) преставные; в) самоустанавливающиеся.

**Переставные ролики** – позволяют подогнать роликоопору под нужный диаметр, но не позволяют никак компенсировать неравномерность загрузки секций, неточности формы свариваемых деталей.

**Передвижные ролики** – позволяют сделать точную подгонку под изделие, создать направленный дрейф. Соответственно вместе с буфером-упором антидрейфа эта система позволяет иметь минимальные колебания установленного изделия.

**Самонастраивающиеся опоры** – имеют минимум по 4 ролика на секции расположенные на 4-х осях. Они позволяют работать с изделиями с большим эксцентриситетом, с тонкостенными обечайками.[7]

Использование секции с переставными роликами представляется нецелесообразным, по причине того, что отсутствует необходимость подгонки под различные диаметры изделий. Также нецелесообразным является применение самоустанавливающихся так как изделия имеют

относительно не большую массу и довольно значительную толщину стенки, а следовательно преимущества данной конструкции сводятся к нулю.

Для перемещения устройства для нанесения покрытия вдоль изделия целесообразно применить подвижной кронштейн, по аналогии с суппортом токарного станка, непосредственно к которому будет крепиться рабочий орган установки для нанесения защитного покрытия.



Рисунок 1.6 – Один из вариантов установки для напыления.[8]

На рисунке 1.6 приведен пример того как на основе токарного станка сооружена установка для напыления поверхностей цилиндрических деталей. Из примера видно, что деталь установлена так же как и при токарной обработке, и вращение изделию передается через шпиндель токарного станка. Так же видно что суппорт токарного станка используется для позиционирования горелки и перемещения ее вдоль оси изделия. Подобное решение является простым и надежным, что объясняет тот факт что оно широко применяется при конструировании подобных установок. Так например, для нанесения оксида алюминия на поверхность трубы, применена

схожая конструкция.[4] В приведенном примере для обработки крупногабаритной трубы был применен мощный токарный станок в качестве вращателя, также для обеспечения перемещения плазматрона, аналогично суппорту токарного станка в установках меньших габаритов, вдоль оси вращения изделия перемещается кронштейн позиционирующий рабочий орган установки для нанесения покрытия, относительно изделия.

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 16          |



### 1.3. Разработки в области нанесения покрытий на внутреннюю поверхность трубы

В результате патентного поиска по теме плазменного напыления труб было обнаружено несколько разработок в которых решались проблемы на подобие нашей или смежных областей.

Как, например, "Способ плазменного напыления покрытий на внутреннюю цилиндрическую поверхность" (RU 2198240): Авторы патента: Зиновьева Т.Ю. Минин И.Б. Новоселов А.В. Анищенко А.М. Пасынков Ю.В.

Формула изобретения

Способ плазменного напыления покрытия на внутреннюю цилиндрическую поверхность детали, включающий механическую обработку поверхности путем нарезания "рваной" резьбы, напыление подслоя и основного покрытия при постоянном интенсивном охлаждении и вращении детали вокруг горизонтальной оси и окончательную обработку поверхности, отличающийся тем, что нарезание "рваной" резьбы проводят на величину 0,15-0,3 мм с одновременным снятием припуска на толщину покрытия, напыление подслоя и основного покрытия проводят при постоянной сквозной продувке воздухом внутренней цилиндрической поверхности детали при его расходе до 20 м<sup>3</sup>/мин и с одновременной подачей струи воздуха вокруг зоны напыления.[9]

Также в схожей тематике разработано: "Устройство для нанесения покрытий из металлических порошков на внутренние поверхности труб" (RU 1639891):

Авторы Патента: Пироженко Виктор Архипович, Бурдаков Георгий Константинович, Будай Анатолий Алексееви, Чсанников Василий Алексеевич, Володько Александр Сергеевич, Федорцев Валерий Александрович, Присевок Альберт Фомич, Филонов Игорь Павлович.

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 17   |

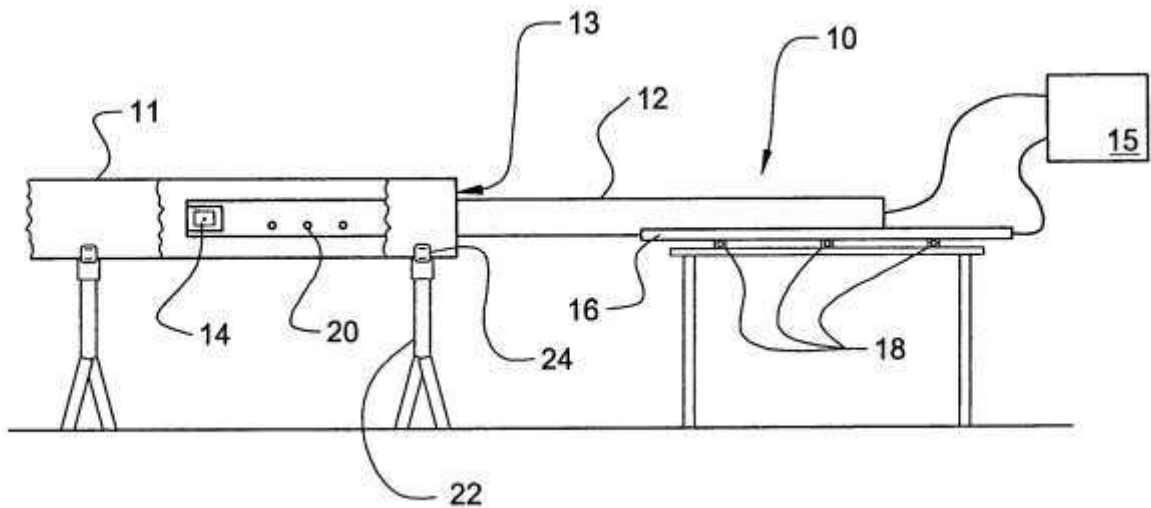


Рисунок 1.7 – "Устройство для нанесения покрытий из металлических порошков на внутренние поверхности труб" схематичное изображение.  
Общий вид.

#### Формула изобретения

Устройство для нанесения покрытий из металлических порошков на внутренние поверхности труб, содержащее станину со смонтированными на ней нагревателем, системами подвода и отвода напыляемого порошка и сжатого газа, приводом движения трубы, напылителем, выполненным в виде головки с каналами для подачи порошка из трубы-державки, и расположенными на осях свободно вращающимися накатными роликами, отличающееся тем, что, с целью улучшения качества покрытия и повышения жесткости рабочей части устройства, оно снабжено дополнительной трубой, установленной коаксиально с трубой-державкой и охватывающей ее с образованием камеры расширения сжатого газа, головка выполнена с накатником, жестко связанным с ней, соосно с ней установленным и выполненным в виде двух дисков с рабочими коническими поверхностями и с радиальными пазами, при этом накатные ролики выполнены с коническими торцовыми поверхностями, с наклонной к их оси симметрии рабочей поверхностью и с цилиндрическими хвостовиками, размещенными в радиальных пазах дисков, установленных с возможностью контактирования с коническими поверхностями роликов, на наружной поверхности головки выполнены две кольцевые канавки, одна из которых соединена с помощью

каналов с внутренней поверхностью трубы-державки, в другой размещены деформирующие шары, а камера, предназначенная для расширения сжатого газа соединена с кольцевыми канавками головки посредством тангенциальных сопел.[10]

Так же подобные разработки были найдены среди зарубежных патентов и авторских свидетельств.

Одним из таких патентов является разработка под названием "Метод покрытия внутренних поверхностей труб с использованием плазменного распылителя " США 7276264 В1. Авторы изобретения: Карен А. Мур, Раймонд А. Заторски.

#### Реферат

Для нанесения покрытий на внутреннюю поверхность труб плазменный распылитель устанавливается на тележку которая перемещается внутри трубы, непосредственно по ее поверхности. Напыление осуществляется путем перемещения распылителя вдоль оси изделия, после завершения прохода устройство вынимается из трубы, затем труба проворачивается на определенный угол, после чего выполняется следующий проход.[11]

В схожей тематике проводилась разработка "Метод и аппаратура для напыления на внутреннюю поверхность изгиба трубы с применением плазменной технологии" CN 104313254. Авторы изобретения: 余德平, 苗建国, 曹修全, 向勇, 姚进, 岳景辉.

#### Реферат

Изобретение раскрывает способ обработки внутренней поверхности локтевого изгиба трубы с помощью плазменной технологии. Суть изобретения заключается в том что на манипулятор, устанавливается плазменный распылитель, по мере того как манипулятор перемещает распылитель внутри трубы, распылитель вращается нанося покрытие на стенки изделия.[12]

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 19   |

Как и разработка " Устройство для распыления внутренней и внешней антикоррозионной стали трубки" CN 101406870. Авторы изобретения: 吕建立, 金跃强.

Реферат

Изобретение обеспечивает автоматическое напыление как снаружи так и внутри трубы, имеет высокую производительность и позволяет обрабатывать изделия больших диаметров и длин. Автоматизация процесса позволяет снизить трудоемкость процесса, повысить качество покрытия и безопасность проведения работ.[13]

Помимо этого, для напыления на внутреннюю поверхность трубы была разработана "Факел головка для плазменного напыления" США 6657152 В2. Авторы изобретения: Тадахиро Симадзу.

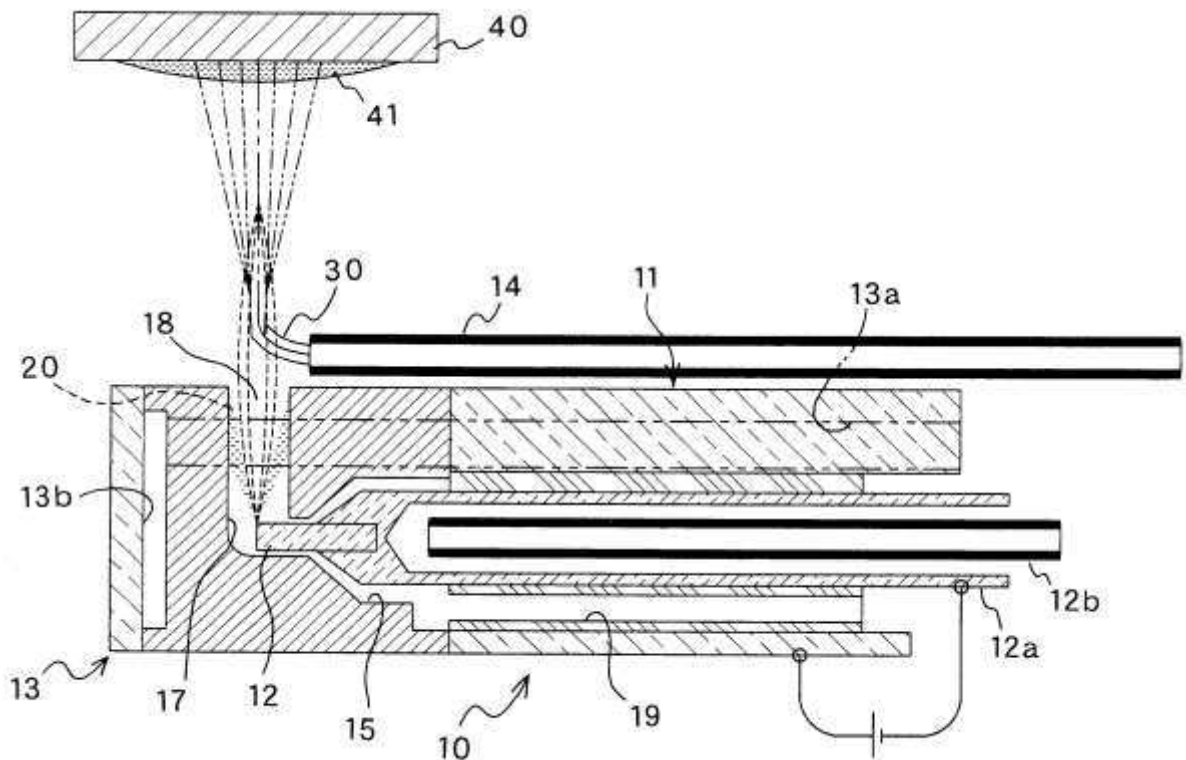


Рисунок 1.8 – "Факел головка для плазменного напыления" схематичное изображение

## Реферат

Изобретение предназначено для нанесения покрытия путем плазменного напыления на внутренние поверхности труб малых диаметров. Устройство представляет собой цилиндрическую головку помещаемую внутрь трубы при помощи штанги, факел плазмы распространяется перпендикулярно оси головки что позволяет наносить покрытия на внутренние поверхности труб, путем перемещения головки распылителя внутри трубы, и одновременного вращения головки вокруг собственной оси.[14]

Схожая с вышеприведенной разработка "Аппарат плазменного напыления" США 5452854 была запатентована Сильвано Келлером.

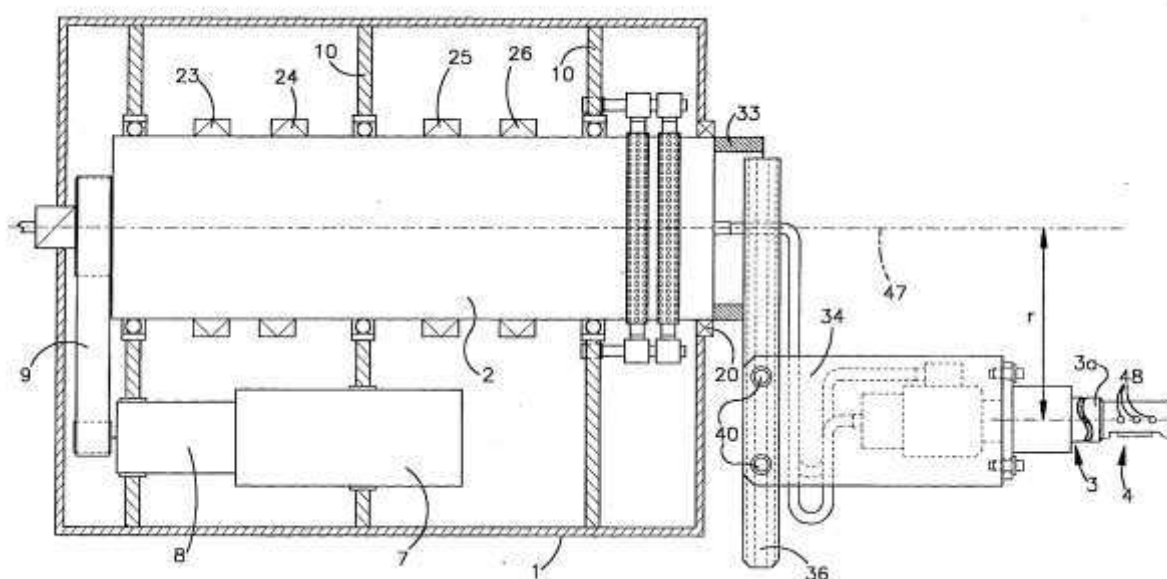


Рисунок 1.9 – "Аппарат плазменного напыления" схематичное изображение.  
Общий вид

## Реферат

Устройство служит для плазменного напыления покрытия на внутренних стенках отверстий и труб. Состоит из плазменного пистолета закрепленного на валу. Плазменный факел, созданный в головке выходит в поперечном направлении по отношению к центральной продольной оси

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

плазменного устройства. Головка плазменной горелки может вращаться для чего в конструкции имеется привод, состоящий из электродвигателя и редуктора. Напыление осуществляется путем помещения горелки в отверстие или внутрь трубы, после чего распыляющее устройство перемещается вдоль оси изделия с одновременным вращением плазменной головки относительно собственной продольной оси. При использовании такого плазменного устройства для распыления, можно обеспечить качественное покрытие отверстий и внутренних поверхностей труб, имеющих различные внутренние диаметры.[15]

Однако, данные разработки не возможно применить в виду несоответствия габаритных размеров распылителей предъявляемым требованиям, либо существенные ограничения длины обрабатываемых изделий, обусловленные конструкцией устройства.

Дальнейший поиск среди патентов и авторских свидетельств позволил обнаружить подходящие технические решения, удовлетворяющие предъявляемым требованиям в большей мере, такие как. например:

Разработка института теоретической и прикладной механики СО РАН "Установка для нанесения покрытия на внутреннюю поверхность трубы" (RU 2075535): Авторы патента: Алхимов А.П. Гуляев В.П. Демчук А.Ф. Косарев В.Ф. Спесивцев В.П. Ларионов В.П.

#### Формула изобретения

Установка для нанесения покрытия на внутреннюю поверхность трубы, содержащая станину, узел напыления, установленный с возможностью аксиального перемещения внутри трубы посредством каретки устройства перемещения, питатель напыляемого материала, пульт управления с запорно-регулирующей арматурой и источник газа, отличающаяся тем, что установка имеет изолирующую камеру с системой отсоса и сбора неиспользованного порошка, узел фиксации и захватно-поворотный механизм трубы, узел напыления выполнен в виде сверхзвукового сопла, форкамеры и подогревателя газа с нагревательными элементами, размещенных в полый подвижной

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 22          |

штанге, связанных посредством пневмопривода с питателем напыляемого материала, пультом управления и источником сжатого газа, смонтированными на каретке устройства перемещения, при этом захватно-поворотный механизм соединен с изолирующей камерой, а так же системой отсоса и сбора посредством обрабатываемой трубы, образуя пылеизолирующий канал.

Устройство для нанесения покрытия на внутреннюю поверхность трубы (Рисунок 10) содержит станину 1, пылеизолирующую камеру 2, захватно-поворотный механизм трубы 3, узлы фиксации трубы-люнеты 4, систему отсоса и сбора неиспользованного порошка 5, пульт управления 6 с запорно-регулирующей арматурой и узел напыления, смонтированный с возможностью аксиального перемещения внутри трубы. Узел напыления состоит из сверхзвукового сопла 7, форкамеры 8, подогревателя газа 9, смонтированных в подвижной полый штанге 10 и связанных пневмопроводом 11 с питателем порошка 12, установленным на каретке 13 и перемещающимся вместе со штангой 10 аксиально напыляемой трубе за счет устройства перемещения 14. Нагревательные элементы 15 подогревателя газа 9 являются одновременно пневмопроводами подачи газа. Штанга снабжена также регулируемой шаровой опорой 16, установленной на конце штанги и контактирующей с внутренней стенкой трубы.[16]

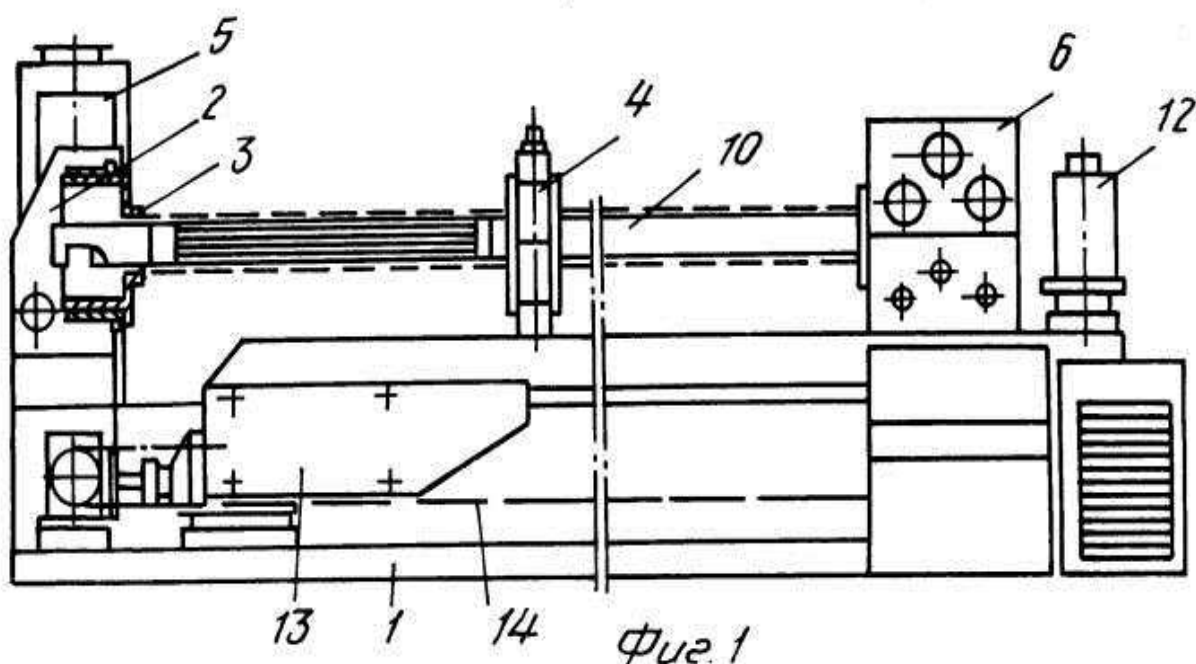


Рисунок 1.10 – "Установка для нанесения покрытия на внутреннюю поверхность трубы" схематичное изображение.

Несмотря на то, что в данной разработке используется метод нанесения покрытия не соответствующий требованиям, установку можно использовать как прототип для разработки технологии отвечающей всем требованиям.

Так же была обнаружено, что Акционерное общество открытого типа "Научно- производственная фирма по внедрению научных и инженерно-технических инноваций" ООО "Ассоциация Полиплазма" опубликовало "Способ напыления покрытия на внутреннюю поверхность изделий трубчатой формы" (RU 2186148): Авторы патента: Дубов Е.И., Болкисев С.А., Клубникин В.С.

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ

Лист

24



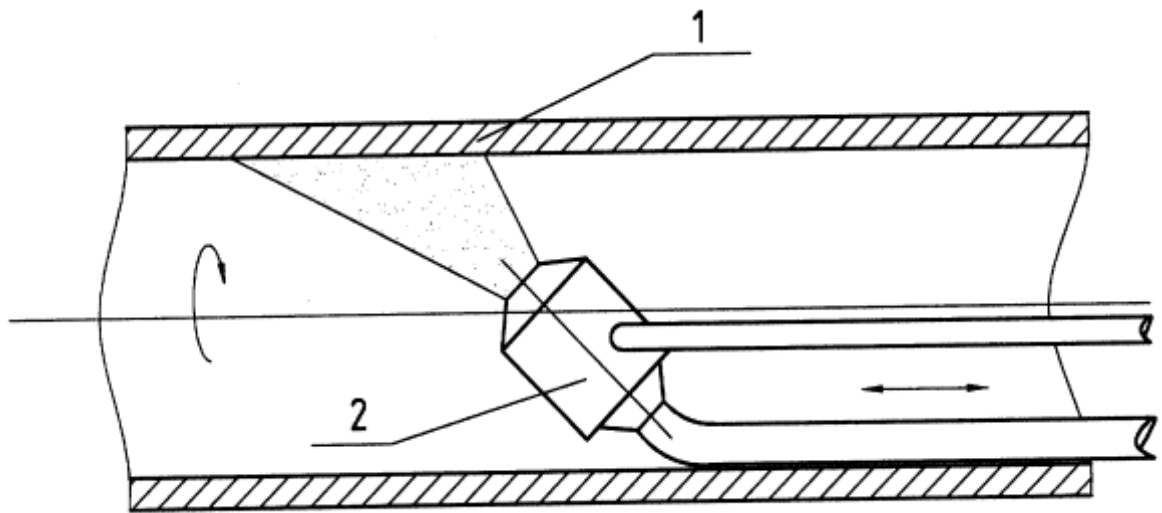


Рисунок 1.11 – напыляющее устройство внутри трубы

На рисунке 1.11 представлен эскиз устройства предлагаемого для выполнения плазменного напыления внутренних поверхностей трубчатых изделий.

#### Формула изобретения

Способ напыления покрытия на внутреннюю поверхность изделий трубчатой формы, например, штангового глубинного насоса, включающий нанесение покрытия параллельными полосами в результате взаимных вращательно-поступательных перемещений напыляющего устройства и изделия и смещения полос относительно друг друга, отличающийся тем, что нанесение полос осуществляют, располагая их по поверхности дискретно, при этом обрабатываемому изделию по окончании каждого прохода напыляющего устройства вдоль его оси сообщают поворот, причем после каждого полного оборота изделия вокруг своей оси полосу смещают относительно предыдущей с ее перекрытием, увеличивая дополнительно угол поворота изделия.[17]

Данный метод решено не применять в связи с интенсивным контактом рабочих магистралей плазмотрона с внутренней поверхностью трубы, что может негативно сказаться на сроке службы оборудования, а так же на качестве нанесенного покрытия.

[Изъят 1 абзац.]

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 26          |

## Выводы

После получения задания и установления проблемы требующей решения был проведен анализ рынка, различных производственных предприятий, а также литературных данных статей и патентов, как отечественных так и зарубежных. Целью анализа было обнаружение и установление предложения, технологии или разработки, применение которой позволило бы решить поставленную проблему. Однако в процессе поиска и изучения различных технологий и разработок, хоть и были обнаружены технологии и разработки в смежных с поставленной проблемой областях, тем ни менее не было обнаружено способа позволяющего полностью решить поставленную проблему.

В связи с изложенным ранее, было принято решение о собственной разработке решения поставленной проблемы. Однако, полностью отказываться от ранее накопленного опыта разработчиков считаю нецелесообразным, так как некоторые из обнаруженных идей и разработок могут быть полезны и будут применены для более эффективного решения поставленной задачи.

Таким образом, задачами работы являются разработка и проектирование оборудования удовлетворяющего все требования предъявляемые технологией производства изделия, а именно:

— Разработка роликового вращателя. Задачей которого является вращение трубы с заданной скоростью, не создавая препятствий для доступа к внутренней поверхности изделия. либо другого вращателя обеспечивающего доступ ко внутренней поверхности заготовки.

— Разработка подвижного кронштейна. Задачей которой является позиционирование и перемещение плазмотрона относительно вращающегося изделия при нанесении защитного покрытия на внешнюю поверхность изделия.

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 27   |

— [Изъято 2 абзаца.]

Более подробное описание процесса проектирования, а так же все необходимые расчеты узлов и агрегатов оборудования, будут приведены в следующей главе, в конструкторской части работы.

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 28          |

## Глава 2. Конструкторский раздел.

В данном разделе производится подбор и описание оборудования предлагаемого к применению для наплавки защитного покрытия на поверхности трубы.

Первым делом следует определиться с типом оборудования применяемого для решения каждой из трех поставленных задач: вращение заготовки; нанесение защитного покрытия на внешнюю поверхность; нанесение защитного покрытия на внутреннюю поверхность. Варианты решения поставленных задач, а так же их достоинства и недостатки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Варианты оборудования для решения поставленных задач

| Задача           | Вариант решения                                   | Достоинства   | Недостатки  |
|------------------|---|---|---|
| Вращение изделия | 1) Вращатель шпиндельный (Часть токарного станка) | Регулировка скорости вращения в широком диапазоне, исключение возможности проскальзывания изделия или отклонения оси вращения, доступность и распространенность | Ограничение доступа к внутренней поверхности изделия                                    |
|                  | 2) Роликовый вращатель                            | Регулировка скорости вращения в широком диапазоне, простота в использовании, обеспечение доступа к внутренней поверхности изделия                               | Возможность проскальзывания изделия, отсутствие удовлетворяющих требованиям предложений |
|                  | 3) Цепной кантователь                             | Регулировка скорости вращения в широком диапазоне, простота в использовании, обеспечение доступа к внутренней   | Высокая вероятность: проскальзывания изделия, смещения оси вращения                     |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

|                                |  |   |  |
|--------------------------------|--|---|--|
|                                |  | поверхности изделия,<br>доступность,<br>распространенность  |  |
| Задача                         | Вариант решения  | Достоинства   | Недостатки   |
| Наплавка<br>снаружи<br>изделия | 1) Суппорт<br>токарно-<br>винторезного<br>станка         | Регулировка скорости<br>перемещения в широком<br>диапазоне, высокая точность<br>позиционирования,<br>распространенность   | Необходимость<br>доработки, высокие<br>стоимость и масса<br>устройства   |
|                                | 2) Каретка токарно-<br>фрезерного станка                 | Регулировка скорости<br>перемещения в широком<br>диапазоне, высокая точность<br>позиционирования,<br>сравнительно малые габариты<br>и масса, распространенность | Высокая стоимость  |
|                                | 3) Сварочная<br>колонна                                  | Регулировка скорости<br>перемещения в широком<br>диапазоне,<br>распространенность,<br>универсальность   | Высокие стоимость и<br>масса установки,<br>низкая точность<br>позиционирования   |
|                                | 4) Подвес на тросах<br>(цепях) через<br>приводные ролики | Регулировка скорости<br>перемещения в широком<br>диапазоне,<br>универсальность  | Отсутствие<br>предложений на<br>рынке, высокая<br>стоимость, сложность<br>настройки, низкие<br>технологические<br>показатели |
| Задача                         | Вариант решения  | Достоинства   | Недостатки   |
| Наплавка<br>снаружи<br>изделия | 5) Приводная<br>тележка с<br>кронштейном                 | Регулировка скорости<br>перемещения в широком<br>диапазоне,<br>простота конструкции и<br>использования  | Низкая точность<br>позиционирования,<br>отсутствие<br>предложений на<br>рынке  |
|                                | 6) Сварочный портал                                      | Регулировка скорости  | Высокие стоимость,   |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ

Лист

30

|                         |  |  |  |
|-------------------------|--|--|--|
|                         |  | перемещения в широком диапазоне, высокая точность позиционирования   | габаритные размеры и масса установки   |
| Наплавка внутри изделия | 1) Подвес на тросах (цепях) через приводные ролики | Регулировка скорости перемещения в широком диапазоне, универсальность  | Отсутствие предложений на рынке, высокая стоимость, сложность настройки, низкие технологические показатели |
|                         | 2) Штанга  | Регулировка скорости перемещения в широком диапазоне, высокая точность позиционирования, высокая технологичность | Отсутствие предложений на рынке, сложность конструкции   |
|                         | 3) Сварочная колонна                               | Регулировка скорости перемещения в широком диапазоне, распространенность, универсальность                        | Высокие стоимость и масса установки, низкая точность позиционирования                                      |

По результатам сравнительного анализа было определено оборудование наиболее полно удовлетворяющее предъявляемым нами требованиям.

Для вращения заготовки решено применять шпиндельный вращатель, так как применение роликового вращателя не исключает возможность проскальзывания изделия или отклонения оси его вращения, например, при попадании на ролики или заготовку инородных тел (окалина, брызги расплавленного металла и т.п.) или жидкостей во время процесса наплавки.

Также, нецелесообразно для решения задачи вращения заготовки применение цепного кантователя, так как при его применении невозможно обеспечить длительное равномерное вращение заготовки, без проскальзывания и смещения оси вращения.

Однако, роликовый вращатель так же может быть применен для вращения изделия, если исключить гипотетическую вероятность проскальзывания изделия и отклонения оси вращения, вращатель данного типа имеет примечательные особенности, например: не ограниченный доступ ко внутренней поверхности вращаемой трубы, в то время как применение шпиндельного вращателя обуславливает использование одного из торцов трубы для закрепления изделия, в результате чего доступ ко внутренней поверхности трубы ограничен шпинделем вращателя; простота установки и снятия заготовки, в то время как при использовании шпиндельного вращателя установка и снятие изделия сопряжено с дополнительными операциями, сравнительно с роликовым вращателем.

При этом, шпиндельный вращатель, по моему мнению, является лучшим вариантом несмотря на: ограничение доступа ко внутренней поверхности трубы, предоставляемого доступа, через не закрепленный торец трубы достаточно для проведения необходимых технологических операций; "сложность" установки и снятия заготовки по сравнению с другими вариантами является скорее плюсом так как благодаря именно этому исключается возможность проскальзывания, отклонения оси вращения и обеспечивается длительное равномерное вращение изделия.

Лучшим, из всех рассмотренных вариантов для наплавки на наружную часть трубы, по моему мнению является каретка токарно-фрезерного станка. Подобная конструкция давно известна и широко применяется, обладает меньшими массой и габаритами по сравнению с другими рассмотренными вариантами, при этом обеспечивает высокую точность позиционирования и практически не требует доработок для ее использования при решения поставленной задачи.

Прочие рассмотренные варианты считаю неудовлетворительными ввиду того, что ни один из них не обладает подобным набором качеств, все они либо не обеспечивают достаточной точности позиционирования, либо



имеют значительные массу и габариты, либо требуют значительной доработки, либо их применение экономически не целесообразно.

Для наплавки на внутреннюю поверхность, лучшим из рассмотренных вариантов, на мой взгляд, является применение штанги, преимуществами которой являются относительно маленькая масса, что обуславливает мобильность установки в случае необходимости ее перемещения, не высокая стоимость, и высокая точность позиционирования, в связи с вышеперечисленными достоинствами было принято решение о использовании штанги для нанесения защитного покрытия на внутреннюю поверхность труб.

## **2.1. Выбор оборудования для наплавки на внешнюю поверхность трубы**

[Изъято 2 страницы.]

## **2.2 Выбор оборудования для наплавки на внутреннюю поверхность трубы**

При подборе оборудования для нанесения защитного покрытия на внутреннюю поверхность трубы, учитывался выбор оборудования для наплавки на наружную поверхность, а именно, для вращения заготовки предлагается использовать такой же вращатель. Применение одинаковых вращателей одного производителя имеет свои достоинства, такие как например, упрощение обслуживания оборудования (поскольку оборудование идентичное то и производимые с ним операции идентичны, что, в общем, снижает нагрузку на обслуживающий персонал), унификация производства, укрепление связей с деловыми партнерами и т.п. Таким образом, при наплавке внутренней поверхности трубы, для вращения заготовки предлагается применять шпиндельный вращатель используемый в токарно-

фрезерном станке предлагаемом к применению при наплавке наружной поверхности изделия. Так же для наплавки на внутреннюю поверхность трубы решено использовать штангу, однако на рынке не было обнаружено предложений способных решить поставленные задачи.

### **2.3. Подбор и расчет элементов штанги.**

[Изъято 17,5 страницы.]

#### **2.3.5. Конструирование горелки**

Для обеспечения процесса наплавки необходимо в трубу поместить горелку, поскольку стандартные горелки имеют габаритные размеры превышающие предел, установленный габаритами изделия, предлагается внутрь трубы помещать лишь сопло к которому будет обеспечен подвод газа тока, и подача проволоки.

Для фиксации сопла предлагается использовать кронштейн специальной формы обеспечивающий определенный угол наклона электрода. Кронштейн крепится к штанге теми же винтами что и центрирующее устройство. Сопло крепится к кронштейну посредством резьбового соединения с применением стандартных изделий, при этом сопло должно устанавливаться через специальные изолирующие проставки для отделения механической части штанги от токоведущих частей и предотвращения коротких замыканий сварочной цепи вне места горения дуги. Сопло в сборе с кронштейном изображено на рисунке 2.17.

[Изъято 2 абзаца.]

Подвод тока осуществляется сварочным кабелем клемма которого крепится той же гайкой что и само сопло. Подвод газа осуществляется по стандартным магистралям, которым придается требуемая форма, непосредственно к соплу. Подача проволоки осуществляется при помощи

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | 34   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ

стандартного канала подачи проволоки, и проволокоподающего устройства MSF 67, разработки финской компании специализирующейся на сварочном оборудовании "КЕММРГ", характеристики которого приведены в таблице 2.6.

[Изъято 4 абзаца.]

### 2.3.6. Поверочный расчет привода штанги

Для определения параметров двигателя необходимо знать силу сопротивления движению штанги, которая рассчитывается по формуле(2.1):

$$F = \mu \times m \times g \quad (2.1)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения, равный 0,008 [28];

$m$  – масса штанги в сборе 50 кг;

$g$  – ускорение свободного падения 9,8 м/с<sup>2</sup>.

Подставив, получаем:

$$F = 0,008 \times 50 \times 9,8 = 3,92 \text{ Н}$$

Поскольку передача в приводе не пряма необходимо учитывать передаточные отношения промежуточных элементов передачи(2.2).[29]

$$\omega = \frac{d}{D} \times \frac{d_1}{D_1} \quad (2.2)$$

где  $d$  и  $d_1$  – диаметры ведомых звеньев;

$D$  и  $D_1$  – диаметры ведущих звеньев.

Подставив значения диаметров, получим:

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 35   |

$$\omega = \frac{80}{130} \times \frac{130}{40} = 2$$

Тогда минимальный момент развиваемый двигателем должен быть не менее:

$$M_{кр} = \frac{3,92}{2} = 1,96 \text{ Нм}$$

Поскольку выбранный двигатель способен развивать 2 Нм при числе оборотов до 1600, а при меньшем количестве оборотов до 8 Нм, то выбранный мотор может применяться без замены на другой и без применения дополнительных элементов передач вроде редукторов.

### 2.3.7. Поверочный расчет роликов

При расчете примем что все нагрузка приходится на один ролик , в таком случае поперечная равна:

$$Q = R_A = 0,25 \text{ кН}$$

А максимальный изгибающий момент равен:

$$M_u = 0,25 \times 0,2 = 0,05 \text{ кНм}$$

Исходя из полученных данных можно определить необходимый диаметр ролика, из формулы (2.3): [29]

$$\frac{M_u}{W_p} = [\sigma] \tag{2.3}$$

где  $M_u$  – изгибающий момент;

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 36          |

$[\sigma]$  – допустимое напряжение изгиба, равное 100 МПа;

$W_p$  – момент сопротивления сечения, для круглого сечения равный

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} [29].$$

Путем не сложных математических преобразований из формулы (2.3) получаем формулу для определения диаметра сечения:

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 M_u}{\pi [\sigma]}} \quad (2.4)$$

Из формулы (2.4) находим минимально допустимый диаметр ролика:

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \times 50}{3,14 \times 100\,000\,000}} = \sqrt[3]{\frac{8}{3140000}} = 0,01366 \text{ м} \approx 14 \text{ мм}$$

Поскольку применяемый ролик имеет минимальный диаметр 20 мм, условие прочности соблюдается.

#### 2.4. Расчет роликового вращателя

Также в рамках данной работы был произведен расчет элементов роликового вращателя, на ряду с применением шпиндельного вращателя возможно применение и роликового вращателя. Приведен пример расчета для наибольшего размера трубы.

[Изъято 2 абзаца.]

$$m = \left( \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \times l \times \rho \quad (2.5)$$

где  $m$  – масса изделия;

$D$  и  $d$  – диаметры изделия внешний и внутренний соответственно;

$l$  – длина изделия;

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 37   |

$\rho$  – плотность материала изделия.

Подставив в формулу (2.5) исходные данные получаем

$$m = \left( \frac{3,14 \times 15,2^2}{4} - \frac{3,14 \times 14^2}{4} \right) \times 500 \times 7,8 = \text{кг}$$

После того как была определена масса изделия, стало возможным определение усилий действующих на ролики вращателя.

На рисунке 2.18 приведена расчетная схема типового роликового стенда с одним рядом приводных роликоопор, на которой изображены действующие силы, реакции и усилия возникающие в результате взаимодействия изделия и роликов вращателя.

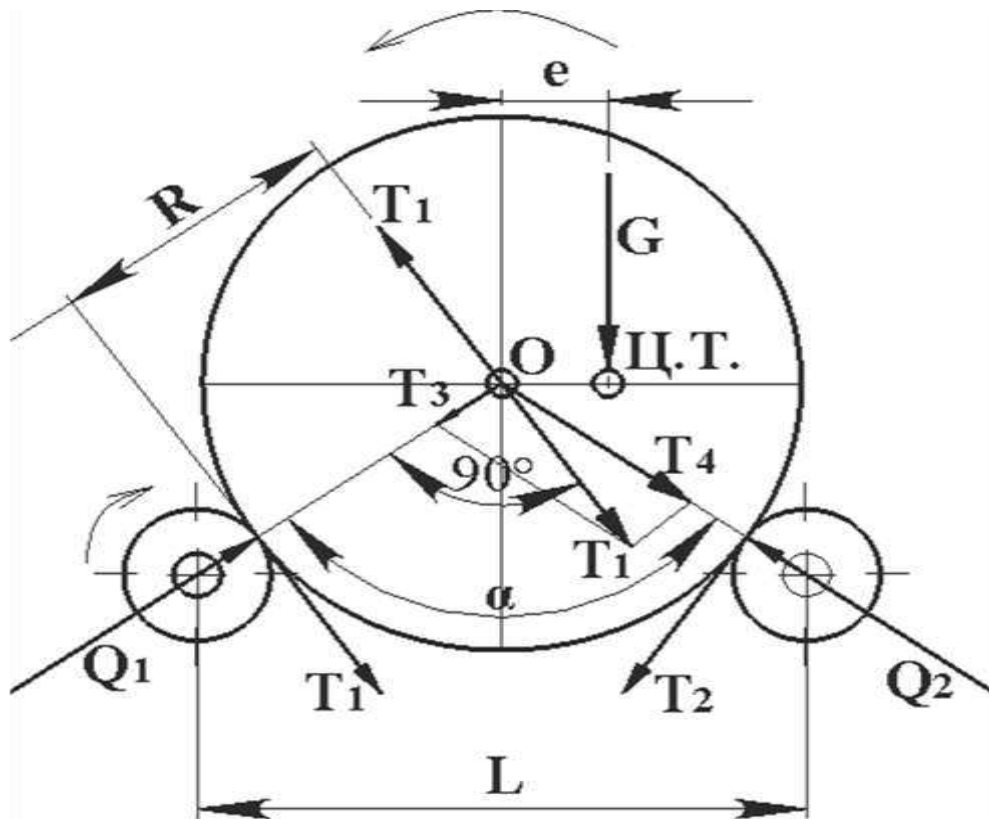


Рисунок 2.18 – Расчетная схема роликового стенда

Принимаем центральный угол  $\alpha = 80^\circ$

Возможный дисбаланс  $E=0$

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

## Расчет окружных усилий на приводных роликах

Необходимое окружное усилие  $T_1$  на приводных роликкоопорах находим по формуле (2.6):[29]

$$T_1 = G \left( E + \frac{E + \sin \frac{\alpha}{2}}{b \sin \alpha + \cos \alpha - 1} \right) \quad (2.6)$$

где  $\alpha$  – центральный угол,

$E$  – эксцентриситет, выраженный в долях радиуса барабана (дисбаланс).

$$b = \frac{D_p}{f d_p + 2\mu} \quad (2.7)$$

где  $D_p$  – диаметр роликкоопоры;

$d_p$  – диаметр оси роликкоопоры в подшипниках;

$f$  – коэффициент трения в подшипниках (для подшипников качения при конических роликкоподшипниках  $f=0,02$ );

$\mu$  – коэффициент трения качения (для стальных роликов  $\mu = 0,06 \div 0,08$ , для обрезиненных  $\mu = 0,25 \div 0,35$ ).

Выбираем роликкоопору с параметрами  $D_p=15$  см, и  $d_p=4$  см

$$b = \frac{15}{0,02 \times 4 + 2 \times 0,08} = 62,5 \text{ см}$$

По формуле (2.6) находим необходимое окружное усилие на приводных роликах:

$$T_1 = 2000 \left( + \frac{\sin \frac{80}{2}}{62,5 \sin 80 + \cos 80 - 1} \right) = (21,2 \text{ Н}) 31,71 \text{ Н}$$

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 39   |

Для определения окружных усилий на холостых роликах применяется формула (2.7):[29]

$$T_2 = G \left( \frac{E + \sin \frac{\alpha}{2}}{b \sin \alpha + \cos \alpha - 1} \right) \quad (2.7)$$

Таким образом усилие  $T_2$  для холостых роликов определяется

$$T_2 = 2000 \left( \frac{+ \sin \frac{80}{2}}{62,5 \sin 80 + \cos 80 - 1} \right) = (21,2 \text{ Н}) 11,71 \text{ Н}$$

### Определение реакций на роликоопорах при вращении их под нагрузкой

Опорные реакции приводных роликоопор определяются при помощи формулы (2.8):[29]

$$Q_1 = \frac{G}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \left( 1 - \frac{E \cos \alpha}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{E + \sin \frac{\alpha}{2}}{b \cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2}} \right) \quad (2.8)$$

Подставив в выражение (2.8) значения параметров получим, что

$$Q_1 = \frac{2000}{2 \cos \frac{80}{2}} \left( 1 - \frac{0 \cos 80}{\sin \frac{80}{2}} + \frac{0 + \sin \frac{80}{2}}{b \cos \frac{80}{2} - \sin \frac{80}{2}} \right) = (1332 \text{ Н}) 726,213 \text{ Н}$$

Опорные реакции холостых роликоопор рассчитываются по формуле (2.9).[29]

$$Q_2 = \frac{G}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \left( 1 - \frac{E}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{E + \sin \frac{\alpha}{2}}{b \cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2}} \right) \quad (2.9)$$



Подставив в выражение (2.9) значения параметров, получим

$$Q_2 = \frac{1000}{2 \cos \frac{90}{2}} \left( 1 - \frac{0,02}{\sin \frac{90}{2}} + \frac{0,02 + \sin \frac{90}{2}}{b \cos \frac{90}{2} - \sin \frac{90}{2}} \right) = 705,856 \text{ Н (1332 Н)}$$

### Расчетная нагрузка роликов и их осей

Зная величину окружных и радиальных усилий действующих на ролики, определяем расчетную нагрузку роликов и их осей по формуле (2.10).[29]

$$P_1 = \frac{\sqrt{Q_1^2 + T_1^2}}{i_p} k_p \quad (2.10)$$

где  $P_1$  – нагрузка на одну роликосопору;

$i_p$  – число роликосопор в одном ряду, конструктивно принимаем 3;

$k_p$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки на роликосопорах ( для стальных роликов  $i_p = 2$   $k_p = 1$ ; при  $i_p \geq 3$   $k_p = 1,5 \div 1,7$ )

$$P_1 = \frac{\sqrt{726,213^2 + 31,71^2}}{3} 1,7 = (760 \text{ Н})$$

### Расчет вала роликосопоры

Под действием силы  $P_1$  вал роликосопоры подвергается изгибу.

Реакция опоры А

$$R_A = \frac{P_1 \cdot 0,5l}{l} = 210 \times 0,5 = (384,5 \text{ Н})$$

|      |      |          |         |      |                             |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                             |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                             |  |  |  |  | 41   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ |  |  |  |  |      |

Реакция опоры В

$$R_B = \frac{P_1 0,5l}{l} = 210 \times 0,5 = (384,5 \text{ Н})$$

Изгибающий момент будет равен:

$$M_1 = 384,5 \times 0,025 = 961,25 \text{ Нсм}$$

Крутящий момент на валу приводной роlikоопоры определяется по формуле (2.11):[29]

$$M_{кр} = T_1 \frac{D_p}{2} + \left( f \frac{d_B}{2} + \mu \right) \sqrt{Q_1^2 + T_1^2} \quad (2.11)$$

где  $d_B$  – диаметр вала в подшипниках, для выбранных роlikоопор данный параметр  $d_B=4\text{см}$ .

$$M_{кр} = 21,2 \frac{15}{2} + \left( 0,02 \frac{4}{2} + 0,08 \right) \sqrt{1332^2 + 21,2^2} = 319 \text{ Нсм}$$

Эквивалентный расчетный момент на валу определяется по формуле (2.12):[29]

$$M_э = \sqrt{M_и^2 + M_{кр}^2} \quad (2.12)$$

Подставив значения моментов в формулу (2.12) получим:

$$M_э = \sqrt{961,25^2 + 319^2} = 1012 \text{ Нсм}$$

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 42   |

Расчетный диаметр вала определяется по формуле (2.13):[29]

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{10M_3}{[\sigma]}} \quad (2.13)$$

Для валов из стали 45 допустимое напряжение изгиба  $[\sigma]=1350\div 2100$  кгс/см<sup>2</sup> [28]

Из формулы (2.13) найдем расчетный диаметр вала:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{10 \times 1012}{1700}} = 2,4 \text{ см}$$

Принимаем  $d_B=3$  см.

### **Необходимая минимальная мощность на валу приводных роlikоопор.**

Необходимая минимальная мощность на валу приводных роlikоопор определяется по формуле (2.14):[29]

$$N_B = \frac{M_{кр} n_m}{97500} \quad (2.14)$$

Из формулы (2.14) находим что необходимая мощность на валу приводных роlikоопор равна:

$$N_B = \frac{319 \times 60}{97500} = 0,196 \text{ кВт}$$

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 43   |

## Проверка запаса сцепления приводных роликов с изделием

Коэффициент запаса сцепления приводных роликов с изделием находится при помощи формулы (2.15).[29]

$$K_{\text{сц}} = \frac{Q_1 \varphi}{T_1} \geq 3 \quad (2.15)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления роликов с изделием (для стальных роликов можно принимать  $\varphi = 0,15$ ).

$$K_{\text{сц}} = \frac{1332 \times 0,15}{21,2} = 9,43$$

Так как  $9,43 > 3$  то в данном случае запас сцепления соблюден и возможность пробуксовки маловероятна.

Так как в процессе работы было найдено другое устройство позволяющее решать задачи ради решения которых разрабатывался роликовый стенд, было решено отказаться от завершения его разработки, однако, его применение все так же остается вариантом для придания вращения заготовке.

### Выводы

[Изъято 3 абзаца.]

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 44   |

## Глава 3. Технологический раздел.

### 3.1. Рекомендации по работе с оборудованием.

Целью данного раздела является описание правил работы с разработанным оборудованием, а также последовательность и возможные технологические особенности выполнения операций, при использовании разработанного оборудования.

[Изъято 5 абзацев.]

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 45          |

### **3.2. Рекомендации по повышению производительности и улучшению качества полученного покрытия.**

Существуют различные способы повышения производительности применяемой технологии и полученного, в результате ее применения, покрытия, некоторые из них влияют непосредственно на процесс, например изменение режимов и параметров наплавки, другие позволяют улучшить качество покрытия путем внесения изменений и доработок в конструкцию, так же одновременное применение конструкторских решений и специальных режимов может позволить получить лучшие показатели качества покрытия и времени его нанесения.

[Изъято 3 страницы.]

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 46          |

## Выводы

[Изъято 2 абзаца.]

.

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 47   |

## Глава 4. Экономический раздел.

### Введение

Целью данного раздела является расчет затрат на выполнение выпускной квалификационной работы по теме: «Разработка оборудования для нанесения защитного покрытия», а так же на изготовление разработанного оборудования.

### 4.1. Планирование выполнения НИР

Перечень работ, проведенных в ходе разработки оборудования для нанесения покрытия приведены в таблице 4.1.[30]

Таблица 4.1 – Перечень работ

| № | Содержание работы  | T, дней |
|---|--|---------|
| 0 | Постановка целей и задач   | 1       |
| 1 | Обзор способов нанесения защитных покрытий                       | 10      |
| 2 | Планирование работ   | 1       |
| 3 | Разработка роликового вращателя                                  | 19      |
| 4 | Разработка устройства для обработки внешней поверхности трубы    | 23      |
| 5 | Разработка устройства для обработки внутренней поверхности трубы | 26      |
| 6 | Разработка документации  | 7       |
| 7 | Составление отчета о НИР   | 12      |

### 4.2. Затраты на проведение НИР

Затраты на проведение исследований складываются из затрат на:

1. Материалы, узлы, готовые изделия, ;
2. Основная заработная плата научно-производственного персонала, в том числе дополнительная заработная плата и отчисления на социальные нужды;



### 3. Амортизационные отчисления.

#### 4.2.1. Затраты на материалы.

Затраты на материальные ресурсы включают в себя также транспортно-заготовительные расходы. Полные затраты на материальные ресурсы находим по формуле

$$Z_m = \sum_{i=1}^n C_{mi} \times Q_i \times k_{mз} \quad (4.2.1.1)$$

где  $C_{mi}$  – цена  $i$ -го материального ресурса, руб/ед.;

$Q_i$  – потребность в  $i$ -ом материальном ресурсе, ед.;

$k_{mз}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаем  $K_{mз}=1,03$ .

Таблица 4.2 – Расчет затрат на материальные ресурсы

| Наименование ресурса                            | Норма расхода, ед. | Цена, руб/ед. | Суммарные затраты на ресурс, руб. |
|---|--------------------|---------------|-----------------------------------|
| Токарно-фрезерный станок, доработанный          | 1                  | 780000        | 780000                            |
| Шпиндельный вращатель Токарно-фрезерного станка | 1                  | 350000        | 350000                            |
| Штанга в сборе                                  | 1                  | 250000        | 250000                            |
| Привод штанги                                   | 1                  | 30000         | 30000                             |
| Рольганг, доработанный                          | 1                  | 80000         | 80000                             |
| Итого   |                    |               | 1490000                           |

#### 4.2.2 Расчет основной заработной платы персонала.

Затраты по этой статье включают заработную плату научных и инженерно-технических работников, выполняющих исследовательскую работу.

Расчет стоимости одного нормо – часа заработной платы определяется на основе почасовой ставки с учетом количества рабочих дней и часов.

$$C_{oc} = N_t \times O_i \times k_{\partial} \quad (4.2.2.1)$$

где  $N_t$  – стоимость одного нормо-часа 100 руб/ч;

$O_i$  – время выполнения объема  $i$ -го вида работ;

$k_{\partial}$  – коэффициент, учитывающий премиальные доплаты к тарифному заработку, руководство бригадой, совмещение профессий, доплаты по районному коэффициенту принимаем 1,5.

$$C_{oc} = 100 \times 99 \times 8 \times 1,5 = 118800 \text{ руб}$$

#### 4.2.3 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата составляет 10-12% от основной заработной платы.

$$C_{дон} = E \times C_{oc} \quad (4.2.3.1)$$

где  $E$  – коэффициент дополнительной заработной платы ( $E = 0,1$ ).

$$C_{дон} = 0,1 \times 118800 = 11880 \text{ руб}$$

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 50   |

#### 4.2.4 Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды определяется в процентах от основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих. Отчисления на социальные нужды производится согласно Федеральному закону от 03.12.2011№ 379-ФЗ.

Законом установлены следующие тарифы страховых взносов:

Пенсионный фонд Российской Федерации – 22%;

Фонд социального страхования Российской Федерации – 2,9%;

Федеральный фонд обязательного медицинского страхования- с 1 января 2012 года -5,1% ;

Страховые взносы 22+2,9+5,1итого30%

$$C_{сн} = 0,3 \times (C_{ос} + C_{дон}) \quad (4.2.4.1)$$

$$C_{сн} = 0,3 \times (118800 + 11880) = 39204 \text{ руб}$$

#### 4.2.5 Расчет амортизационных отчислений

Расходы по этой статье составляют амортизационные отчисления по всем видам оборудования, используемого для выполнения работы.

$$AO = \frac{Ц_{об} \times NA \times F_{ф}}{F_{д} \times 100} \quad (4.2.5.1)$$

где  $Ц_{об}$  – стоимость оборудования, руб.;

$NA$  – годовая норма амортизационных отчислений оборудования;

$F_{ф}$  – фактическая занятость оборудования при проведении работ;

$F_{д}$  – действительная занятость оборудования, рассчитывается по формуле:

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 51   |

$$F_{\partial} = \frac{D_r \times T_n}{D_n} K_n \quad (4.2.5.2)$$

где  $D_r=254$  – число дней работы в году, при пятидневной рабочей неделе;

$T_n=40$  – число часов работы в неделю при односменном режиме работы;

$D_n=5$  – число дней работы в неделю;

$K_n=0,97$  – коэффициент, учитывающий время на планово-предупредительные ремонты оборудования, при односменном режиме работы.

Находим действительный годовой фонд времени работы оборудования.

$$F_{\partial} = \frac{254 \times 40}{5} 0,97 = 1971 \text{ ч.}$$

Расчет амортизационных отчислений сведен в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Расчет амортизационных отчислений

| Перечень оборудования | Балансовая стоимость оборудования, руб. | Общая норма амортизации, % | Действительный фонд времени работы, часы | Фактический фонд времени работы, часы | Амортизационные отчисления, руб. |
|-----------------------|---|----------------------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|
| Компьютер ASUS K53S   | 40000                                   | 5                          | 1971                                     | 396                                   | 401,82                           |
| Всего отчислений      |   |                            |  | 401,82                                |                                  |

#### 4.2.6 Расчет накладных расходов

Накладные расходы представляют собой оплату труда по управлению и обслуживанию НИР. Их принимают в размере 70% от суммы основной и дополнительной заработной платы.

$$C_{нр} = 0,7 \times (C_{ос} + C_{дон}) \quad (4.2.6.1)$$

$$C_{нр} = 0,7 \times (118800 + 11880) = 91476 \text{ руб}$$

#### 4.2.7 Расчет суммарной сметы затрат

Расчет суммарной сметы затрат сведен в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Смета затрат на проведение НИР

| Наименование                  | Ед. изм. | Сумма затрат |
|-------------------------------|----------|--------------|
| Себестоимость, в том числе    | Руб.     | 1490000      |
| Затраты на сырье и материалы: |          |              |
|                               |          |              |
| Затраты на заработную плату:  |          |              |
| Основная зарплата             | Руб.     | 118800       |
| Дополнительная зарплата       | Руб.     | 11880        |
| Социальные нужды              | Руб.     | 39204        |
| Амортизационные отчисления    | Руб.     | 401,82       |
| Накладные расходы             | Руб.     | 91476        |
| Суммарные затраты             | Руб.     | 1751761,82   |

Данный экономический расчет показывает необходимые затраты на выполнение задания полученного к ВКР.

#### Выводы

В данном разделе проведен расчет и представлена сумма необходимая для проведения работ по конструированию оборудования для наплавки внешней и внутренней поверхностей труб.

Приведенный расчет может оказаться не точным в связи с изменением экономической ситуации, ростом или снижением цен на те или иные материалы изделия и услуги.

## Глава 5. Безопасность и экологичность проекта

### Введение

Целью данного раздела является разработка планировки участка цеха, которая обеспечивает безопасность и снижает возможность производственного травматизма, профессиональных заболеваний, пожаров, взрывов, аварий, загрязнения окружающей среды промышленными выбросами, сточными водами, отходами и др.

Улучшение условий труда, повышение его безопасности влияют на результаты производства – на производительность труда, качество и себестоимость выпускаемой продукции.

Производительность труда повышается за счёт сохранения здоровья и работоспособности человека, экономии живого труда, путем повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека, экономии общественного труда путем повышения качества продукции, более эффективного использования основных производственных фондов, уменьшения числа аварий и т.п.

Несомненно, обеспечение безопасных условий труда, особенно способствует уменьшению числа пострадавших на своих рабочих местах, и также уменьшает количество жертв экологически вредного влияния промышленных предприятий.

Также охрана труда связана с общей задачей охраны окружающей среды, так как очистка и обезвреживание сточных вод и выбросов в атмосферу, защита от электромагнитных полей и ионизирующих излучений служат не только целями охраны труда, но и одновременно способствуют сохранению среды обитания человека.

В данном разделе рассмотрены необходимые оптимальные условия для работы, общее освещение помещения, микроклимат, пожарная и

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 54   |

электробезопасность, безопасность при работе со сварочным оборудованием и при электросварке, а также экологическая безопасность рабочего места.

Цель: обеспечить безопасность и экологичность проекта.

Задачи:

- 1) Определить схему расположения рабочего места и расположения рабочих элементов с помощью которых будут проводиться сварочные работы;
- 2) Определить объемно-планировочный план рабочего помещения и рабочего места;
- 3) Рассмотреть организацию трудового процесса, техническую эстетику;
- 4) Определить параметры микроклимата, освещения, шума, выявить потенциальные опасности и вредности на рабочем месте при выполнении работ;
- 5) Рассмотреть вопросы пожарной безопасности, экологичности проекта;

### 5.1 Объемно-планировочное решение участка цеха

Необходимая площадь участка цеха будет складываться из площади занимаемой оборудованием, необходимой площади для одного человека и площади для проведения технологических операций, также необходимо учитывать величину безопасных проходов.[31]

А) Необходимая площадь на одного человека составляет  $4,5 \text{ м}^2$ ; для работы на разработанном оборудовании требуется два человека, следовательно требуемая площадь составит  $9 \text{ м}^2$ ;

Б) Площадь для установки оборудования –  $12 \text{ м}^2$ ;

В) Площадь занимаемая местами для складирования заготовок и обработанных изделий –  $6 \text{ м}^2$ ;

Г) Ширина безопасных проходов составляет  $1,5 \text{ м}$ .

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 55          |

Таким образом общая площадь участка цеха необходимая для установки разработанного оборудования равна 98,8 м<sup>2</sup>

## 5.2 Организация трудового процесса. Техническая эстетика

Рабочее место – это часть пространства, в котором работник осуществляет рабочую деятельность, и проводит большую часть времени рабочего дня.

Оптимальная поза человека в процессе трудовой деятельности обеспечивает высокую работоспособность и производительность труда. Неправильное положение тела на рабочем месте приводит к быстрому возникновению статической усталости, снижению качества и скорости выполняемой работы, а также к снижению реакции на опасности. Нормальной рабочей позой следует считать такую, при которой работнику не требуется наклоняться вперед больше чем на 10...15°; наклоны назад и в стороны нежелательны; основное требование к рабочей позе – прямая осанка.

Элементами рационального режима труда и отдыха является производственная гимнастика. Эффект психоэмоциональной разгрузки достигается путем эстетического оформления интерьера, использования удобной мебели, позволяющей находиться в удобной расслабленной позе. Работа в позе сидя более рациональна и менее утомительна, так как уменьшается высота центра тяжести над площадью опоры, повышается устойчивость тела, снижается напряжение мышц, уменьшается нагрузка на сердечнососудистую систему. В положении сидя обеспечивается возможность выполнять работу, требующую точность движения. Однако, специфика технологических процессов производимых на разработанном оборудовании не позволяет приметить положение сидя как основную рабочую позу, во избежание переутомления снижения производительности и качества труда, целесообразно увеличить количество перерывов на отдых, и включить

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 56   |



в производственную гимнастику упражнения расслабляющие все группы мышц.

Чтобы исключить возникновение заболеваний необходимо иметь возможность свободной перемены поз. Необходимо соблюдать режим труда и отдыха с перерывами, заполняемыми «отвлекающими» мышечными нагрузками на те звенья опорно-двигательного аппарата, которые не включены в поддержание основной рабочей позы.

### **5.3 Производственная санитария**

#### **5.3.1 Микроклимат производственных помещений**

Микроклиматические условия – это состояние воздушной среды, характеризующееся относительной влажностью, скоростью движения, температурой воздуха, поверхностей (стен, потолков, пола, ограждающих устройств) и интенсивностью теплового облучения [32]. Микроклимат рабочего помещения имеет большое значение, т. к. оказывает влияние непосредственно на самочувствие и работоспособность человека.

Показатели микроклимата обеспечивает сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Для обеспечения нормальных условий труда на рабочих местах все параметры микроклимата нормируются в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96.

В зависимости от тяжести работ выполняемых на участке цеха выбираются оптимальные и допускаемые нормированные параметры микроклимата в соответствии с ГОСТ 12.1.005. Масса переносимых рабочими деталей и заготовок составляет не более 10 кг, такая тяжесть работ соответствует категории Пб.

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 57   |

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 в рабочей зоне должна поддерживаться нормированная температура, относительная влажность и скорость движения воздуха, данные представлены ниже (см. таблица 5.1, 5.2)

Таблица 5.1 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|--|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный    | IIб (233-290)                              | 17-19                   | 16-20                        | 60-40                              | 0,2                            |
| Теплый      | IIб (233-290)                              | 19-21                   | 18-22                        | 60-40                              | 0,2                            |

Таблица 5.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С           |                                   | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с                                      |   |
|-------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---|---|
|             |  | диапазон ниже оптимальных величин | диапазон выше оптимальных величин |                              |                                    | для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более | для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более |
| Холодный    | IIб (233-290)                              | 15,0-16,9                         | 19,1-22,0                         | 14,0-23,0                    | 15-75                              | 0,2   | 0,4   |
| Теплый      | IIб (233-290)                              | 16,0-18,9                         | 21,1-27,0                         | 15,0-28,0                    | 15-75                              | 0,2   | 0,5   |

Для обеспечения нормируемых параметров микроклимата в соответствии со СНиП 41.01.2003, в холодный период года используется система отопления, а в теплый период года используется система вентиляции.

### 5.3.2 Освещение рабочего места

Расчет искусственного освещения осуществляется методом коэффициента использования светового потока. Данный метод предназначен для расчета точечного метода освещения.

По условиям зрительных работ данная работа относится к наивысшей точности I – в разряда, так как требуется точная настройка оборудования для обеспечения оптимального зазора между поверхностью изделия и рабочим органом установки.

Нормируемые параметры освещения производственного помещения приведены ниже (см. таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Параметры освещения производственного помещения

| Характеристика объекта зрительной работы | Наименьший размер объекта различения, мм | Нормируемая освещенность при искусственном освещении, лк |       |
|--|--|--|-------|
|  |  | Комб. осв.   | Общем |
| Наивысшей точности                       | Менее 1,5                                | 4000   | 1250  |

Точечный метод применяют в основном для расчета местного освещения. Этим методом определяется фактическая освещенность рабочей поверхности, лк,

$$E = \frac{J \cdot \cos \alpha_1}{r^2} \quad (5.1)$$

$$E = \frac{260 \cdot 1}{0,3^2} = 2889$$

где J – сила света, кд, зависящая от световой мощности лампы или марки светильника и угла направления светового потока;

$\alpha_1$  - угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением светового потока, град;

$r$  – расстояние от источника света до рабочей поверхности, м.

Расстояние, м, от рабочей поверхности до источника света

$$r = \frac{H_p}{\cos \alpha_1} \quad (5.2)$$

$$r = \frac{0,3}{1} = 0,3$$

Подставив (5.2) в (5.1) и введя в формулу коэффициент запаса, получим, лк,

$$E = \frac{J \cdot \cos^3 \alpha_1}{k \cdot H_p^2} \quad (5.3)$$

$$E = \frac{260 \cdot 1^3}{1,8 \cdot 1,3^2} = 85,47$$

Полученное фактическое значение освещенности сравниваем с минимальной освещенностью  $E_H$  (для разряда зрительной работы Ib минимальная освещенность равна 1250 лк). Световой поток, лм, в этом случае рассчитывается по формуле (5.4)

$$F = \frac{1000 \cdot E_H}{E_{\text{факт}}} \quad (5.4)$$

$$F = \frac{1000 \cdot 1250}{85,47} = 14625 \text{ лм}$$

где  $E_{\text{факт}}$  – значение освещенности, лк, полученное по формуле (5.3);

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 60   |

1000 – значение светового потока ламп, условно принято 1000 лм.

### 5.3.3 Хозяйственно–питьевое водоснабжение

Для холодного цеха расход воды на хозяйственно–питьевые нужды, исходя из норм потребления на 1 чел. в смену составляет 25 л., из них на питьевые нужды – 5 л. На проектируемом участке цеха предусмотрено 2 крана умывальника.

Для проектируемого участка с количеством рабочих 3 чел. в смену норма потребления воды составит:

На питьевые нужды работников смены расходуется:

$$H_1=3\cdot 5=15 \text{ л/смену};$$

На хозяйственные нужды работников смены расходуется:

$$H_2=3\cdot 25=75 \text{ л/смену};$$

Общее потребление воды рабочими за смену составит:

$$H_{\text{общ}}=15+75=80 \text{ л/смену}.$$

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 61          |

На одну душевую сетку расход воды равен 500 л/час, на 1 кран умывальника 180 л/час.

#### **5.4 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей технологического процесса**

При анализе производственного процесса выявлены потенциальные опасности —это: выделение вредных веществ от сварки, травмирования движущимися частями оборудования, поражение электрическим током, перевозимые крупногабаритные предметы и изделия, движущиеся транспортные средства, поражение различными видами излучений.

##### **5.4.1 Опасность поражения электрическим током**

Широкое использование в промышленности электроэнергии обязывает уделять большое внимание профилактике электро-травматизма. Большая опасность электрического тока для здоровья человека обусловлена тем, что ток очень часто не воспринимается как источник непосредственной опасности, поэтому строгое соблюдение правил электробезопасности – важнейшая задача, которая может снизить число несчастных случаев от поражения электрическим током. Вероятность поражения электрическим током зависит от условий, в которых применяют электроустановки, и средств защиты, рекомендуемых для различных условий.

Помещение по степени опасности поражения электрическим током относится ко II классу – повышенной опасности. Так как присутствует возможность прикосновения человека к металлоконструкциям, имеющим соединение с землей и металлическим корпусам электрооборудования. Напряжение сети 380 и 220 В. Сеть трехфазная, четырех проводная с нулевым проводом в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 для защиты людей от

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 62          |

поражения электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

В качестве мер защиты используется метод защитного отключения электроустановок, защитного зануления оборудования, недоступности для человека линий электропередачи и токоведущих частей оборудования, изоляции электрических проводников и токоподводящих частей оборудования.

#### **5.4.2 Опасность травмирования движущимися частями машин и механизмов**

Незащищенные движущиеся заготовки и материалы, подвижные части машин и механизмов, повышают вероятность травмирования персонала по ГОСТ 12.0.003.

В соответствии с ГОСТ 12.3.020-80 перемещение грузов массой более 20 кг, а также на расстояние более 25 м должно быть механизировано.

Для перемещения заготовок труб электронагревателей, масса которых может достигать 200 кг, используется кран-балка. Основные опасности при использовании кран-балки являются падение узлов изделия в результате неисправности оборудования или обрыва тросов.

Рабочим необходимо осуществлять передвижение только по специально обозначенным пешеходным дорожкам, носить каски при нахождении в помещении цеха. Граница безопасной зоны рабочих находится в 4 м от движущихся частей изделия.[31]

Основными причинами травматизма являются неисправность средств транспортирующие тяжелые детали, наличие движущихся частей при работе наплавочных установок, отсутствие спецодежды и других средств защиты.[33]

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 63   |

Мерами предупреждения травматизма являются своевременная проверка инструмента и оборудования. Работа в спецодежде, а так же соблюдение правил техники безопасности.[33]

### **5.4.3 Опасность получения термических ожогов**

Основная опасность получения термических ожогов рабочими возникает при проведении работ по нанесению защитного покрытия в результате прикосновения к горячим частям изделия и разбрызгивание расплавленного металла электрода на незащищенные части тела рабочих. Также яркое световое излучение вредно воздействует на глаза.

Для избегания ожогов рабочие применяют средства индивидуальной защиты: шлем для защиты глаз и кожи лица, головной убор брезентовый костюм, кожаная обувь, рукавицы. [34]

## **5.5 Анализ и мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.**

### **5.5.1 Предупреждение аварий и взрывов технологического оборудования**

Оборудование используемое на участке цеха для выполнения сварочных работ, зависит от силы тока в электрической сети предприятия. Поэтому в его конструкции предусмотрены предохранители предотвращающие оборудование от короткого замыкания.

### **5.5.2 Обеспечение взрывопожарной безопасности производства**

В соответствии с требованиями НПБ 105-03 участок цеха на котором проводятся сварочные работы относится к помещениям категории "Г", со

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 64          |





– после окончания сварочных работ следует проверять рабочее помещение и зону, где производились сварочные работы, и не оставлять открытого пламени и тлеющих предметов.

– В целях профилактики возникновения возгорания следует исключить попадание брызг расплавленного металла на горючие материалы. Все электрические цепи питаются через предохранительные щиты, которые автоматически отключаются при перегрузке электроцепи. [34]

### **5.5.3 Обеспечение устойчивости объекта в чрезвычайных ситуациях.**

На стадии проектирования генерального плана предприятия в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП II-89-80\* разрывы между производственными зданиями и сооружениями, в зависимости от их огнестойкости, составляют 9–18 м. Склады горючих газов, легковоспламеняющихся жидкостей проектируют в подземных или полузаглубленных сооружениях на расстоянии 100 м от производственных объектов. Взрывоопасные объекты располагают с подветренной стороны по отношению к помещениям категории Г. На территории предприятия предусматривают убежища для персонала от средств массового поражения.[36]

Наружные сети противопожарного водоснабжения закольцовывают и прокладывают не ближе 5 м от стен здания (за пределами зоны возможного обрушения конструкций здания) и не далее 2 м от дорог (проездов). В этой зоне запрещается парковка автомобилей.[36]

Сети электроснабжения прокладывают от двух независимых подстанций. Одну из дублирующих линий (резервную) прокладывают кабели под землёй. Кроме того, предусматривают аварийную дизельную электростанцию. [33]

Тупиковые линии водоснабжения допускаются длиной не более 50 м. Диаметр трубопроводов для таких линий принимают не менее 100 мм. Пожарные гидранты на водопроводной сети располагают на расстоянии не более 100 м друг от друга.[36]

### **5.6. Экологическая безопасность проекта**

В рабочей зоне за целый день накапливается большое количество пыли и грязи, поэтому для обеспечения экологии и чистоты в рабочей зоне необходимо каждый день проводить влажную уборку помещения. Также важным средством, обеспечивающим нормальные санитарно-технические условия в производственных помещениях, является проветривание помещения или наличие кондиционера, регулирующим уровень пыли в помещении.

Для создания и автоматического поддержания в рабочем помещении, независимо от наружных условий, оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха в холодное время года рекомендуется использовать центральное отопление, при этом колебания в течение суток не должны превышать 4 °С, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

### **Выводы**

Для обеспечения безопасности эксплуатаций, а также для улучшения условий труда, поддержания благоприятного самочувствия рабочих разработаны организационные, инженерно-технические, санитарно-гигиенические и другие мероприятия.

В данной работе рассмотрена безопасность работы в рабочей зоне, организация работы службы ответственной за технику безопасности и экологическое состояние рабочих помещений, объемно-планировочный план

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 67          |

помещений, организация трудового процесса, производственная санитария, рассмотрены вопросы взрывопожарной безопасности и экологичности проекта.

Для обеспечения пожарной безопасности в рабочей зоне предусмотрены дымовые датчики, план эвакуации в случае пожара, вывешен на стене коридора.

Для обеспечения чистоты и экологичности в рабочей зоне должны проводиться ежедневные влажные уборки и проветривания.

Если учитывать и соблюдать описанные меры, то это поможет сохранять работоспособность и здоровье трудового коллектива на должном уровне в течение всей смены, на протяжении многих лет.

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 68          |

## Заключение

В процессе работы над заданием полученным в рамках ВКР был произведен анализ производственного опыта, а так же отечественных и зарубежных разработок в данной области промышленности.

Составлен список возможных вариантов решения поставленных задач. В результате сопоставления достоинств и недостатков того или иного решения были отобраны оптимальные способы решения поставленных задач.

[Изъято 3 абзаца.]

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 69          |



15. [www.google.ru/patents/US5452854?dq=plasma+spraying++tube&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwjmr2V-LfKAhUGKXIKHUKIBZI4ChDoAQgjMAE](http://www.google.ru/patents/US5452854?dq=plasma+spraying++tube&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwjmr2V-LfKAhUGKXIKHUKIBZI4ChDoAQgjMAE)
16. <http://www.findpatent.ru/patent/207/2075535.html>
17. <http://www.findpatent.ru/patent/218/2186148.html>
18. <https://777russia.ru/forum/viewtopic.php?pid=10927#p10927>
19. <https://777russia.ru/cnc-станок/cnc3520/>
20. [http://alumica.ru/structural-profile/6060s\\_bp](http://alumica.ru/structural-profile/6060s_bp)
21. <http://krasnoyarsk.tiu.ru/p34230964-rolgang-msr-optimum.html>
22. ГОСТ 8240–97
23. [http://zaxis.ru/index.php?route=product/product&path=45\\_139\\_173&product\\_id=409](http://zaxis.ru/index.php?route=product/product&path=45_139_173&product_id=409)
24. <http://zvezda3.com/p199591432-zubchataya-rejka.html>
25. [http://stepdir.ru/index.php?route=product/product&path=121\\_185&product\\_id=544](http://stepdir.ru/index.php?route=product/product&path=121_185&product_id=544)
26. <http://rs-catalog.ru/3315743.html>
27. [http://unotrade.ru/index.php?dispatch=products.view&product\\_id=3826](http://unotrade.ru/index.php?dispatch=products.view&product_id=3826)
28. <http://cncnc.ru/documentation/sprav-constr/html/tom2/pages/chapter2/ckm215.html>
29. Севбо П.И., Конструирование и расчет механического сварочного оборудования. – Киев: Наукова думка, 1978
30. Мицукова В.Н. Организация производства и менеджмент: методические указания по курсовой работе и дипломному проектированию, 2007 г
31. А.И. Красовский. Основы проектирования сварочных цехов: Учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». –4-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1980)

32. СанПиН 2.2.4.548-96 . Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
33. Безопасность и экологичность проекта: Метод указания по преддипломной практике и дипломному проектированию для студентов машиностроительных специальностей / Сост. В.Я.Кондрасенко, Л.Н. Горбунова, О.Н.Ледяев Красноярск: ИПЦ СФУ, 2013.
34. Безопасность жизнедеятельности в техносфере: Учеб. Пособие/ Под ред. О.Н.Русака, В.Я.Кондрасенко. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001
35. НПБ 105 – 03 «Отдел категорий».
36. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

|             |             |                 |                |             |                                    |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                    | 72          |



# Приложения

|      |      |          |         |      |                             |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | МД-15.04.01.01-071404417 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                             | 73   |