

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Ю.С. Сергеев  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ АГЛ-425  
ООО «НПП ЭЛЕКТРОХИМИЯ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности  
доцент

\_\_\_\_\_ С.Н. Трофимова  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Руководитель работы  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ О.В. Терентьев  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Экономическая часть  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Ю.С. Сергеев  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор работы  
студент группы ФТТ-533

\_\_\_\_\_ С.А. Пискарев  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер  
ст. преподаватель

\_\_\_\_\_ О.В. Терентьев  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Златоуст 2017

## АННОТАЦИЯ

Пискарев С.А. Модернизация автоматизированной гальванической линии АГЛ-425 ООО «НПП Электрохимия». – Челябинск: ЮУрГУ, МТ, 2017, 77 с. 16 илл. Библиографический список – 19 наименований. 8 листов чертежей ф. А1.

Произведен анализ существующего технологического процесса гальванического покрытия деталей хромом, предложено устройство автоматизированного контроля за параметрами процесса.

Произведено сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий, аналогов и решений, рассчитана механика гальванического манипулятора и заменен морально устаревший электропривод на более совершенный. Разработан алгоритм работы системы автоматизированного регулирования параметров процесса хромирования на базе программируемого микроконтроллера DirectLOGIC 06. Подобраны специализированные датчики и вторичные преобразователи сигналов. Произведен экономический расчет рентабельности внедряемого проекта.

Использование данной системы регулирования повысит безопасность труда, производительность производства, исключит человеческий фактор. Доход от внедрения данной научной разработки даст экономический эффект в 203 940 рублей.

|           |                |          |         |      |   |  |      |        |
|-----------|----------------|----------|---------|------|---|--|------|--------|
|           |                |          |         |      | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ  |  |      |        |
| Изм.      | Лист           | № докум. | Подпись | Дата |   |  |      |        |
| Разраб.   | Пискарев С.А.  |          |         |      | Модернизация гальванической<br>Линии АГЛ-425<br>ООО «НПП Электрохимия»<br>Пояснительная записка | Лит.   | Лист | Листов |
| Провер.   | Терентьев О.В. |          |         |      |   | Д  | 4    | 77     |
| Т. Контр. | Вигриянов П.Г. |          |         |      |   | Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ<br>(НИУ)» в г. Златоуст<br>Кафедра ЭАПП |      |        |
| Н. Контр. | Терентьев О.В. |          |         |      |   |  |      |        |
| Утверд.   | Сергеев Ю.С.   |          |         |      |   |  |      |        |

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение  | 6  |
| 1 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений         | 7  |
| 2 Описание технологического процесса  | 13 |
| 3 Расчет электропривода вертикального перемещения гибкоотягового манипулятора | 19 |
| 4 Разработка системы автоматического регулирования                            | 29 |
| 4.1 Описание системы автоматического регулирования                            | 29 |
| 4.2 Составление алгоритма работы системы автоматического управления           | 30 |
| 4.3 Выбор датчика температуры   | 32 |
| 4.4 Выбор датчика показателя уровня кислотности                               | 34 |
| 4.5 Выбор датчика плотности тока  | 39 |
| 4.6 Выбор датчика касания   | 42 |
| 4.7 Выбор выпрямительного агрегата  | 43 |
| 4.8 Выбор и программирование микроконтроллера                                 | 46 |
| 5 Экономическая часть   | 50 |
| 5.1 Материальные затраты  | 50 |
| 5.2 Затраты на оплату труда   | 51 |
| 5.3 Отчисления на социальные нужды  | 52 |
| 5.4 Расчет суммы амортизационных отчислений                                   | 53 |
| 5.5 Исчисление суммы прочих расходов  | 54 |
| 5.6 Затраты на разработку программного обеспечения                            | 55 |
| 5.7 Общая смета затрат и отпускная стоимость проекта                          | 56 |
| 5.8 Оценка стоимости проекта  | 57 |
| 5.9 Расчет экономического эффекта создания и реализации проекта               | 57 |
| 6 Безопасность жизнедеятельности  | 60 |
| 6.1 Краткое описание гальванического цеха ООО «НПП Электрохимия»              | 60 |
| 6.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов                        | 60 |
| 6.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса    | 60 |
| 6.4 Охрана труда  | 65 |
| 6.5 Производственная санитария  | 70 |
| 6.6 Эргономика и производственная эстетика                                    | 72 |
| 6.7 Противопожарная и взрывобезопасность                                      | 73 |
| 6.8 Экологическая безопасность  | 73 |
| 6.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций                 | 74 |
| 6.10 Выводы   | 75 |
| Заключение  | 77 |
| Библиографический список  | 78 |

## ВВЕДЕНИЕ

Применение защитных, защитно-декоративных и специальных покрытий позволяет решать многие задачи, среди которых важное место занимает защита металлов от коррозии. Коррозия металлов, т.е. разрушение их вследствие электрохимического или химического воздействия среды, причиняет народному хозяйству огромный ущерб. Ежегодно вследствие коррозии выходит из употребления до 10-15% годового выпуска металла в виде ценных деталей и конструкций, сложных приборов и машин. В отдельных случаях коррозия приводит к авариям.

Гальванические покрытия являются одним из эффективных методов защиты от коррозии, они также применяются для придания поверхности деталей ряда ценных специальных свойств: повышения твердости и износостойкости, высокой отражающей способности, улучшенных антифрикционных свойств, поверхностной электропроводности, облегчения паяемости и просто для улучшения внешнего вида изделия.

Успешное решение всех задач по защите металлов от коррозии и повышению качества выпускаемых изделий может быть обеспечено при условии коренной модернизации гальванического производства. В связи с этим в гальванических цехах промышленных предприятий внедряются новые технологические процессы и совершенное оборудование, отвечающее требованиям современной науки и техники.

В ходе технологического производства используется большое количество вредных веществ, таких как кислоты, щелочи и соли металлов, что подвергает опасности жизни людей. В целях повышения производительности и безопасности на производстве необходима автоматизация особо сложных и опасных процессов.

В настоящее время на предприятие ООО «НПП Электрохимия» имеется линия хромирования, оборудование которой морально устарело, что приводит к частым поломкам и простоям оборудования, также существует фактор вреда для здоровья людей в связи с вредным производством. В выпускной квалификационной работе будет разработана автоматизированная система управления электрохимическим процессом покрытия металлических изделий хромом.

Цель данной выпускной квалификационной работы – повышение качества выпускаемой продукции.

Задачи работы – сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений, описание техпроцесса, расчет электропривода вертикального перемещения гибкоотягового манипулятора, разработка системы автоматического регулирования, расчет экономического эффекта от внедрения данной системы и разработка вопросов по безопасности жизнедеятельности.

Объект работы – автоматизированная гальваническая линия АГЛ - 425.

Предмет работы – система автоматического регулирования автоматизированной гальванической линии АГЛ - 425.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 6    |

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Широкое использование хромовых покрытий объясняется свойствами данного элемента периодической системы химических элементов. Хром – элемент 6-й группы периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Его атомный номер 24, атомная масса 51,99. До хрома ни один элемент периодической системы не выделяется электролизом из водных ресурсов.

Физические свойства хрома следующие:

- температура плавления 1890 - 1900°C;
- плотность (при 20°C) 6,9 7,2 г/см<sup>3</sup>;
- температурный коэффициент 10-б×линейного расширения (при 20°C) 6,6.

Соединения шестивалентного хрома являются сильными окислителями. Все хромовые кислоты относятся к сильным. По мере усложнения их состава степень их диссоциации в разбавленных растворах возрастает. Оксид Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> обладает амфотерными свойствами. Соединения Cr<sub>2</sub><sup>++</sup>, обладающие основными свойствами, неустойчивы.

Электрически осажденный хром обладает рядом ценных свойств: высокой твердостью, износоустойчивостью, термостойкостью и химической устойчивостью.

Хром обладает большой стойкостью против воздействия многих кислот и щелочей: он нерастворим в растворах азотной и серной кислот, в соляной и горячей серной кислотах легко растворяется, на воздухе и под действием окислителей пассивируется – на его поверхности образуется тонкая окисная пленка. Хром положительный потенциал и не обеспечивает при наличии в покрытии пор электрохимической защиты от коррозии стальных деталей.

Хорошо полированная поверхность хрома имеет высокие декоративные качества, которые отличаются стабильностью во времени: хром не тускнеет даже после нагрева до 670 – 720 °К. Сернистые соединения на хром не действуют.

Хромовые покрытия применяют в следующих случаях:

- для защитно-декоративных целей. Хромовое покрытие с подслоем меди и никеля хорошо защищает сталь от коррозии, придавая изделиям красивый внешний вид (подвергают детали автомобилей, велосипедов, приборов и т.п.);

- для увеличения отражательной способности, которая уступает лишь отражательной способности серебра и алюминия, однако вследствие более высокой стойкости против окисления отражательная способность хрома более стабильна (зеркала, отражатели, прожекторы);

- для увеличения износоустойчивости. Хромирование с этой целью используется в инструментальном производстве при отделке мерильных инструментов, фильер для волочения металлов и т.п. Большой эффект дает хромирование штампов и матриц при изготовлении различных изделий из резины, пластмасс, кожи, стекла. В этом случае хромовое покрытие не только обеспе-

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 7    |

чивает износостойкость, но также исключает налипание прессуемых материалов к поверхности матриц. Хромовое покрытие значительно снижает смачиваемость стенок форм расплавленным стеклом или металлом. Значительное повышение износостойкости трущихся поверхностей стенок цилиндров и поршневых колец двигателей внутреннего сгорания достигается при применении процессов пористого хромирования.

- для восстановления изношенных размеров. Нарращивание слоя хрома на изношенные поверхности термообработанных валов, втулок позволяет восстановить размеры деталей и этим увеличить срок эксплуатации изделий.

Толщина хромовых покрытий устанавливается в зависимости от условий эксплуатации и назначения покрытий по отраслевой нормативно-технической документации.

Обзор способов хромирования и областей его применения свидетельствуют о широком использовании хрома в промышленности. Однако не все возможности технологии хромирования исчерпаны. В настоящее время исследования в области хромирования производятся в различных направлениях.

Однако из таких направлений имеет в виду интенсификацию и стабилизацию процесса хромирования. Этот вопрос одновременно решается различными путями. Первый путь состоит в повышении катодной плотности тока при хромировании до 200-300 А/дм<sup>2</sup>. Наряду с повышением катодной плотности тока для получения блестящих осадков хрома необходимо также увеличивать температуру электролита, т.е. придерживаться рабочего интервала хромовой ванны. При этом скорость осаждения хрома возрастает не только за счет применения более высоких плотностей тока, но также за счет увеличения выхода по току.

Второй путь состоит в повышении выхода хрома по току при помощи понижения температуры хромирования и изменения состава ванны. Покрытие имеет серо-матовый цвет, но легко полируется: пористость его ниже, а пластичность выше, чем у обычных хромовых покрытий.

Третий путь состоит в изыскании возможности применения растворов с низкой валентностью хрома, обеспечивающих к тому же высокий выход по току.

Второе направление имеет целью получение хромовых покрытий с более высокими свойствами. Сюда следует отнести работы по получению особенно твердых, износостойких и коррозионностойких покрытий посредством карбидизации слоя электролитического хрома в парах бензина при температуре 1050°С. Большой интерес представляют работы по получению хромовых покрытий, хорошо удерживающих на поверхности смазку, что достигается наложением при хромировании переменного тока на постоянный. Для получения пористого хрома высокого качества большое значение имеют работы по осаждению пористых хромовых покрытий токами переменной полярности.

Таким образом, накопившихся к настоящему времени опыт по практическому применению хромирования и новые исследования в этой области созда-

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | 8    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |      |

ют предпосылки для совершенствования технологии процесса электролиза и дальнейшего улучшения свойств хрома.

Большие объемы хромовых покрытий достигаются механизацией технологического процесса путем применения подъемно-транспортных механизмов, или манипуляторов. Основное назначение манипулятора – транспортирование деталей (подъем, перенос, опускание) по позициям гальванической линии в последовательности, определяемой технологическим процессом нанесения покрытия и реализуемой в циклограмме.

По способу захвата и отпуска подвесок манипуляторы могут быть с верхним или нижним холостым ходом в зависимости от того, в каком положении находятся свободные грузозхваты при перемещении к следующей позиции. Выполнение верхнего холостого хода требует дополнительных вертикальных перемещений грузоподъемного органа, усложняет конструкцию грузозхватов, снижает производительность линии. Такие манипуляторы в настоящее время применяют крайне редко.

Применение манипуляторов позволяет строго соблюдать последовательность перемещения деталей по ваннам и точно выдерживать время нахождения в них, избавляя рабочего от присутствия в зоне интенсивных вредных испарений, улучшает качество покрытий, увеличивает производительность труда.

В настоящее время наиболее часто встречающиеся такие типы манипуляторов отечественного производства, как подвесной тележечный гибкотяговый манипулятор К-25 и порталный К-50.

Подвесные манипуляторы серии К-25 имеют жесткую устойчивую конструкцию, грузоподъемность до 2500 кг и позволяют обслуживать ванны длиной до 6 м (под длиной ванн подразумевается ее размер, перпендикулярный в оси гальванической линии). Существуют две разновидности подвесных манипуляторов - тельферные и тележечные. Отличительным признаком тележечных манипуляторов является четырехколесная тележка, на которой смонтированы приводы исполнительных механизмов. Эти приводы состоят из асинхронных электродвигателей и червячных самотормозящихся редукторов, соединенных тормозными шкивами-муфтами, которые охватываются колодками электромагнитных или электрогидравлических тормозов.

Автоматические линии с подвесными манипуляторами занимают относительно небольшую производственную площадь, обеспечивают свободный доступ к ваннам и трубопроводной арматуре, особенно при путях движения манипуляторов, закрепленных на перекрытиях цеха. Недостатки манипуляторов этой серии следующие:

- большая высота;
- расположение механизмов непосредственно над зеркалом ванн;
- необходимость предотвращения попадания машинного масла в ванны;
  - необходимость установки специальных площадок для обслуживания манипуляторов;
- повышенная металлоемкость конструкций для подвески ходовых путей.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | 9    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |      |

Отечественные манипуляторы серии К-50 обладают такими достоинствами, как: жесткость конструкции, большая грузоподъемность, малая высота гальванических линий, удобство ремонта и обслуживания механизмов, расположенных на небольшой высоте. Пути горизонтального перемещения порталных манипуляторов находятся на уровне бортов ванн и располагаются на специальной металлоконструкции, которая обвязывает гальваническую линию с обеих сторон. Основным недостатком манипуляторов этой серии в том, что они применяются только при прямолинейной компоновке линии.

Зарубежными аналогами в этой области являются консольные манипуляторы фирм Kamschulte, Blasbera и Sell-Recs. В консольных манипуляторах фирмы Kamschulte направляющие для горизонтального перемещения располагаются с одной стороны ванн гальванической линии, что увеличивает занимаемую линией производственную площадь, затрудняет обслуживание ванн и трубопроводной арматуры. Также ввиду консольного расположения грузозахватов манипуляторы этой фирмы имеют небольшую грузоподъемность. Достоинства этих манипуляторов следующие:

- удобство ремонта и обслуживания;
- доступность элементов электроавтоматики;
- небольшая по высоте металлоконструкция направляющих горизонтального движения.

Манипуляторы английской фирмы Sell-Recs имеют три движения. Они применяются в многорядных автоматических гальванических линиях. Третьим движением у них является перенос подвесок с деталями из одного ряда ванн в другой. По траектории третьего движения манипуляторы этой фирмы разделены на 2 вида: поперечно-кареточные и поворотные-консольные.

В настоящее время стараются избегать применять в двухрядных линиях манипуляторы с тремя движениями ввиду сложности их конструкции, неудобства в обслуживании и эксплуатации манипулятора и путевой электроавтоматики, так как манипулятор передвигается между рядами ванн. Кроме того, при переносе подвесок с деталями из одного ряда ванн в другой безвозвратно теряется часть гальванических растворов.

Питание гальванических ванн на предприятии ООО «НПП Электрохимия» осуществляется выпрямительными агрегатами типа ТЕІ-800, ванна хромирования отдельно подключена к агрегату ВАКГ-12/6-32.0044. Данные выпрямительные агрегаты морально устарели и требуют замены.

Зарубежным аналогом гальванических выпрямителей являются выпрямители фирмы Flex Kraft. Данные выпрямители предназначены для постоянной работы при максимальной нагрузке. Они соответствуют требованиям по выносливости и надежности в условиях гальванических производств и отсутствия чувствительности к электрическим помехам.

Flex Kraft может работать в различных независимых системах регулирования по току и напряжению. Заданные значения могут изменяться в процессе работы, доводя до независимых друг от друга максимальных значений. Кон-

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |  | 10   |



троль и управления выпрямителями осуществляется вручную или от микроконтроллера гальванической линии.

Традиционные выпрямители изготавливаются для определенной комбинации вторичных параметров, таких как ток и напряжение. При изменении ситуации, в связи с другим технологическим процессом, такой выпрямитель может быть использован только для аналогичных или более низких параметров, чем те, которые были выбраны изначально.

Выпрямители Flex Kraft контролируются по мощности, то есть вторичные параметры могут многократно изменяться путем перепрограммирования для использования на полную мощность. Данный выпрямительный агрегат обладает следующими достоинствами:

- преимущества в области применения;
- минимизация инвестиционных затрат;
- просто контроль и обслуживание;
- энергоемкость;
- качественное нанесение покрытий.

В настоящее время известны технические решения с использованием элементов ЭВМ для контроля и управления различными параметрами гальванических процессов (движением автооператоров, температурой, плотностью тока и др.)

Использование ЭВМ позволяет перейти от жесткого управления режимом нанесения гальванических покрытий к гибкому управлению, когда становится возможным оперативно изменять режимы обработки изделий, корректировать его, переходить на новые процессы обработки. Применение ЭВМ позволяет также оптимизировать по различным критериями технологические процессы, вводить в алгоритм управления технологическими параметрами элементы адаптации.

Помимо выпрямительных агрегатов ТЕІ-800 и ВАКГ-12/6-32.0044 на предприятии ООО «НПП Электрохимия» также имеются локальная система контроля температуры.

Подсистема контроля температуры осуществляет:

- автоматическое измерение и регулирование температуры;
  - вывод по запросу текущих и номинальных значений температуры на устройства вывода на экран;
- сигнализацию об аварийных значениях температуры;
  - тестовое диагностирование работоспособности контуров регулирования температуры.

Измерение температуры в ваннах осуществляется с помощью термометров сопротивления и модулей связи с объектом из номенклатуры средств вычислительной техники.

Регулирование параметров процесса хромирования осуществляется посредством программируемого электронно-вычислительного устройства. Таким устройством является микроконтроллер, который предназначен для создания систем управления малыми и средними объектами, построение систем монито-

ринга и диспетчеризации промышленных систем автоматического управления. Отечественная отрасль автоматизации выпускает микроконтроллеры фирмы ОВЕН. Достоинства контроллеров данной фирмы следующие:

- отсутствие ОС, что повышает надежность работы контроллеров;
- скорость работы дискретных входов – до 10КГц при использовании подмодулей счетчика;
- большое количество интерфейсов на борту: Ethernet, 3 последовательных порта, USB Device для программирования контроллера, работающих независимо друг от друга.;
- расширенный температурный диапазон работы: от -20 до +70°C;
- широкие возможности самодиагностики контроллера;
- встроенный аккумулятор, позволяющий «пережидать» пропадание питания – выполнять программу при пропадании питания, и переводить выходные элементы в «безопасное состояние»;
- встроенные часы реального времени;
- возможность создавать и сохранять архивы на Flash контроллера;
- возможность работы по любому нестандартному протоколу по любому из портов, что позволяет подключать устройства с нестандартным протоколом (электро-, газо-, водосчетчики, считыватели штрих - кодов и т.д.);
- набор готовых программных модулей, предоставляемых бесплатно;

Зарубежными аналогами являются микроконтроллеры фирм Siemens, DirectLOGIC, Allen Bradley, Mitsubishi, Omron, Yokogawa, Sharp, Fuji, GE Fanuc, Delta, Hitachi. Микроконтроллеры фирмы DirectLOGIC имеют более широкие возможности для работы с аналоговыми сигналами, а также обладают следующими достоинствами:

- широкий спектр типоразмеров: DL05, DL06, DL105, DL205, DL305, DL405, удаленный ввод/вывод – Terminator I/O;
- развитые функциональные и программные возможности;
- большой выбор модулей ввода/вывода;
- поддержка промышленных сетей и протоколов: Ethernet, Profibus DP, DeviceNet, SDS, Modbus, DirectNet;
- эффективная система программирования;
- качественная документация и техподдержка;
- надежность и практичность.

Выводы: в данной главе было проведено сравнение передовых отечественных и зарубежных технологий и решений. Отечественные манипуляторы имеют преимущества перед зарубежными, так как обладают более низкой стоимостью, а также более удобны для ремонта и обслуживания, что сокращает время простоя при ремонте. Зарубежное электрооборудование более надежно, удобно по сравнению с отечественными, и потому является более предпочтительным при выборе.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 12   |

## 2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Ознакомление с отечественным и некоторым импортным оборудованием с целью выявления роли гальванических манипуляторов в реализации малоотходных технологий нанесения покрытий позволяет сделать следующие выводы.

Автооператоры многих зарубежных фирм и отечественных предприятий не приспособлены для реализации малоотходных технологических процессов нанесения покрытий, так как выполняют, главным образом, только комплекс транспортных движений. Уровень конструкторских решений этих автооператоров не отвечает требованиям МОТ.

На сегодняшний день об уровне гальванопроизводства можно судить по состоянию предприятия ООО «НПП Электрохимия». Контроль за состоянием процесса и все работы происходят в ручном режиме, частичная автоматизация на элементах логики ТТЛ морально устарела и непригодна для использования. В то же время на предприятии ООО «ТочМех» часового завода линия хромирования выполняется полностью в ручном режиме без соблюдения регламентированных требований по технологическому процессу и охране труда. Контроль процесса хромирования неточен из-за использования устаревших методов регулирования.

Находящаяся на ООО «НПП Электрохимия» линия хромирования АГЛ-425 предназначена для нанесения хромовых покрытий различной толщины. Линия хромирования включает в себя 13 операций. По технологическому процессу линия содержит 9 ванн, выстроенных друг за другом. Это ванны химического обезжиривания, активации, хромирования и множественные ванны с промывочной водой, горячей и холодной. Над ваннами находится порталные подвесы, по которым передвигается гальванический манипулятор, содержащий привода горизонтального и вертикального перемещения. Последовательность операций представлена на рисунке 2.1.

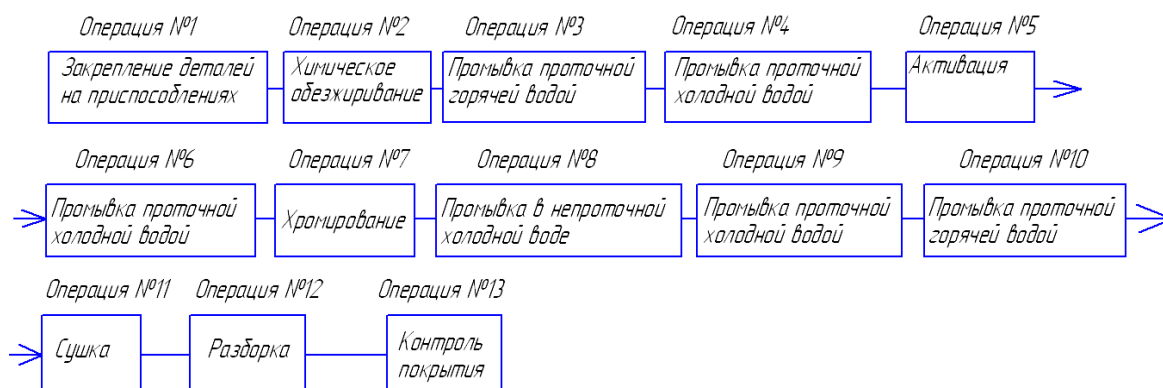


Рисунок 2.1 – Последовательность технологических операций

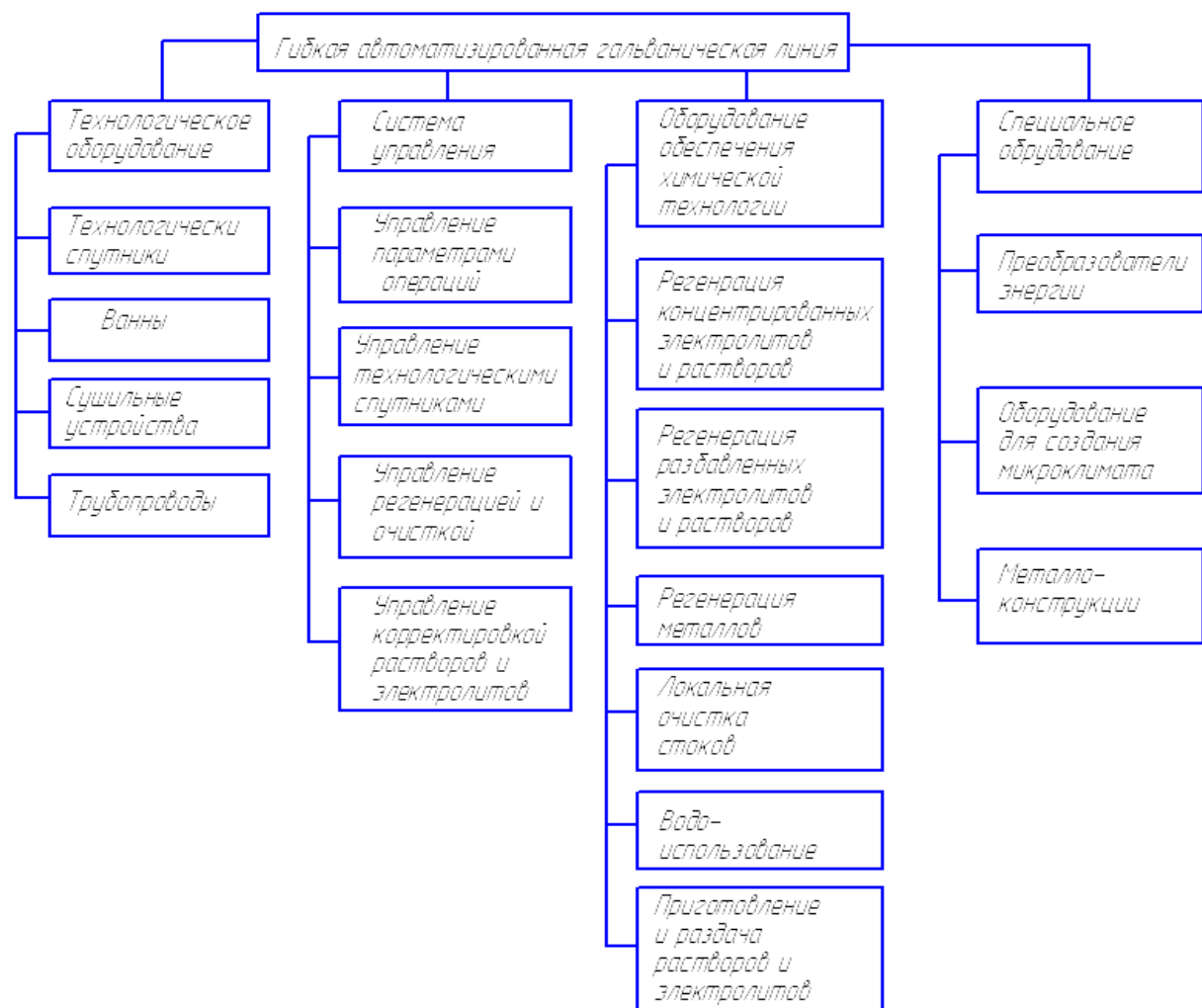


Рисунок 2.2 – Структура цеха хромирования

Все ванны, кроме ванны хромирования, химического обезжиривания и промывки в горячей воде, футированы пластиком. Стенки ванн, с температурой растворов 60° С и выше, теплоизолированы матами из стекловолкна. Сливные карманы предусмотрены во всех промывочных ваннах и в ванне химобезжиривания. Ванны с нагревом раствора оборудованы паровыми нагревателями. Температура растворов в ваннах с нагревом контролируется с пульта управления с помощью термометров сопротивления, установленных в ваннах.

Автоматическое регулирования температуры в ваннах химобезжиривания, хромирования и отсеке теплой промывки регулируется электромагнитными вентилями. Все ванны, кроме хромирования и горячей промывки, оборудованы барботерами для перемешивания растворов и воды сжатым воздухом. Ванна химобезжиривания снабжена устройством очистки зеркала раствора. Во всех ваннах предусмотрена сигнализация времени выдержки, которая осуществляется при помощи установок БРН.

Имеющаяся разводка трубопроводов состоит из подводящих, отводящих и магистральных трубопроводов воды, пара, сжатого воздуха, конденсата, канализации, запорной и регулирующей арматуры, насосов.

Канализация выполнена из полиэтиленовых труб. Канализация кислородная и хромовокислая выполнены отдельно. Магистральные трубопроводы расположены вдоль всей линии, один конец заглушен, на другом установлены запорные вентили. К хромовокислой канализации подсоединена ванна хромирования, остальные ванны подсоединены к кислородной канализации. Сливные штуцера всех ванн снабжены запорной арматурой, также ко всем ваннам предусмотрен подвод воды.

Подача и регулирование количества воды и сжатого воздуха осуществляется вентилями ручного управления, а воздуха также автоматически. Подача и регулирование пара к нагревателям осуществляется вентилями ручного управления, а в ваннах химобезжиривания каскадной промывки, ванны хромирования, кроме того, осуществляет автоматическое регулирование электромагнитными вентилями ISk4892. Все электромагнитные вентили имеют обводные трубопроводы с ручными вентилями, что позволяет производить ремонт или замену электромагнитных вентилях без остановки линии путем перехода на ручное регулирование. Отвод конденсата от нагревателей производится через конденсатоотводчик, состоящий из вентиля ручного управления и конденсатоотводчика. Очистка зеркала раствора от пены предусмотрена в ванне химического обезжиривания.

Имеющийся рельсовый путь манипулятора состоит из телеги с одной ведущей парой колес, и одной ведомой. На концах рельсового пути движения манипулятора предусмотрены ограничительные упоры – деревянные колодки. На рельсовом пути крепятся кронштейны с устройством для натяжения проволоки, на которую подвешиваются держатели гибкого кабеля, подводящие то к манипулятору.

На манипуляторе установлены конечные выключатели: позиционные типа БСП-2 – служат для остановки манипулятора над технологическими и исходными позициями: зонные типа ВПК-2Ш – служат для аварийной остановки линии в случае выхода манипулятора за пределы зоны работы.

Имеющийся гибкотяговый манипулятор предназначен для погружения подвесок с деталями в ванны, извлечение их из ванн и транспортировки по позициям в соответствии с технологическим процессом.

Завершающей операцией покрытия является сушка деталей. Сушильная камера состоит из корпуса, воздухопроводов с шиберным устройством, регулирующим сброс воздуха в систему вытяжной вентиляции линии. Сушка деталей производится нагретым воздухом, для контроля температуры камера оборудована стеклянным термометром.

Для обслуживания линии предусмотрена специальная площадка, состоящая из отдельных секций и двух лестниц, изготовленных из уголков и облицованных сверху рифленным железом, а сбоку – листами из тонколистовой стали. Для удобства обслуживания и монтажа трубопроводов и арматуры, размещенных под настилом, верхние листы открываются, а боковые – снимаются.

Предусмотрена система вентиляции, ванны с вредными выделениями оборудованы бортовыми отсосами, расположенными по длинной стороне ванн.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 15   |

Отсосы выполнены из углеродистой и нержавеющей стали. Количество воздуха, удаляемого от каждой ванны, регулируется шиберным устройством. Все вентилируемые ванны и сушильная камера подключены к общей вытяжной вентиляции. Также с целью удаления вредных веществ, выделяющихся с поверхностей деталей при извлечении подвесок из ванны хромирования, в зоне этой ванны предусмотрена вентиляционная камера с открывающимися окнами.

Технологический процесс представляет собой электрохимическое осаждение хрома на деталях. На рисунке 2.1 представлена последовательность операций гальванической линии. Первая операция заключается в закреплении деталей на специальных подвесах, называемых технологическими спутниками. Закрепление производится вручную на рабочих столах. Далее следует химическое обезжиривание в ванне, содержащей техническую кальцинированную соду, технический одноводный тринатрийфосфат и жидкое натриевое стекло. Следом детали проходят 2 стадии промывки – в проточной горячей и холодной воде, температура горячей воды - 75°C, холодной - 20°C. После промывок детали погружаются в ванну для активации, то есть для снятия тонких оксидных пленок, не подверженных удалению при травлении. Состав раствора ванны активации: чистая азотная кислота, серная аккумуляторная кислота. Активация происходит при температуре 20°C. Далее детали подвергаются очередной промывке в проточной холодной воде. Следующая технологическая операция непосредственно хромирование. Ванна хромирования содержит в себе хромовый ангидрид, чистую серную кислоту и хромин ТУ6-02-26-92. Процесс длится при температуре 34°C. Далее детали промываются в трех ваннах, с холодной непроточной водой, холодной проточной и горячей проточной водой. После этого детали снимаются с автооператора и помещаются в сушильный шкаф, где происходит их высыхание при температуре 80-110°C. Далее детали разбираются на рабочих столах, после чего следует контроль толщины и качества покрытия.

Электролиты для хромовых ванн готовятся из двух основных компонентов – хромового ангидрида и серной кислоты. Обозначение хромового ангидрида - CrO<sub>3</sub>, молекулярный вес 100, удельный вес 2,7. По ГОСТ 2548-44 в техническом хромовом ангидриде, применяемом для приготовления электролитов, допускается содержание следующих примесей: серной кислоты не более 0,4%, посторонних металлов в сумме не более 0,007%, хлора не более 0,0006%, нерастворимого остатка не более 0,22%, хромового гидроксида не менее 99,2%.

Для приготовления электролита рассчитанное количество хромового ангидрида дробится на небольшие куски, загружается в ванну хромирования и заливается для лучшего растворения водой, подогретой до 60-80°C. После растворения хромового ангидрида раствор перемешивают и определяют в нем содержание CrO<sub>3</sub> по удельному весу. Раствор после тщательного перемешивания подвергается анализу и, установив действительное содержание CrO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, подсчитывается и дополнительно вводится недостающее количество компонентов.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |  | 16   |

Для нормального осаждения хрома необходимо содержание в электролите небольшого количества  $Cr_3^+$ , около 2-4 г/л. В готовом электролите производится пробное хромирование.

Замена хромового электролита производится через 1-2 года и зависит от интенсивности эксплуатации ванны и загрязнения ее примесями. При эксплуатации ванны следует учитывать, что в процессе электролиза концентрация трехвалентного хрома в электролите изменяется в зависимости от конфигурации деталей. Так, при хромировании деталей, площадь покрытия которых больше площади анода, например, при хромировании внутренней поверхности цилиндра, концентрация трехвалентного хрома в электролите постепенно возрастает. Если же площадь детали – катода значительно меньше площади анода, что имеет место при хромировании наружных цилиндрических поверхностей, то содержание трехвалентного хрома в электролите понижается.

Материалом анодов для ванны хромирования служит чистый свинец или сплав, состоящий из 92-93% свинца и 8-7% сурьмы. Аноды из сплава Pb или Sb в меньшей степени покрываются нерастворимой и непроводящей пленкой хромовокислого свинца, чем аноды из чистого свинца.

Во время электролиза выделяющийся на аноде кислород, взаимодействуя со свинцом, образует на его поверхности темно-коричневого цвета непроводящую пленку перекиси свинца. Сопротивление анода в процессе электролиза увеличивается и поэтому через определенные периоды работы ванны необходимо аноды чистить. При непрерывной работе ванны и высоких плотностях тока очистку анодов производят один раз в смену или после окончания цикла электролиза.

Удаление окисной пленки с анодов производится путем обработки их в соляной кислоте, разбавленной 1:1, или в 10-процентном растворе едкого натра. После этого аноды промываются водой.

По форме аноды изготавливаются в большинстве случаев плоскими и цилиндрическими. Однако вследствие плохой рассеивающей способности хромового электролита, при покрытии деталей с глубоким рельефом очертания анода должны определяться формой катода.

Управление работой гальванической линией обеспечивается следующими элементами. Командоаппарат предназначен для управления механизированной линией и включает в себя всю необходимую для этого электрическую аппаратуру.

Командоаппарат механизированной линии АГЛ-425 состоит из следующих частей:

- пульта управления механизированной линией, обеспечивающего управление автооператора от кнопки;
- шкафа контроля и регулирования температуры на 6 точек измерения с Т.602ю000-5А с панелью вспомогательного оборудования.

Пульт управления выполнен в виде стола с аппаратурой управления на передней панели и имеет габариты 1250x1700x800.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |    |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|----|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |    |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |      | 17 |

Детали и узлы командоаппарата максимально унифицированы. Пульт управления находится отдельно от шкафа контроля и регулирования температуры.

Питание командоаппарата осуществляется от сети 380/220 в, 50 Гц.

Пульт управления механизированной линией состоит из следующих блоков:

- блок адресный Т.735.000;
- блок управления Т.738.000-01;
- блок силовой Т.739.000;
- блок выдержки времени Т.708/.000;
- блок питания ГН-08-03;
- панель адресования на 20 позиций Т.734.000-01;
- панели управления и индикации.

Схемой управления автооператором предусмотрено:

Управление от кнопок с панели адресования Т.734.000-01 и управления Т.737.000, устанавливаются на пульте Т.741.000-01. Ручное управление автооператором станции установленной на нем.

Сигнализация: на панели управления и индикации Т.737.000-01

Защита силовых цепей и цепей управления от коротких замыканий автоматическими выключателями

Аварийное отключение управления автооператора при выходе автооператора за пределы рабочей зоны и при верхнего конечного выключателя ВК3 и ВК4.

Описание работы вспомогательного оборудования.

Схема предусматривает:

- управление электродвигателей вентилятора сушилки и насосов с помощью кнопок;
- защиту автоматических цепей управления от коротких замыканий автоматическими выключателями;
- в ваннах операций 3,4,6,7,9,10 осуществляется барботаж с помощью электромагнитных вентилей типа 15кч888рОВМ.

Питание ванн осуществляется выпрямительными агрегатами типа ТЕІ-800, ванна хромирования отдельно подключена к агрегату ВАКГ-12/6-32.0044.

Выводы: в данной главе была описана гальваническая линия хромирования, а также оборудование цеха и технологический процесс, по которому происходит покрытие металлических деталей. Для подъема и опускания технологического спутника необходим асинхронный двигатель, поскольку имеется трехфазная сеть переменного тока, что исключает подключение специального оборудования. Также для разработки системы автоматического регулирования необходим выбор специализированного электрооборудования и микроконтроллера.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 18   |



### 3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГИБКОТЯГОВОГО МАНИПУЛЯТОРА

Главным признаком автоматизированной гальванической линии является наличие в ней манипулятора – автоматизированного подъемно-транспортного средства, управление которым осуществляется с помощью устройств управления.

Основное назначение манипулятора – транспортирование деталей (подъем, перенос, опускание) по позициям гальванической линии в последовательности, определяемой технологическим процессом нанесения покрытия и реализуемой в циклограмме.

Основные параметры гибкотягового манипулятора:

- 1) Масса манипулятора  $Q_1=100$  кг;
- 2) Масса поднимаемого груза максимальная  $Q=400$  кг;
- 3) Скорость перемещения  $v=0,13$  м/с<sup>2</sup>.

На предприятии ООО «НПП Электрохимия» в действующей гальванической линии АГЛ-425 используется подвесной гибкотяговый манипулятор грузоподъемностью 250 кг, кинематическая схема которого приведена на рисунке 3.1. Грузоподъемная траверса 1, имеющая на концах ограничительные ролики 4, вертикально перемещается по двум направляющим с помощью двух вертикальных цепных контуров. Каждый контур состоит из ведущей грузовой звездочки 9, цепи 3 и оборотной звездочки 2. Грузовые ветви каждого цепного контура разъединены и присоединены к траверсе 1. Звездочка 9 насажена на вал 12. На другом конце этого вала закреплена звездочка 10, составляющая со звездочкой 8, цепью 13 и натяжной звездочкой 11 горизонтальную цепную передачу. Звездочка 8 закреплена на валу 16. На другом конце этого вала одно из зубчатых колес 14 закреплено жестко и входит в зацепление с другим колесом, установленным на валу 17. Оба они составляют зубчатую передачу, служащую для синхронизации вращения грузовых звездочек 9 и 19 обоих вертикальных цепных контуров. Крутящий момент в механизме подъема груза от электродвигателя 7 через шкив-муфту 6 передается червячному редуктору 5, а от него – через карданную передачу 15 и зубчатую пару 14 к звездочкам 8. Для натяжения горизонтальных цепных передач служат звездочки 11.

Система автоматического управления процессом хромирования получит управляющий сигнал от датчика касания, установленным на ванне в тот момент, когда привод вертикального перемещения опустит подвес с деталями в ванну. Производится расчет электропривода вертикального перемещения, рассчитываются нагрузки и выбираются необходимые элементы механики и электродвигатель. Расчет производится для манипулятора грузоподъемностью 400 кг.

Гибким тяговым элементом для подъема груза является втулочно-роликовая цепь. Масса поднимаемого груза  $Q$  и грузоподъемной траверсы  $Q_1$  принимается равномерно распределенной на оба вертикальных цепных контура.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | 19   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |      |

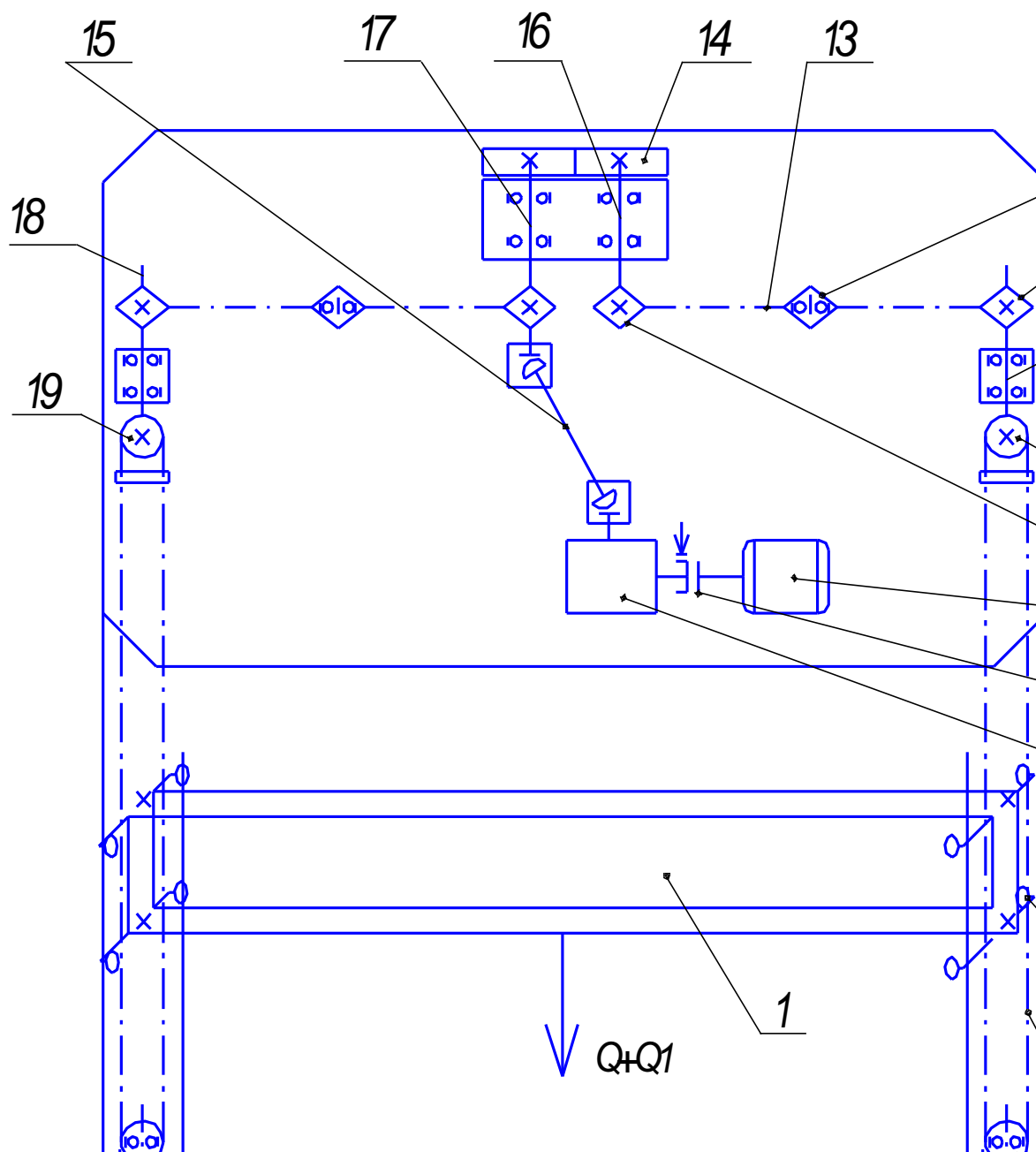


Рисунок 3.1 - Схема кинематическая подъемного гибкотягового манипулятора:

1 – грузоподъемная траверса; 2 – обратная звездочка;  
 3 – цепь; 4 – ограничительные ролики; 5 – червячный редуктор; 6 – шкиф-муфта; 7 – электродвигатель; 8, 9, 10 - звездочка; 11, 12, 17, 18 – вал; 13 – цепь; 14 – зубчатое колеса; 15 – карданная передача; 19 – грузовая звездочка

Определяется окружное усилие  $P$  на грузовой цепи каждого цепного контура:

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

$$P = \frac{Q + Q_1}{2} \cdot g = \frac{400 + 100}{2} \cdot 10 = 2500 \text{ Н.}$$

Крутящий момент (Н·м) на валу I грузовой звездочки 9:

$$(3.1) \quad M = P \cdot r,$$

где  $r$  - делительный радиус грузовой звездочки, м.

Для дальнейшего расчета необходимо определить значение  $r$ . Исходя из нагрузки  $P$  сначала подбирается цепь. Принимается приводная роликовая однорядная цепь ПР-25,4-6000, по ГОСТ 13568 – 75. Проверяется цепь на износ по давлению в шарнирах:

$$(3.2) \quad p = \frac{Pk}{S} \leq [p],$$

где  $p$  – давление в шарнирах цепи, МПа;  
 $[p] = 34,3$  МПа – допускаемое давление в шарнирах цепи с числом зубьев

звездочки 15-30 при частоте вращения  $< 5 \text{ с}^{-1}$ ;

$k$  – расчетный коэффициент нагрузки;

$S$  – проекция опорной поверхности шарнира,  $\text{м}^2$ .

Коэффициент  $k$  определяется по формуле:

$$(3.3) \quad k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3,$$

где  $k_1 = 1,25$  (при нагрузке с толчками);

$k_2 = 1,5$  (при нагрузке с толчками);

$k_3 = 1,25$  (при двухсменной работе) по [1].

Коэффициент  $k$  будет равен:

$$k = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1,25 = 2,325.$$

Определяется проекция опорной поверхности шарнира:

$$(3.4) \quad S = d \cdot (B_{\text{вн}} + 2s),$$

где  $d = 7,95$  мм – диаметр соединительного валика цепи;

$B_{\text{вн}} = 15,88$  мм – расстояние между пластинами;

$s = 3$  мм – толщина пластины.

Значение проекции опорной поверхности шарнира:

$$S = 7,95 \cdot (15,88 + 2 \cdot 3) = 174 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2.$$

По формуле (3.2):

$$p = \frac{2500 \cdot 2,325}{174 \cdot 10^{-6}} = 33,4 \cdot 10^{-6} \text{ МПа} < 34,3 \text{ МПа}.$$

Давление в шарнирах цепи не превышает допустимое.

Определяется расчетный коэффициент запаса прочности цепи:

$$(3.5) \quad n = \frac{P_1}{k_1 \cdot P + P_u + P_f} \leq [n],$$

где  $P_1 = 60 \cdot 10^3 \text{ Н}$  – разрушающая нагрузка цепи;

$k_1 = 1,25$ ;  $P = 2500 \text{ Н}$ ;  $P_f$  - дополнительное усилие от провисания цепи, Н;

$P_u$  - усилие от центральной силы;

$g = 10 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Значение  $P_u$  пренебрегается из-за малой скорости движения цепи.

Усилие от провисания цепи:

$$(3.6) \quad P_f = k \cdot q \cdot A,$$

где  $k = 1$  (передача вертикальная),

$A = 1,8 \text{ м}$  – межосевое расстояние, откуда:

$$P_f = 1 \cdot 26 \cdot 1,8 = 46,8, \text{ Н}.$$

По формуле 3.5 определяется коэффициент запаса прочности цепи:

$$n = \frac{60000}{1,25 \cdot 2500 + 46,8} = 18,9 > [n] = 7.$$

Принимается цепь ПР-25,4-6000 (по ГОСТ 13568-75).

Определяется делительный радиус звездочки. Принимается число зубьев звездочки  $z = 13$ , исходя из требований к ее габаритам, а также малой скорости движения цепи.

Определяется делительный диаметр звездочки:

$$D_0 = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}} = \frac{25,4}{\sin 13^\circ 48'} = 106 \text{ мм},$$

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |          |         |      |                            | Лист |
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ | 22   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                            |      |

откуда  $r=53 \text{ мм} = 0,053 \text{ м}$ .

Звездочка с цепью показана на рисунке 3.2.

Конструктивно такой делительный диаметр звездочки приемлем, так как позволяет в ее ступице выполнить отверстие и разместить шпоночный паз для вала диаметром 40-45 мм, способного передать крутящий момент и выдержать консольную нагрузку. Такой же диаметр принимается и для оборотной звездочки 2.

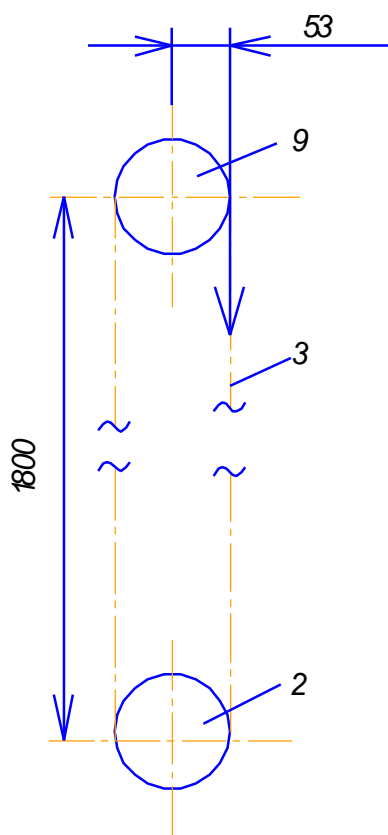


Рисунок 3.2 – Элемент кинематической схемы звездочки с цепью

По формуле (3.1) определяется крутящий момент на валу 12, Н·м.

С учетом трения в шарнирах цепи и подшипниках качения крутящий момент на валу 12, Н·м:

$$M_I = P_r = 2500 \cdot 0,053 = 123 \text{ Н·м.}$$

С учетом трения в шарнирах цепи и подшипниках качения крутящий момент на валу 12, Н·м:

$$(3.7) \quad M_I' = \frac{M_I}{\eta_1 \cdot \eta_2},$$

где  $\eta_1=0,9$  – КПД открытой цепной передачи;  
 $\eta_2=0,99$  - КПД пары подшипников качения.  
Крутящий момент на валу 12:

$$M_I' = \frac{132,5}{0,9 \cdot 0,99^2} = 149 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Такой же крутящий момент будет на валу 18.

Исходя из принятой равномерной загрузки подвесок с деталями и незначительных усилий в результате этого на ролики 4, трение в них пренебрегается. По заданной скорости подъема груза определяем частоту вращения звездочки 9,  $\text{с}^{-1}$ :

$$v = \frac{w \cdot D}{2};$$

откуда:

$$w = \frac{2 \cdot v}{D},$$

(3.8)

где  $v=0,13$  м/с - скорость подъема груза;  
 $D=0,106$  м – делительный диаметр звездочки.  
Частота вращения звездочки:

$$w = \frac{2 \cdot 0,13}{0,106} = 2,45 \text{ рад/с}^{-1}.$$

Принимается  $i_{ц}=1$  и  $i_3=1$  – передаточные числа соответственно горизонтальной цепной передачи 13 и зубчатой пары 14 по [1].

Тогда частота вращения тихоходного вала редуктора 5:

$$w_T = w = 2,45 \text{ рад/с}^{-1}.$$

Паспортное значение частоты вращения быстроходных валов выпускаемых червячных редукторов не превышает  $157 \text{ с}^{-1}$  (1500 об/мин). Поэтому выбирается электродвигатель 7 с частотой вращения вала  $w_v=147 \text{ с}^{-1}$  (1400 об/мин).

Определяется передаточное число червячного редуктора:

$$i_p = \frac{w_{\text{Э}}}{w_T} = \frac{147}{2,45} = 60.$$

Выбирается ближайшее паспортное значение  $i_p=63$  по [1].

Определяется крутящий момент  $M_T$  на тихоходном валу редуктора.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 24   |

Крутящий момент на валу 16 с учетом потерь на трение в цепной передаче 13 и паре подшипников качения (оборотной 2 и натяжной 11 звездочек):

$$M_{II} = \frac{M_I'}{\eta_1 \eta_2}.$$

(3.9)

Крутящий момент на валу 16:

$$M_{II} = \frac{149}{0,9 \cdot 0,99} = 168 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Такой же крутящий момент будет и на валу 17.

Крутящий момент (Н·м) на тихоходном валу редуктора с учетом потерь на трение в карданной передаче 15, зубчатой паре 14 и ее подшипниках качения:

$$M_T = 2 \cdot \frac{M_{II}}{\eta_2^2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4},$$

(3.10)

где  $\eta_3=0,87$  – КПД карданной передачи;

$\eta=0,94$  – КПД открытой зубчатой передаче по [1].

Отсюда крутящий момент на валу 16:

$$M_{II} = 2 \cdot \frac{168}{0,99 \div 0,87 \cdot 0,94} = 420 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

По крутящему моменту  $M_T$  и передаточному числу  $i_p$  выбирается червячный редуктор Ч-125, у которого допускаемый крутящий момент на тихоходном валу составляет 610 Н·м.

Определяется крутящий момент (Н·м) на входном валу электродвигателя:

$$M_{\text{Э}} = \frac{M_T}{\eta_p \cdot i_p},$$

(3.11)

где  $\eta_p=0,76$  – КПД редуктора Ч-125;

$i_p=63$  - передаточное число редуктора Ч-125.

Отсюда крутящий момент на входном валу электродвигателя:

$$M_{\text{э}} = \frac{420}{0,76 \cdot 63} = 8,78 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

По крутящему моменту на валу электродвигателя определяется его мощность, Вт:

$$(3.12) \quad N_{\text{э}} = M_{\text{э}} \omega_{\text{э}},$$

где  $\omega_{\text{э}} = 147 \text{ рад/с}^{-1}$ .

Отсюда мощность электродвигателя:

$$N_{\text{э}} = 8,78 \cdot 147 = 1290 \text{ Вт}$$

По частоте вращения вала и мощности выбирается асинхронный электродвигатель АИР80В4, имеющий мощность 1,5 кВт и частоту вращения вала  $150 \text{ с}^{-1}$  (1415 об/мин). Вследствие небольшого различия между расчетной частотой вращения вала и выбранной частотой (соответственно  $147 \text{ с}^{-1}$  и  $150 \text{ с}^{-1}$ ) скорость подъема груза незначительно отличается от заданной.

Асинхронный двигатель АИР80В4 имеет следующие технические характеристики:

- мощность 1,5 кВт;
- скорость вращения 1415 об/мин;
- ток при 380 В 3,6 А;
- КПД 78,5%;
- коэффициент мощности 0,8;
- отношение пускового момента к моменту номинальному 2,2;
- отношение максимального момента к моменту номинальному 2,4;
- момент инерции  $0,0042 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ;
- масса 14,7 кг;
- климатическое исполнение У;
- категория размещения - 3 (эксплуатация в закрытых помещениях без регулирования климатических условий);
- режим работы - продолжительный, S1;
- степень защиты IP54 (содержание нетокопроводящей пыли в воздухе до  $100 \text{ мг/м}^3$ , двигатель защищен от брызг воды с любого направления).

Торможение механизмов манипулятора осуществляется механическим путем. Тормоза в приводах механизмов подъема грузов манипулятора устанавливаются обязательно, так как самотормозящиеся червячные передачи не заменяют тормозов: по мере изнашивания червячная пара теряет свойства самоторможения. Для уменьшения тормозного момента и габаритных размеров тормоз устанавливается на приводном валу механизма или возможно ближе к привод-

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |  | 26   |



ному валу. В этом случае тормоз работает с минимальным моментом от груза и уменьшает влияние инерционных усилий на звенья кинематической цепи.

Тормозной момент должен обеспечивать удержание груза массой  $Q=400$  кг в статическом состоянии на весу с коэффициентом запаса торможения:

$$k = \frac{M}{M_c},$$

(3.13)

откуда:

$$M = k \cdot M_c,$$

где  $M$  – тормозной момент, создаваемый поднимаемым грузом на заторможенном валу с учетом потерь в механизме подъема груза, Н·м;

$k=1,75$  – коэффициент запаса торможения для механизмов с машинным приводом среднего режима работы.

Определяется  $M_c$  (Н·м) из выражения:

$$N_{\text{э}} = M_c \cdot \omega_{\text{э}},$$

(3.14)

откуда

$$M_c = \frac{N_{\text{э}}}{\omega_{\text{э}}},$$

где  $N_{\text{э}}=1290$  Вт – мощность двигателя АИР80В4;

$\omega_{\text{э}}=147$  с<sup>-1</sup> – частота вращения вала двигателя АИР810В4.

Следовательно, тормозной момент, создаваемый поднимаемым грузом на самотормозящемся валу:

$$M_c = \frac{1290}{147} = 8,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Определяется тормозной момент тормоза, Н·м:

$$M = 1,75 \cdot 8,7 = 15,23 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Выбирается тормоз ТКТ-100, имеющий тормозной момент 20 Н·м при ПВ=40%.

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                            | 27   |

Во время движения на манипулятор действуют динамическая сила, сила тяжести и сила трения. На рисунке 3.3 приведена диаграмма сил, действующих на манипулятор во время его движения вниз и вверх, на которой определены участки максимальной нагрузки на электропривод

Выводы: в данной главе в ходе расчета определяется необходимая мощность тягового двигателя, которая необходима для подъема максимально загруженного подвеса. Был выбран двигатель АИР80В4, имеющий запас по крутящему на валу моменту 15%, а также подобран механический тормоз ТКТ-100, обеспечивающий остановку подвеса в технологической позиции и имеющий 30% запас по тормозному моменту.

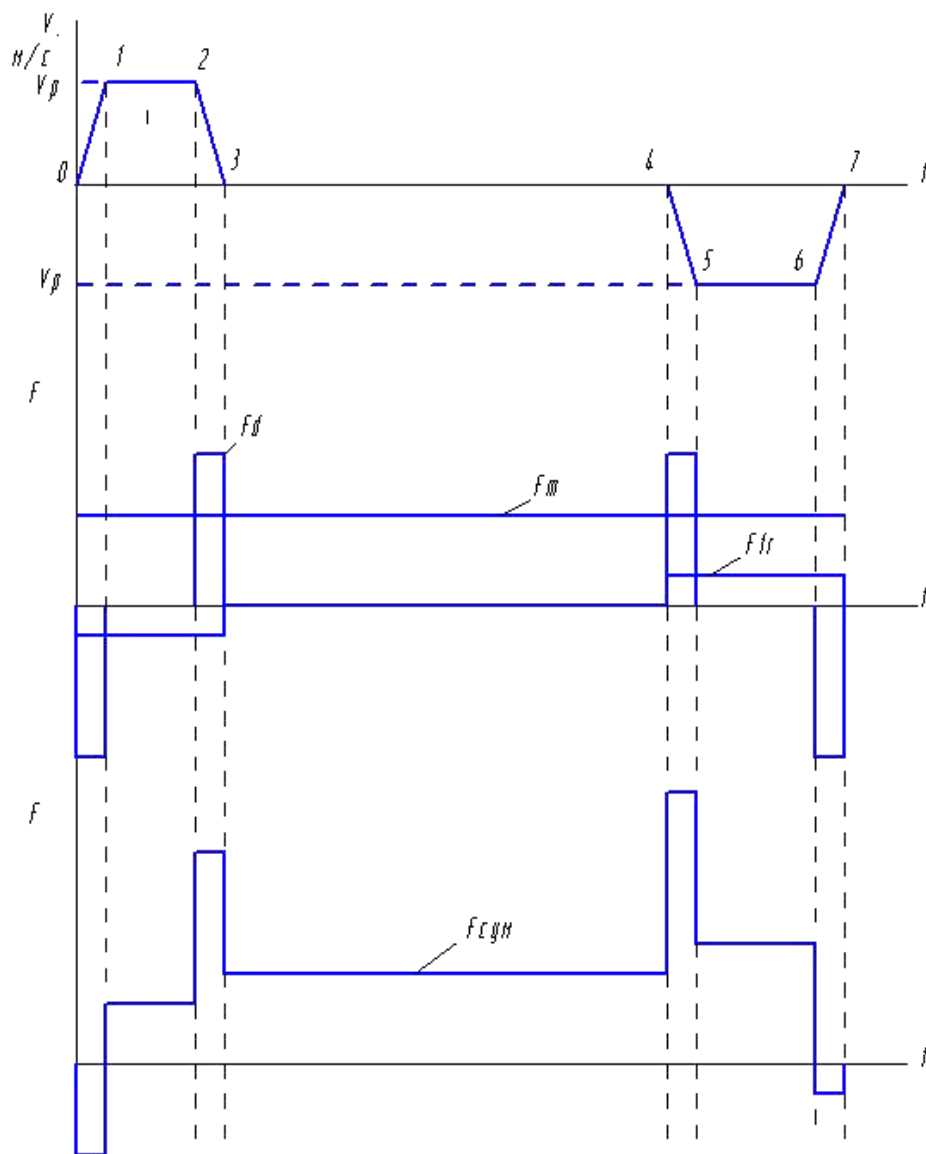


Рисунок 3.3 – Диаграммы скоростей и сил:  $V_p$  – рабочая скорость;  $F_d$  - динамическая сила;  $F_T$  – сила тяжести;  $F_{тр}$  – сила трения;  $F_{сум}$  – суммарная сила, действующая на вал двигателя во время опускания и подъема

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

## 4 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

### 4.1 Описание системы автоматического регулирования

Условия гальванического производства подразумевают точность и контроль параметров в допустимом промежутке значений. Задача системы автоматизированного регулирования состоит в поддержании параметров в заданном промежутке значений.

Необходим контроль четырех параметров, влияющих в большей степени на качество хромовых покрытий: температура, показатель кислотности pH, плотность тока и время. Управляющие сигналы будут подаваться на управляющие органы, которыми являются электромагнитные клапаны, открывающие подачу пара, воды или электролита. Контроль тока осуществляется подачей управляющих сигналов на выпрямительный агрегат, который и формирует уставку тока. Контроль времени происходит внутри управляющего устройства, которым является программируемый микроконтроллер. Входные и выходные сигналы микроконтроллера представлены на рисунке 4.1,

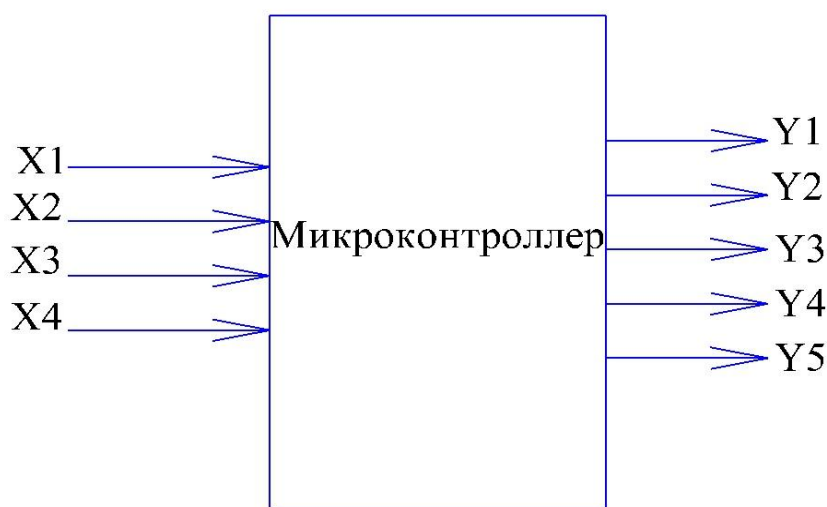


Рисунок 4.1 – Входные и выходные сигналы системы автоматизированного регулирования

где X1 – входной сигнал с датчика касания;

X2 – входной сигнал действующего значения температуры;

X3 – входной сигнал действующего значения показателя кислотности pH;

X4 – входной сигнал действующего значения плотности тока;

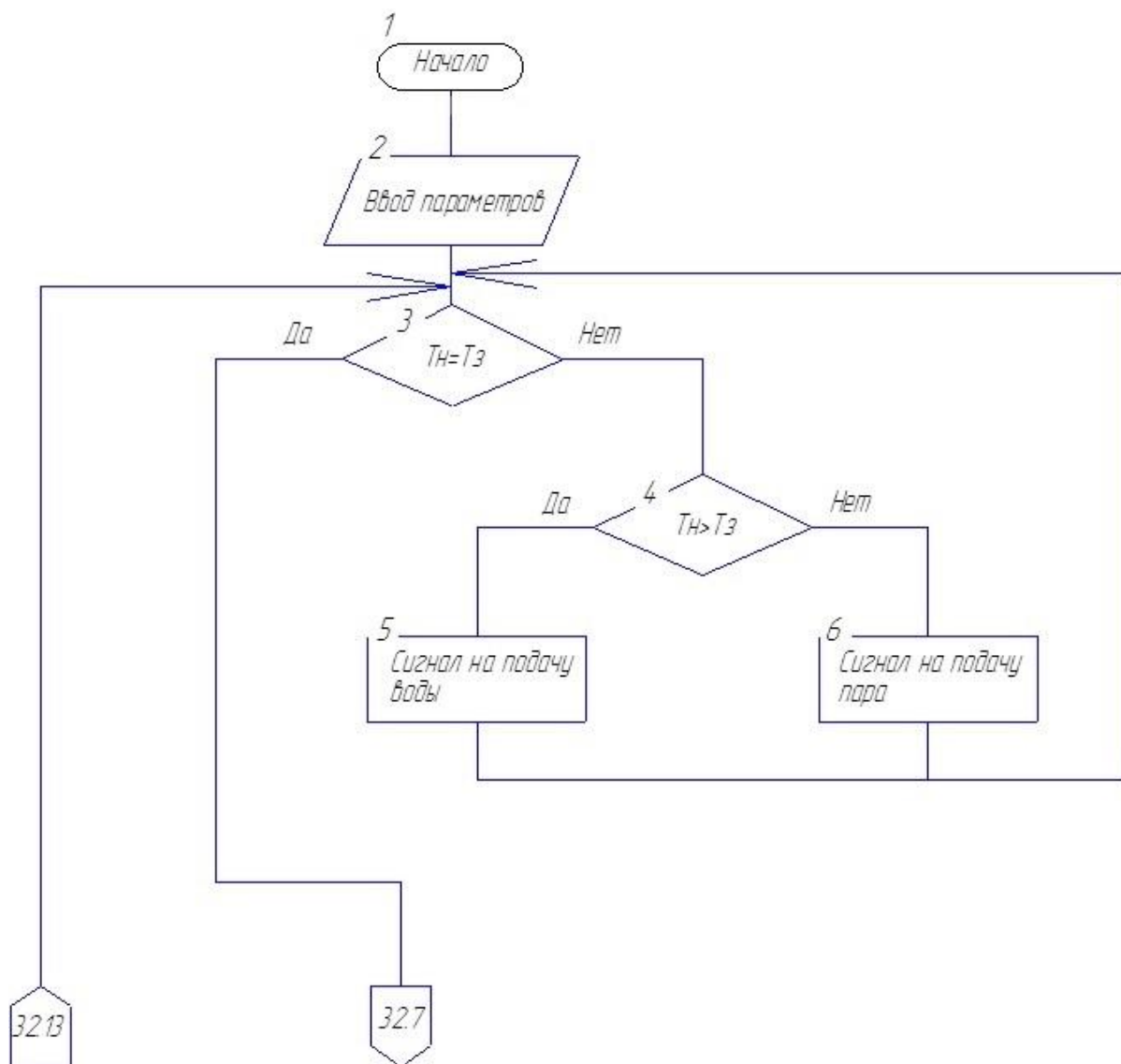
Y1 – выходной сигнал на открытие клапана, подающего пар;

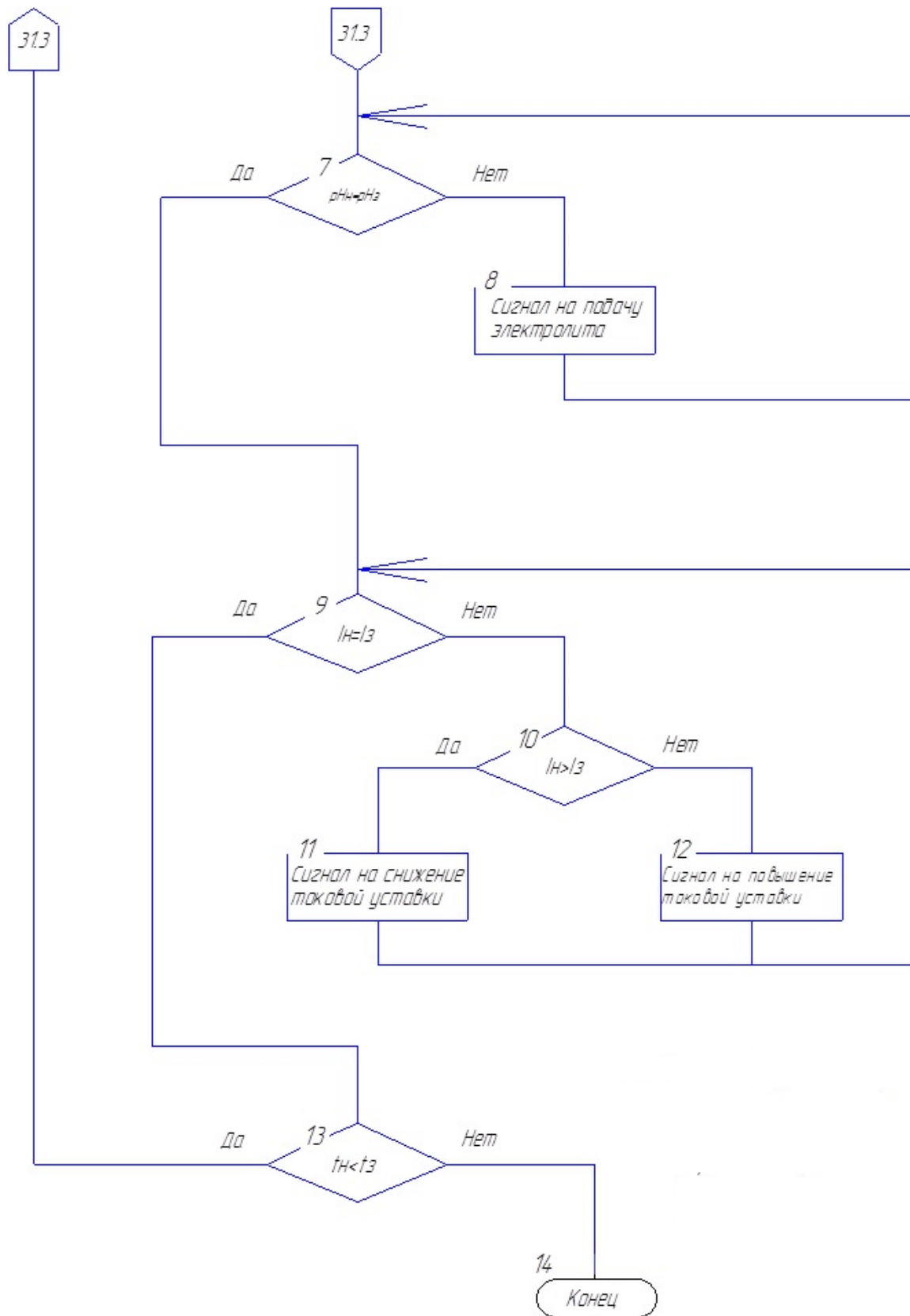
Y2 – выходной сигнал на открытие клапана, подающего холодную воду;

- Y3 – выходной сигнал на открытие клапана, подающего электролит;
- Y4 – выходной сигнал на понижение токовой уставки;
- Y5 – выходной сигнал на повышение токовой уставки.

#### 4.2 Составление алгоритма работы системы автоматического управления

Система автоматизированного управления процессом хромирования включает в себя управление четырьмя параметрами: температурой, кислотностью, плотностью тока и временем технологического процесса. Микроконтроллер программируется таким образом, что при загрузке деталей вводятся определенный набор параметров, соответствующий технологическому процессу покрытия для конкретно этих деталей, после чего система управления линией контролирует заданные параметры путем подачи сигналов на органы воздействия. Ниже приведен алгоритм работы, которому будет следовать система управления в процессе работы.





Алгоритм работает следующим образом. Позиция 1 указывает на начало алгоритма, позиция 2 характеризуется вводом тех значений параметров, которые необходимо контролировать. Контролироваться будут температура, уровень кислотности, плотность тока и время процесса. В позиции 3 происходит выбор условия, а именно равна ли заданная температура ее номинальному зна-

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

чению. Если показание температуры находится в допустимых пределах, то алгоритм переходит к позиции 7, если же нет, то к позиции 4. В позиции 4 происходит выбор условия: номинальная температура больше или меньше заданной. При совпадении условия происходит действие алгоритма позиции 5, в которой поступает управляющий сигнал для открытия электромагнитного клапана, через который по змеевикам начинает поступать холодная вода, если же условие не совпадает, то алгоритм следует действию позиции 6, в которой подается сигнал воздействия на открытие клапана подачи пара, после чего происходит повторное сравнение температуры. Далее алгоритм переходит в позиции 7, в которой происходит выбор условия. Сравняется показание уровня кислотности электролита. Если уровень находится в допустимых пределах, то алгоритм переходит к позиции 9. Если же нет, то происходит действие алгоритма, которое заключается в подаче управляющего сигнала на электромагнитный клапан, через который подается электролит, и также происходит повторное сравнение показателя кислотности. После этого алгоритм переходит к позиции 9, в которой происходит сравнение уставок плотностей тока. Если плотность тока находится в допустимых пределах, то алгоритм переходит к позиции 13, если же нет, то к позиции 10. В позиции 10 происходит выбор условия, когда номинальная плотность тока больше заданной, или нет. Если больше, то алгоритм переходит к позиции 11, в которой подается управляющий сигнал на выпрямительный агрегат. Данный сигнал снижает токовую уставку. Если же условие не выполняется, то подается управляющий сигнал, который повышает токовую уставку выпрямителя, и снова происходит повторное сравнение токовой уставки. После этого алгоритм переходит к позиции 13, в которой происходит выбор условия, заключающийся в сравнении заданного времени и текущего. Если текущее время меньше заданного, то алгоритм начинает новый цикл, если же нет, то алгоритм переходит к позиции 14, в которой завершается его работа.

### 4.3 Выбор датчика температуры

Поддержание постоянного температурного режима электролита в гальванических ваннах влияет на свойства и качество покрытия, а также на технико-экономические показатели процесса. Существует три вида поддержания температуры в гальванических ваннах: при помощи пара, при помощи воды и при помощи трубчатых электронагревателей. Нагрев и поддержание нужной температуры электрическим током затруднятся высокой стоимостью нагревателей, которые вследствие агрессивной среды выполняются из титана, что повышает стоимость данного типа электронагревателей. Также высокая стоимость электроэнергии делает нецелесообразным применение данного типа нагрева. Совмещение пара и воды для нагрева наиболее предпочтительнее, поскольку обеспечивает более точное поддержание заданной температуры.

Обеспечение необходимой температуры осуществляется подачей пара и воды змеевикам, расположенным по всей поверхности ванны хромирования.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 32   |

Регулирование температуры осуществляется с помощью клапанов с электромагнитными приводами 15кч892пСВВ. Мембранный клапан с электромагнитным приводом постоянного тока 220 В может работать с теплоносителем как в виде воды, так и в виде пара с температурой 5-150 С°, давлением 1,6 МПа, имеет диаметр условного прохода 25/50 мм, и массу 18/22 кг.

Для измерения температуры в ванне хромирования существуют такие датчики, как: термопреобразователи сопротивления, термоэлектрические преобразователи, контактные термометры (с заданной температурой контактирования и с магнитной регулировкой контактирования), манометрические термометры (газовые, жидкостные). Термопреобразователи сопротивления имеют ряд преимуществ, делающих их выбор более предпочтительным. Измерение температуры с помощью термопреобразователя сопротивления получило широкое распространение из-за надежной конструкции, возможность работать в широком диапазоне и дешевизны. К числу достоинств относятся также малая инерционность, возможность измерения малых разностей температур. Термопреобразователи используются при измерении высоких температур в агрессивных средах.

В качестве датчика температуры выбирается термопреобразователь сопротивления для измерения жидких и газовых сред ТСМ-0879-01, который имеет следующие технические показатели:

- номинальная статическая характеристика 50М/100М;
- предел измерения -50..+200С°;
- инерционность не более 30 с;
- условия давления среды 0,4 МПа;
- материал защитной арматуры сталь 08Х13.

В процессе регулировки температуры в гальванических ваннах применяют три типа регуляторов: прямого действия; с приборным исполнением; с аппаратным исполнением. Из списка регуляторов наиболее предпочтительным является регулятор с приборным исполнением, так как этот прибор одновременно контролирует, регистрирует и регулирует температуру.

Измерительные преобразователи предназначены для преобразования сигналов от первичных измерительных преобразователей в унифицированные выходные сигналы. Эти сигналы могут подаваться на вторичные приборы прямого действия и одновременно на задающие устройств регуляторов.

Для регулирования температуры в ванне хромирования будет применяться вариант регулятора с приборным исполнением, который строится на базе вторичного прибора – автокомпенсатора, в качестве которого применяется автоматический мост. В качестве измерительного преобразователя выбирается ППСН2-1, имеющий следующие технические характеристики:

- статическая характеристика ХК (L), ХА (K):
- класс точности 0,6;
- уровень сигнала 0..20 мА;
- масса 10 кг.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 33   |

На рисунке 4.2 приведена функциональная схема регулирования температуры в ванне хромирования. Характерной особенностью данной схемы является наличие двух регулирующих контуров (пар и холодная вода). В качестве исполнительных механизмов использованы механизмы ПР-1М. Система работает следующим образом: при  $t > t_{зад}$  клапан, регулирующий подачу пара, закрывается, клапан, регулирующий подачу воды, открывается, при  $t < t_{зад}$  – наоборот.

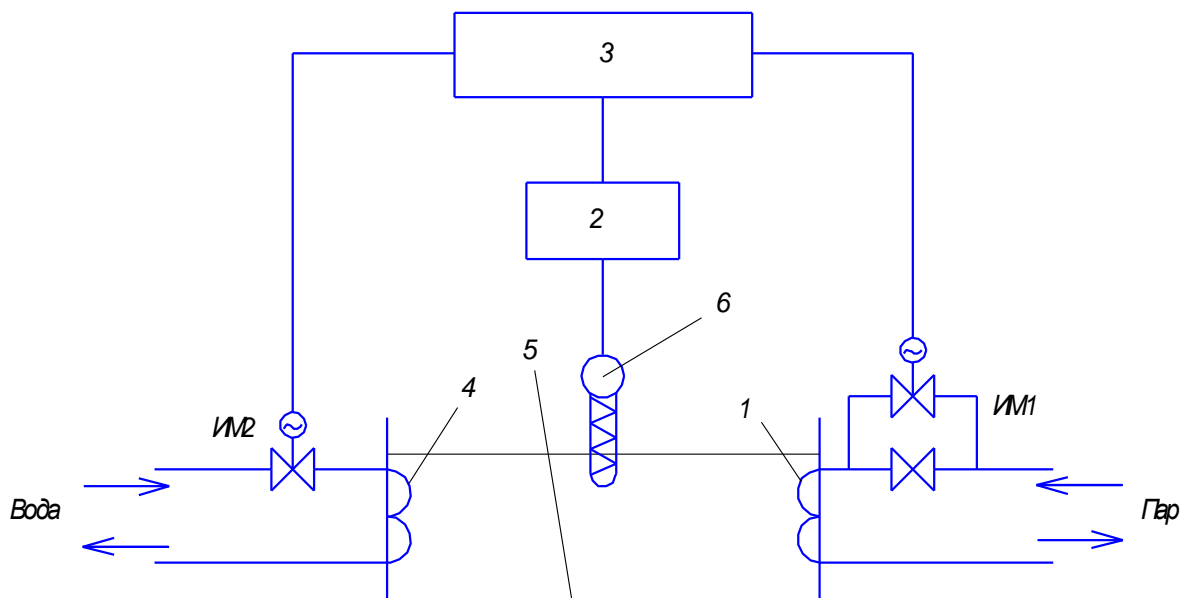


Рисунок 4.2 – Схема функциональная регулирования температуры в ванне хромирования: 1 – нагреватель; 2 – измерительный преобразователь; 3 – схема управления; 4 – охладитель; 5- ванна хромирования; 6 – первичный преобразователь

#### 4.4 Выбор датчика показателя уровня кислотности

Несвоевременная корректировка значения показателя кислотности электролита отрицательно сказывается на структуре и качестве осаждаемых покрытий. Требования к точности поддержания рН электролитов находятся в пределах  $\pm(0,05-0,75)$ .

Концентрация ионов водорода электролита определяется по методу прямой потенциометрии. Функциональная схема измерения рН приведена на рисунке 4.3.

Два электрода 1 и 2, помещенные в раствор 4, образуют гальванический элемент. Электрод 1 (измерительный) представляет собой полый стеклянный шарик диаметром 15-20 мм, изготовленный из стекла определенного состава. Шарик крепится к стеклянной трубке 3 и наполняется составом с определенным значением рН. Если такой шарик опустить в раствор, где значение рН будет другим, то на поверхности шарика возникнет потенциал, пропорциональный разности рН внутреннего и внешнего растворов.

Другой электрод – электрод сравнения 3. Для системы, показанной на рисунке 2, электродный окислительно-восстановительный потенциал:



$$E = E_{\text{всп}} + E_{\text{ш}} + E_{\text{x}} + E_{\text{диф}} + E_{\text{ср}}$$

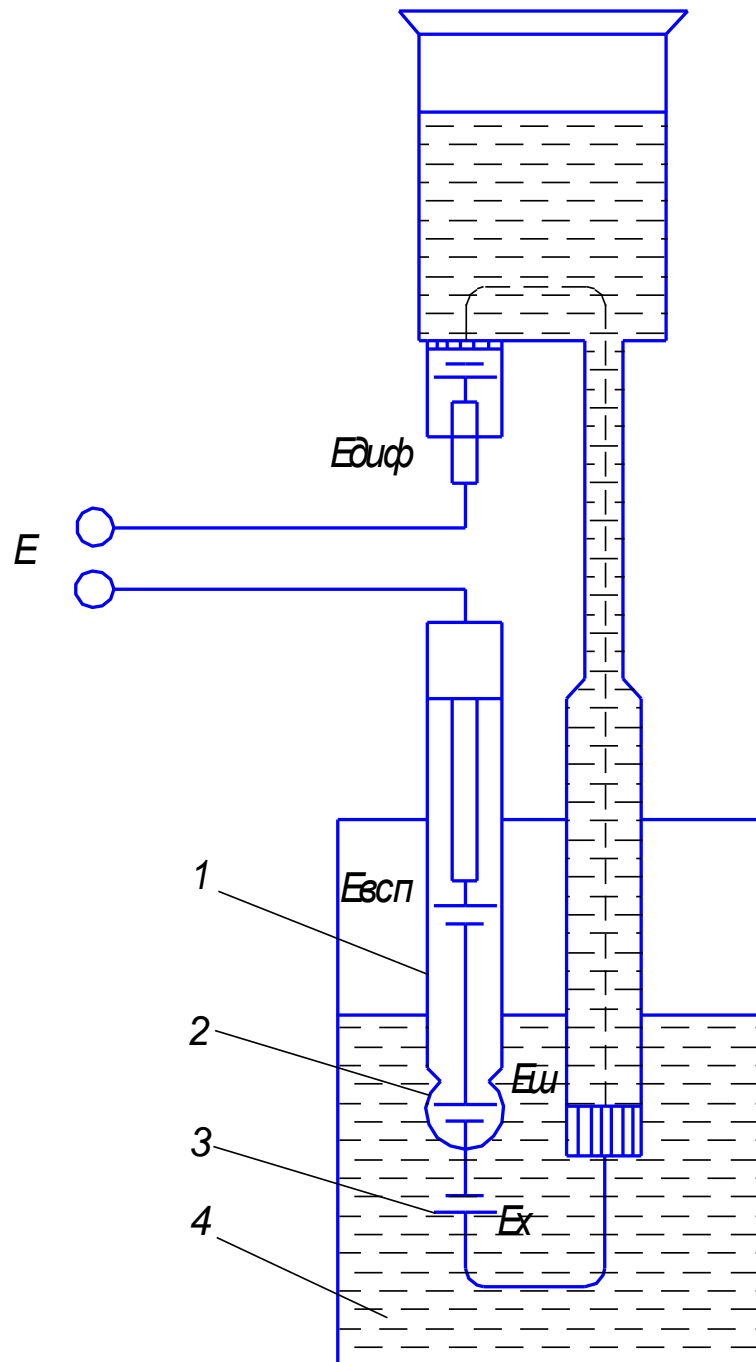


Рисунок 4.3 – Схема измерения показателя кислотности электролита:  
 1 – стеклянная трубка; 2 – измерительный электрод; 3 – электрод сравнения;  
 4 - электролит

где  $E_{\text{всп}}$  – потенциал вспомогательного электрода,  $E_{\text{ш}}$  – потенциал на внутренней стенке стеклянного шарика,  $E_{\text{x}}$  – потенциал на внешней стенке стеклянного шарика,  $E_{\text{диф}}$  – потенциал на границе электрический ключ-раствор,  $E_{\text{ср}}$  – потенциал электрода сравнения.

Выделяя две составляющие этих потенциалов, зависящие от температуры и от рН, для системы из стеклянного измерительного электрода и хлорсеребряного электрода сравнения будет представлено уравнением

$$E=203-(54,1+0,198t_p) \cdot (pH_x-4,13),$$

где  $t_p$  – температура измеряемой среды,  $E=203$  мВ,  $pH=4,13$  – координаты изопотенциальной точки. При  $pH=4,13$  показания датчика не будут зависеть от температуры, а при  $pH=12$  эта зависимость будет значительной, а именно погрешность измерения кислотности будет  $\sim 0,02\%$  на  $1^\circ\text{C}$ .

Для измерения кислотности используются рН-метры. Комплект рН-метра состоит из чувствительного элемента и преобразователя. Чувствительным элементом является погружной датчик. В данном случае будет выбран погружной датчик ДПг-4М-5, который может работать в растворах, не разрушающих материалов, из которых этот датчик изготовлен, и не образующих на электродах пленки. Погружной датчик ДПг-4М-5 имеет следующие характеристики:

- длина погружной части 1600 мм;
- материал детали, соприкасающейся со средой титан ВТ1-0;
- материал вспомогательного электрода фторопласт;
- материал корпуса проточный ЭХСВ-1;
- давление анализируемой среды от  $-0,09(\sim 0,9)$  до  $+0,6(\sim 6)$  МПа;
- масса не более 13 кг.

В данном датчике используются измерительный стеклянный электрод ЭСП-0.1.14, и вспомогательный хлорсеребряный ЭВП-0.8

Для подключения показывающих, записывающих, сигнализирующих или регулирующих приборов преобразователи имеют потенциальный и токовый выходы, позволяющие подключать стандартные автоматические приборы с унифицированным токовым сигналом 0-20 мА или потенциометры. В данном случае выбирается преобразователь промышленного рН-метра П-215М, служащий для преобразования ЭДС электродной системы в электрический аналоговый сигнал постоянного тока и напряжения при измерении рН. Преобразователь П-215М выполнен в двухблочном исполнении с выносным входным усилителем и не имеет ограничений по расстоянию между арматурой и преобразователей, также выносной усилитель устанавливается вблизи арматуры. Данный аппарат имеет следующие достоинства

- отсчет измеряемых величин в цифровой индикации;
- автоматическая диагностика технического состояния с выводом на табло символа переполнения при неисправностях, перегрузках или ошибочных действиях в процессах настройки и проведения измерений;

- данный промышленный преобразователь совместим с ПЭВМ (RS-232).

Преобразователь П-215М имеет следующие технические характеристики:

- индикация светодиодная (рН, мВ,  $^\circ\text{C}$ );
- диапазон показаний рН  $-20,00..20,00$  рН ( $X_n=2000$  мВ);
- диапазон рабочих температур  $-10,0..150,0$   $^\circ\text{C}$ ;

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 36   |

- нормирующие значения ( $X_n$ ) любые в интервале 1,00..20,00 рН;
- нижние пределы  $X_n$  -1,00..19,00 рН;
  - наибольшее допустимое сопротивление измерительного электрода не более 1000 МОм;
  - диапазон выходных сигналов для  $R_{нагр} < 2$  кОм – 0..5 мА, для  $R_{нагр} < 500$  Ом – 4..20 мА, для  $R_{нагр} > 20$  кОм – 0..100 мВ;
- цифровой интерфейс RS-232C;
  - питание от сети однофазного переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц;
- потребляемая мощность не более 20 ВА;
- масса 9 кг.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности и классы точности по цифровому табло и выходным сигнала постоянного тока и напряжения соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Допустимые пределы погрешностей и классы точности преобразователя П-215М

| Нормирующее значение ( $X_n$ ) |             | Предел допускаемого значения приведенной основной погрешности, % (класс точности) |                    |
|--------------------------------|-------------|---|--------------------|
| рН                             | мВ          | По выходному сигналу постоянного тока и напряжению постоянного тока               | По цифровому табло |
| 1,0;2,5;5,0                    | 100;250;500 | 1,0   | -                  |
| 10;15;                         | 1000;1500   | 0,5   | -                  |
| 20                             | 2000        | 0,5   | 0,2                |

Регулирование рН в гальванических ваннах имеет свои особенности. Измерение рН происходит медленно, период между корректировками составляет десятки минут, часы. Выравнивание среднего значения рН в ванне после внесения дозы корректирующего раствора зависит от размеров ванн, загрузки, способов перемешивания и достигает величины ~10 мин.

Дополнительные погрешности при измерении рН в ваннах возникают вследствие влияния электрических полей на датчик, установленный в ванне, влияния электромагнитных помех на соединительные линии, температуры, влажности, ошибок монтажа и т.д. Дополнительная погрешность измерения рН в ваннах может быть на порядок больше, чем основная допустимая погрешность рН-метра.

Учитывая эти особенности для регулирования рН, в процессе хромирования целесообразно применять импульсную систему регулирования, функционирующую следующим образом. Определяется доза корректирующего раствора, не вызывающая отклонения за допустимые пределы. Система регулирования выдает эту дозу через время, определяемое из условий усреднения значе-

ния рН в ванне, производит измерение рН, сравнивает измеренное значение с заданные и выдает, если это необходимо, следующую дозу.

Возникающие дополнительные погрешности в системе регулирования рН можно снизить путем соблюдения требований к монтажу оборудования. Датчик рН-метра включает электроды, арматуру и дополнительные устройства (термометр сопротивления, конденсатор и соединительная клеммная коробка). Термометр сопротивления предназначен для компенсации температурных измерений ЭДС и применяется при колебаниях температуры более 10°C. Компенсатор – устройство, позволяющее устранить разброс характеристик отдельных электродов. Соединительная клеммная коробка служит для соединения и разделения кабеля на отдельные жилы. От соединительной коробки до преобразователя монтаж проводится коаксиальным кабелем марки РК с полиэтиленовой изоляцией. К изоляции соединительных линий предъявляются повышенные требования, т.к. применение других кабелей недопустимо.

Прокладка кабеля производится одним куском кабеля. Сращивание отдельных кусков не рекомендуется. В случае необходимости сращивания кусков кабеля следует применять соединительную коробку типа С-12-910.01 – такую же, как и в комплекте датчика. На трассе таких коробок должно быть не более двух штук. Схемы электрическая соединений для установки датчиков с вторичным прибором 1 в емкости, заземленным с находящимся под напряжением, приведены на рисунке 4.4.

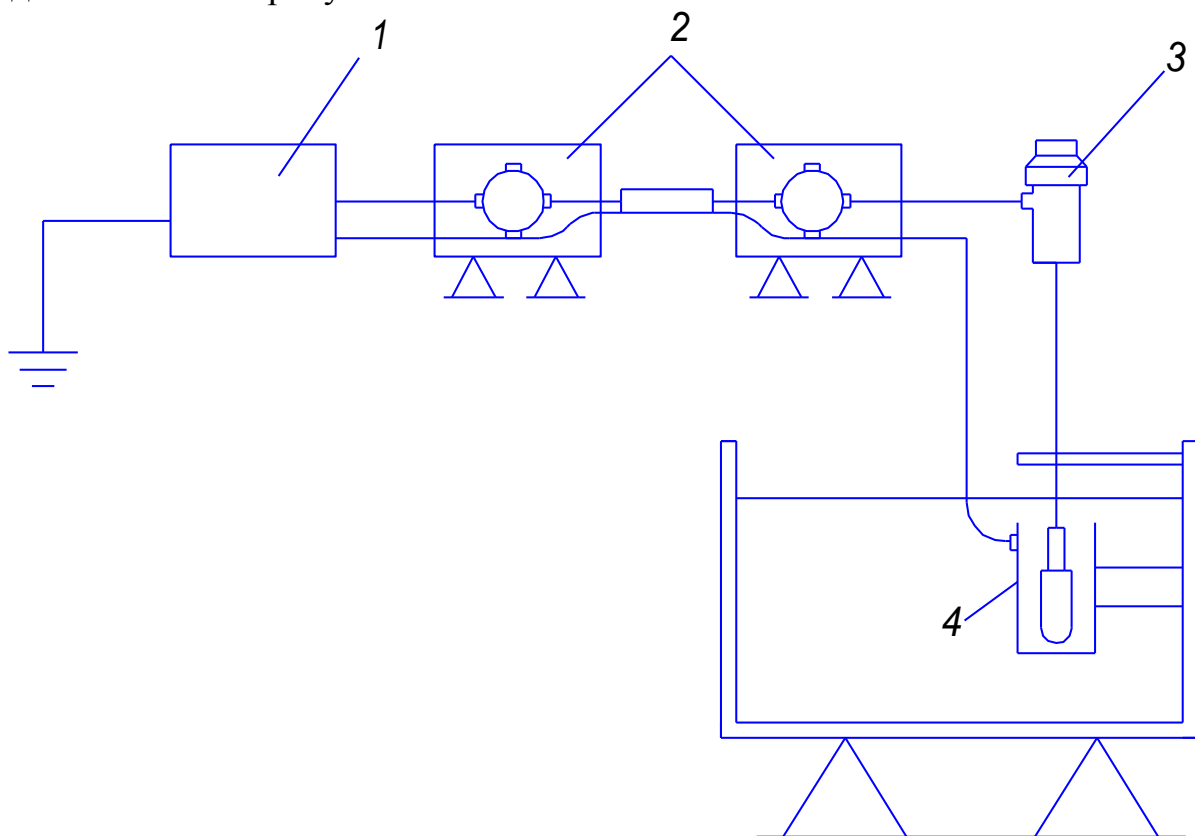


Рисунок 4.4 – Схема электрическая соединений датчиков рН: 1- вторичный прибор; 2 – соединительная коробка; 3 – датчик; 4 металлический экран

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

Кабель от датчика 3 и металлического экрана 4 прокладывается в вини-пластовой трубке. Соединительные коробки 2 изолированы от земли (сопротивление изоляции не менее 20 МОм). Корпуса коробок соединены с защитным экраном и металлическими защитными трубками, в которых проложен кабель. Эти трубы прокладываются в местах, где силовые магнитные поля меньше.

Способ установки датчика в ванне хромирования показан на рисунке 4.5.

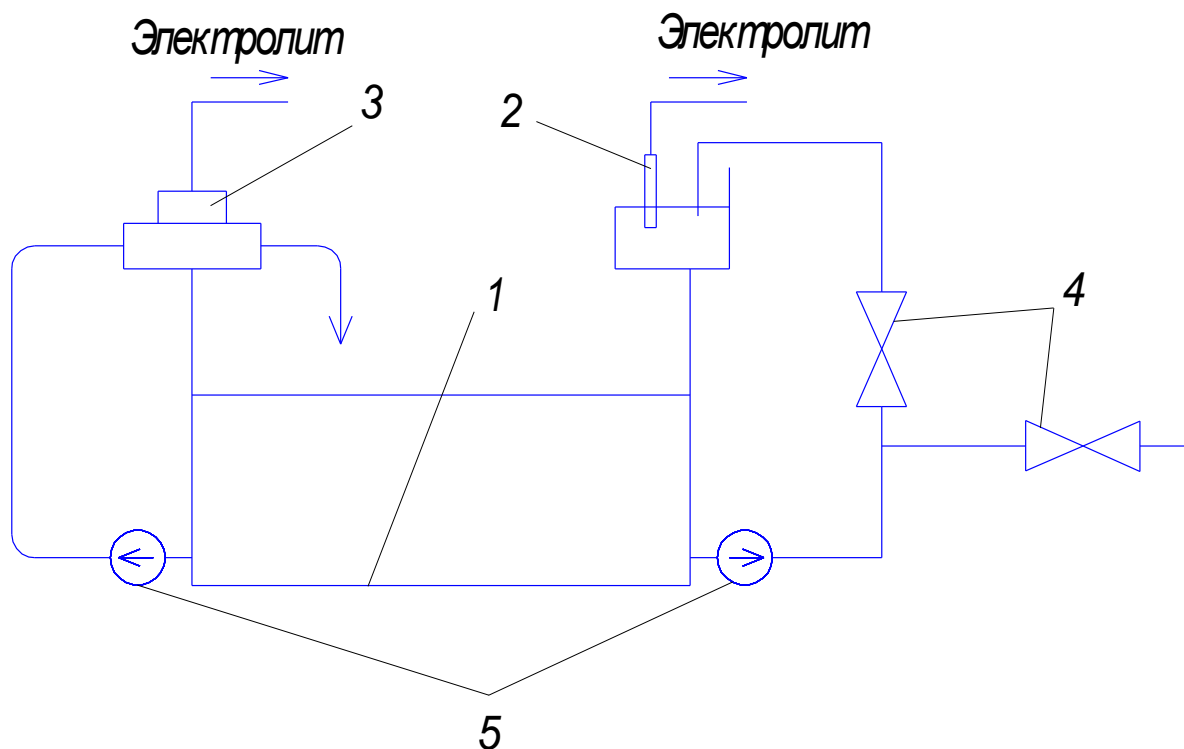


Рисунок 4.5 –Схема функциональная установки датчика рН: 1 – ванна; 2 – погружной датчик; 3 – проточный датчик; 4 – запорные клапаны; 5 - компрессоры

В данном случае измерение рН происходит непрерывно, при этом используется дополнительный насос.

Для уменьшения влияния электрических полей применяется специальные насадки на электроде сравнения. Насадка изолирует его от электромагнитных полей, при этом сохраняется связь с электролитом в непосредственной близости от измерительного электрода.

#### 4.5 Выбор датчика плотности тока

Целью процесса электроосаждения является получение заданной толщины покрытия с допустимой равномерностью. Толщина покрытия зависит от нескольких факторов, основными которыми являются: 1) выход по току для конкретного вида покрытия, 2) плотности тока, 3) времени осаждения, 4) температуры электролита.

Плотность тока или отношение величины тока к площади загруженных в ванну деталей – это средняя плотность тока. В ГОСТ 9.305-84 или паспорте

процесса задается диапазон плотности тока, гарантирующий качество покрытия при стабилизации остальных параметров, влияющих на качество.

Местная плотность тока – это плотность на участке детали, площадь которого достаточно мала. Для получения равномерной толщины покрытия необходимо, чтобы местные плотности тока были одинаковы. Практически, особенно на деталях сложной формы, этого достичь не удастся и отклонения от заданной плотности тока на различных участках детали может достигать нескольких сотен процентов.

Другим параметром, влияющим на толщину покрытия, является выход по току – это процент от величины полного тока, который в данном электролитическом процессе фактически идет на получение покрытия. Выход по току конкретно для хромового электролита составляет ~20%.

Существует два принципиально различных способа задания уставок тока. По первому способу определяется площадь подвески с деталями и по заданной в технологической карте плотности тока вычисляется общий ток в ванне, который и необходимо поддерживать. По второму способу измеряется плотность тока через определенное сечение в объеме электролита и регулируется общий ток в ванне до тех пор, пока плотность тока на измерительном участке не достигнет заданной.

Подсчет величины полного тока по первому способу может быть реализован двумя путями – в зависимости от способа определения площади покрываемой детали. Таких способов два: задание площади детали (или уставки тока) в технологической карте; автоматическое определение площади деталей, загружаемых в ванну.

Задание токовой уставки в технологической карте требует предварительного расчета площади деталей, суммирования их для одной загрузки и определения величины полного тока в ванне. Для гальванической линии с многономенклатурным характером производства необходимо иметь перечень площадей всех покрываемых деталей.

Расчет площади поверхности загружаемых деталей ведется до технологического процесса, в систему автоматизированного регулирования будут вводиться только коды деталей, загружаемых в ванну хромирования, отсюда будет выставляться нужная плотность тока.

Для определения плотности тока применяют три метода: метод вольтамперных характеристик (ВАХ), метод эталонного датчика и метод датчика плотности тока. Метод вольтамперных характеристик использует зависимость электрических параметров ванны от площади загружаемых деталей. Для определения этих зависимостей снимается ряд кривых U-I при различных площадях загрузки. Семейство характеристик обрабатывается для получения линий равной плотности тока. Погрешность метода  $\pm 25\%$  и зависит от таких факторов, как: удельного электрического сопротивления, электролита, конфигурации деталей, поляризации пассивации анодов.

Суть метода эталонного датчика заключается в том, что вместе с деталями в ванну опускается дополнительный электрод известной площади, вклю-

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 40   |

ченный параллельно подвеске с деталями. Общий ток устанавливается исходя из того, чтобы на дополнительном электроде была обеспечена заданная плотность тока. Считается, что на деталях автоматически будет получена такая же или пропорциональная плотность. В действительности в результате различия конфигураций деталей и датчиков, расположенных в ванне, неравномерности распределения во времени и пространстве электролита электрических, тепловых, концентрационных полей, влияния поляризации и других факторов зависимость между величиной тока и площадью детали и дополнительного электрода имеет сложный характер, что приводит к значительным погрешностям метода.

Для определения плотности тока в ванне хромирования будет использоваться метод измерения плотности тока вблизи поверхности деталей (метод датчика плотности тока), который основан на определении тока, протекающего в электролите через специально выделенную около поверхности детали площадь. Ток, протекающий через эту площадь, будет создавать среднюю местную плотность тока. Для реализации метода применяются датчики плотности тока: трансформаторные – измеряющие пульсации постоянного тока, по которым оценивается его величина; выполненные на основе трансформаторов или дросселей подмагничивания преобразователи постоянного тока.

Трансформаторные датчики имеют индивидуальную градуировку и ограниченное применение. Преобразователи постоянного тока более точные и при использовании их совместно с электронными преобразователями составляют магнитоэлектронную автокомпенсационную систему, обладающую достаточно высокими метрологическими характеристиками. Поэтому выбирается преобразователь постоянного тока, выполненный на основе импульсного трансформатора ИППТ-8, который имеет следующие технические характеристики:

- предел преобразований плотности тока –  $0 \dots 12,5 \text{ А/дм}^2$ ;
- аддитивная погрешность 1%;
- мультипликативная погрешность 0,2%;
- площадь окна датчика  $314 \text{ мм}^2$ ;
- диапазон рабочих температур датчика  $10 \dots 100^\circ\text{C}$ ;
- длительность переходного процесса 0,2 с;
- уровень сигнала 0..20 мА.

Промышленные выпрямительные агрегаты для питания гальванических ванн выпускаются с системой автоматической стабилизации тока, напряжения и плотности тока. Однако эти системы имеют ограниченную глубину регулирования: по току – до 25%, по напряжению – до 50%.

Метод вольтамперных характеристик для регулирования плотности тока, применяемый в этих агрегатах, не обеспечивает точность выше 25%. В данном случае, когда требуется обеспечить глубокое и плавное регулирование тока или напряжения или регулирования тока или напряжения или регулирования плотности тока осуществляется другими методами (не по ВАХ), будет применяться схема регулирования, выполненная по структурной схеме, представленной на рисунке 4.6.

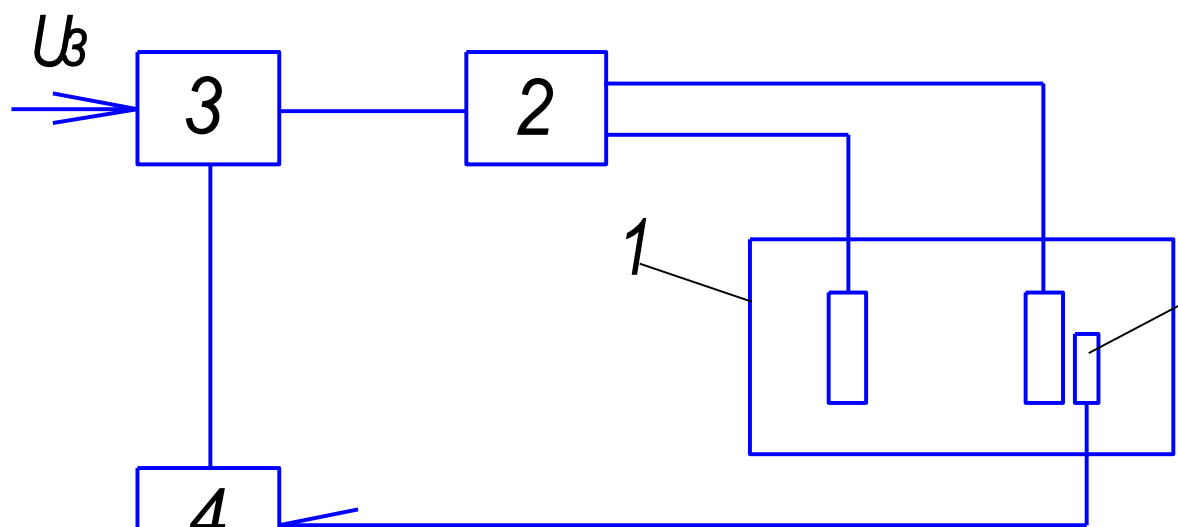


Рисунок 4.6 – Схема функциональная регулирования плотности тока с датчиком тока: 1 – ванна; 2 – источник питания; 3 – устройство согласования; 4 – измеритель плотности тока; 5 – датчик плотности тока

По данной схеме обеспечивается качественно регулирование плотности тока при работе с датчиками плотности тока. В качестве датчика 5 используется преобразователь постоянного тока ИППТ-8, сигналы которого непосредственно подаются на измеритель 4 плотности тока.

#### 4.6 Выбор датчика касания

При движении привода вертикального перемещения гальванического манипулятора вниз необходимо его остановка в технологической позиции, когда весь подвес с деталями окажется погруженным в электролит. Для остановки используется индуктивный датчик, к которому предъявляются следующие требования: расширенный диапазон температур, работа в условиях агрессивной среды, надежность. Таким условиям удовлетворяет датчик ІМЕ30. Данный датчик имеет следующие технические параметры:

- материал корпуса титан ВТ1-0;
- схема подключения 3 проводная, DC;
- ток потребления <200 мА;
- тип выходного сигнала PNP/NPN;
- состояние выхода НО, НЗ;
- стандартный диапазон срабатывания 10 мм;
- подключение кабель/разъем М12;
- класс защиты ІР67;
- частота срабатывания 100 Гц;
- защита от короткого замыкания присутствует;
- стандарты соответствия СЕ, GOST-P.



#### 4.7 Выбор выпрямительного агрегата

Включение в сеть выпрямительных агрегатов приводит к значительному искажению кривой напряжения. Основной причиной искажения являются коммутационные провалы напряжения. Провалы напряжения есть результат коротких замыканий, имеющих место при переходе нагрузки с одного тиристора на другой без разрыва тока. Эти замыкания отличаются от аварийных своей кратковременностью.

Коммутационные искажения зависят от схемы выпрямления, числа фаз выпрямителя, мощности агрегата, требуемой глубины регулирования, мощности питающей сети.

В результате искажения напряжения и тока увеличиваются нагрев сетевого трансформатора, загрузка сети реактивным током, происходит нарушение работы устройств автоматики и релейной защиты.

Искажения сети сказывается также на условиях работы системы импульсно-фазового управления (СИФУ) самих выпрямительных агрегатов.

Коммутационные провалы, обусловленные работой одного выпрямительного агрегата, могут привести к нарушению работы другого. Особенно заметно проявляются искажения, когда мощность выпрямительных агрегатов соизмерима с мощностью питающего трансформатора.

Питание силовых цепей выпрямительного агрегата мощностью до 150 кВт и их цепей управления осуществляется от сети 380 В.

Возросший уровень гальванического производства, появление новых технологических процессов определяют новые дополнительные требования, предъявляемые к современным источникам питания:

- расширение ряда номинальных напряжений;
- упорядочение ряда номинальных напряжений;
- обеспечение широкого диапазона регулирования напряжения и тока;
- повышение точности стабилизации выходных параметров;
- обеспечение бесконтактного управления включением и отключением нагрузки;
- обеспечение реверсивного и импульсного режимов работы;
- уменьшение пульсаций;
- возможность дистанционного управления источником;
- обеспечение работы источника по фиксированным программам, определяющим технологические режимы покрытий;
- максимальное удобство обслуживания;
- управление агрегатом с помощью вычислительной машины путем подачи на систему управления стандартизированных дискретных и аналоговых сигналов;
- повышение энергетических показателей.

Широкий диапазон регулирования напряжения позволяет обрабатывать в ваннах детали любых размеров с любой плотностью тока.

Повышение требования к качеству покрытий, экономные расход материала покрытий, увеличение производительности формируют требования повышения точности стабилизации задаваемых параметров. Импульсный и реверсивный режимы работы источников интенсифицируют процесс нанесения покрытий, положительно влияют на структуру покрытий, придавая им твердость, износостойкость, повышают антифрикционные свойства.

Применение режимов реверсирования в сочетании с программным управлением обеспечивает получение монокристаллических покрытий с мелкозернистой плотной структурой. Как оказалось, значительное число процессов чувствительно к пульсациям выпрямленного тока. Принцип регулирования путем изменения угла управления, заложенный при использовании тиристоров, приводит к значительным пульсациям выпрямленного тока. Это ухудшает покрытие. Особенно чувствительны к пульсациям процессы хромирования, серебрения, меднения, никелирования.

Бесконтактное управление включением и отключением нагрузки позволяет упростить автоматизацию управления линией, увеличить надежность работы агрегата, исключить подгорания контактов коммутационной аппаратуры.

Дистанционное управление позволяет установить выпрямительные агрегаты вне среды, насыщенной парами кислот и щелочей, и тем самым увеличить срок службы источников, улучшить условия труда эксплуатационного персонала и ввести диспетчеризацию управления источниками.

Применение программных устройств даст возможность обеспечить соблюдение технологического процесса, высвободить персонал от необходимости постоянного наблюдения и управления ходом процесса, улучшить качество покрытия, увеличить производительность.

В качестве выпрямительного агрегата выбирается выпрямитель Flex Kraft. Flex Kraft – новая серия выпрямителей, которые надежны и удовлетворяют указанным производственным условиям. Выпрямитель состоит из 1-10 силовых модулей, которые комплектуются одним управляющим модулем. Каждый силовой модуль состоит из двух идентичных половинок (субмодулей), которые могут соединяться между собой последовательно или параллельно. Данный выпрямительный агрегат применяется для общей металлизации, куда входит процесс хромирования. Выпрямитель имеет следующие преимущества по сравнению с имеющимся оборудованием:

- универсальность: контроль питания позволяет использовать широкий диапазон токов и напряжений;
- модернизируемость: модульная конструкция позволяет легко наращивать мощность;
- экономия площади: простая установка, благодаря маленькой площади основания, модульная конструкция предоставляет дополнительную гибкость в вариантах расположения;
- легкость обслуживания: легкий доступ к модулям для ремонта и замены;
- высокий коэффициент мощности: низкая реактивная мощность по сравнению с тиристорными выпрямителями;

- пульсация: низкая пульсация на всем диапазоне регулирования.
- Выпрямитель Flex Kraft имеет следующие технические характеристики:
- напряжение питания 3x380-480 В ±10%, 50-60 Гц;
- плавная регулировка от 0 до 100% тока и напряжения;
- предназначен для продолжительной работы;
- соответствие нормам EMC (электромагнитная совместимость) и LVD (Low Voltage Differential);
- принудительное воздушное охлаждение;
- температурный диапазон работы до +40°C, при уменьшенной нагрузке до +55°C;
- пульсация <1% от расчетного рабочего тока при постоянном токе в полном диапазоне измерения;
- масса 25 кг на один модуль.

Структурная схема выпрямительного агрегата Flex Kraft приведена на рисунке 4.7.

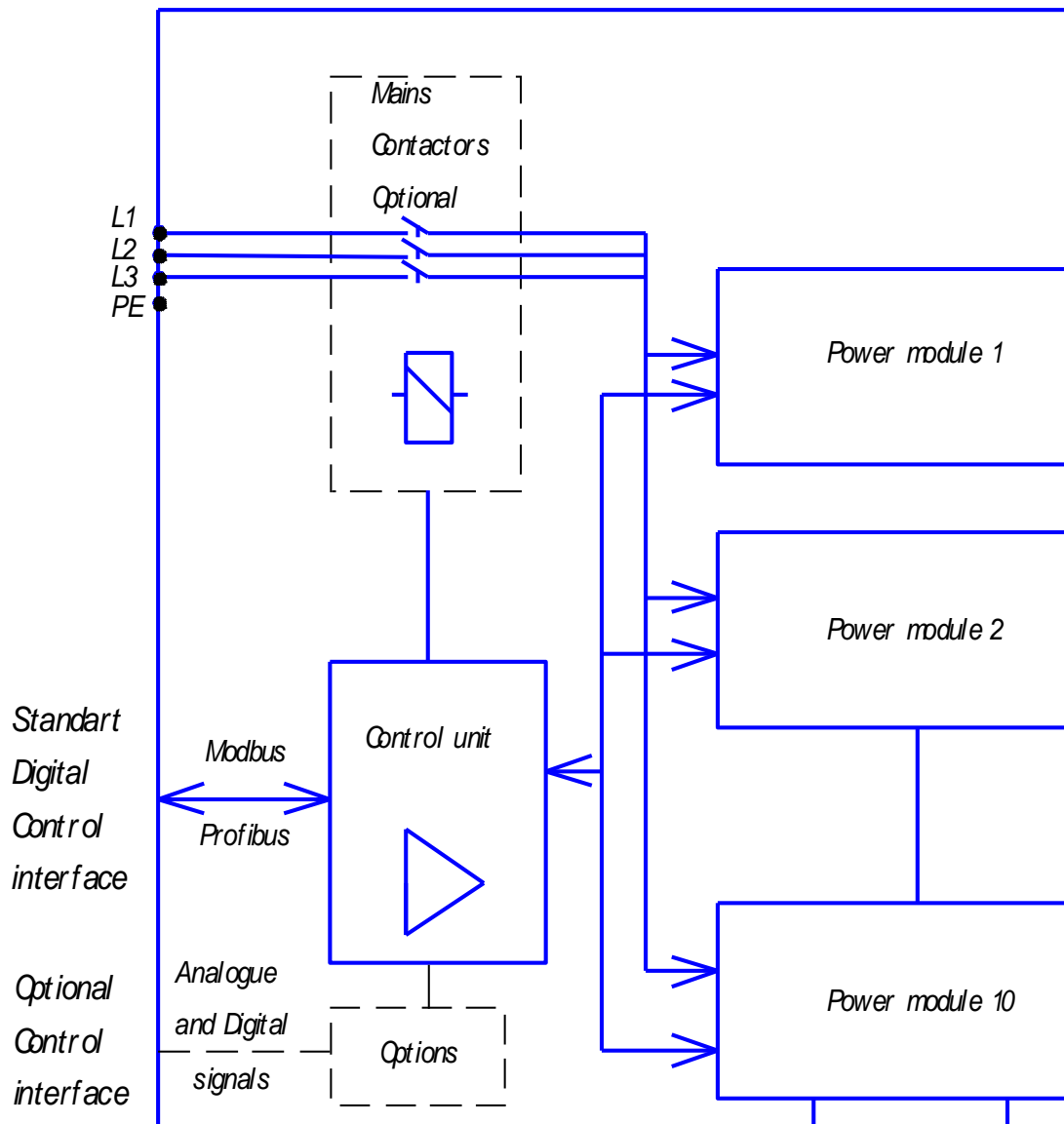


Рисунок 4.7 –Схема структурная выпрямительного агрегата Flex Kraft

#### 4.8 Выбор и программирование микроконтроллера

В настоящее время все чаще используются передовые технологии для решения различных технических задач. Широкое применение в сфере автоматизированных систем управления технологическими процессами приобрели микроконтроллеры, которые являются микросхемами, предназначенными для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает в себе функции процессора и периферийных устройств, содержит оперативное запоминающее устройство и постоянное запоминающее устройство. По сути, это однокристальный компьютер, способный выполнять простые задачи.

Существующие микроконтроллеры позволяют управлять большим количеством операций. В данном случае имеются аналоговые сигналы, поступающие с датчиков. В этом случае целесообразно выбрать микроконтроллер фирмы DirectLOGIC серии 06, поскольку он обладает гибкой системой программирования аналоговыми сигналами, а также дешевый по сравнению с другими сериями. Микроконтроллер DirectLOGIC 06 имеет следующие возможности:

- 8 конфигураций ввода/вывода;
- 229 команд, в том числе тригонометрические функции;
- общий объем памяти - 14.8Кслов;
- 8 контуров ПИД-регулирования с автонастройкой;
- количество точек ввода/вывода от 30 до 100;
- два коммуникационных порта, в том числе RS-232/RS-422/RS-485;
  - встроенная поддержка протоколов: Modbus RTU ведущий/ведомый, ASCII ввод/вывод и DirectNET ведущий/ведомый;
- поддержка Ethernet и DeviceNET ведомый (дополнительные модули);
- встроенные часы реального времени и календарь;
- арифметика с плавающей точкой;
  - система быстрого подключения модулей ZIPLink для 16-канальных дискретных модулей;
  - процессорные модули WinPLC со встроенной операционной системой Windows CE;
- питание ~100-240В и 12-24В.

Для реализации заданного алгоритма необходимо подключение определенных модулей. Выбирается модуль для работы с аналоговыми сигналами F2-04AD-1.

Аналоговый модуль F2-04AD-1 представляется в ПЛК как модуль дискретного ввода с 16 входами. Модуль устанавливается в любой слот системы DL205. Доступная мощность питания каркаса и число дискретных входов являются ограничивающими факторами (у системы DL230 может быть не более 128 дискретных входов, а у системы DL250 не более 256 в одной системе).

Технические характеристики данного модуля представлены в таблице 4.2  
Описание входных и выходных сигналов представлены в таблице 4.3.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 46   |

Таблица 4.2 – Технические характеристики аналогового модуля F2-04AD-1

| Параметр микроконтроллера                              | Значение  |
|--|---|
| Число каналов  | 4 однополярных<br>(один общий)  |
| Диапазон входных значений                              | ток от 4 до 20 мА   |
| Разрешающая способность                                | 12 разрядов<br>(1 из 4096)  |
| Переходная характеристика                              | 4 мс до 95% от полного<br>изменения сигнала   |
| Уровень перекрестных помех                             | -80 дБ, максимально ½<br>единицы отсчета  |
| Активная фильтрация низких ча-<br>стот                 | -3 дБ при 80 Гц, 2 полюса<br>(-12 дБ на октаву)   |
| Входной импеданс                                       | 250 Ом ±1%, 0,5 Вт,<br>токовый вход   |
| Абсолютный максимальная диапа-<br>зон значений         | от -40 мА до +40 мА, то-<br>ковый вход  |
| Тип преобразования                                     | метод последовательных<br>приближений   |
| Ошибка линеаризации (на всем<br>диапазоне)             | ±1 единица отсчета<br>(0,025% от полного диа-<br>пазона значений) максимум  |
| Стабильность по входу                                  | ±1 единица отсчета  |
| Полная ошибка калибровки на всем<br>диапазоне значений | ± 12 единиц отсчета мак-<br>симум при входном токе 20 мА  |
| Ошибка калибровки смещения                             | ±7 единиц отсчета макси-<br>мум при входном токе 4 мА   |
| Максимальная погрешность                               | ±0,5% при 25°C<br>±0,65% от 0 до 60°C   |
| Зависимость точности от темпера-<br>туры               | ±50ppm (промилле<br>±0,005%)/°C максимум на всем<br>диапазоне калибровки  |
| Рекомендуемый предохранитель                           | 0,032 А, серии 217, быст-<br>родействующий для токовых<br>входов  |
| Скорость обновления в ПЛК                              | 1 канал на цикл сканиро-<br>вания максимум (процессор<br>DL230)<br>4 канала на цикл сканиро-<br>вания максимум (процессор<br>DL240/250) |

Таблица 4.3 – Описание входных и выходных сигналов контроллера DL06

| Обозначение сигнала | Расшифровка сигнала                                       |
|---------------------|---|
| X1                  | Сигнал с датчика касания – начало цикла                   |
| Y0                  | Открыть клапан для подачи холодной воды                   |
| Y1                  | Открыть клапан для подачи пара                            |
| Y2                  | Открыть клапан для подачи электролита                     |
| Y3                  | Повышение токовой уставки выпрямительного агрегата        |
| Y4                  | Снижение токовой уставки выпрямительного агрегата         |
| C0                  | Запустить таймер цикла                                    |
| C1                  | Сбросить таймер цикла                                     |
| C2                  | Заданное значение температуры равно текущему              |
| C3                  | Заданное значение температуры меньше текущего             |
| C4                  | Заданное значение рН равно текущему                       |
| C5                  | Заданное значение плотности тока равно текущему           |
| C6                  | Заданное значение плотности тока меньше текущего          |
| C7                  | Заданное значение времени больше текущего                 |
| S0                  | Начальная стадия, всегда активна                          |
| S1                  | Работа с температурой                                     |
| S2                  | Работа с рН   |
| S3                  | Работа с током  |
| S4                  | Работа со временем  |
| T0                  | Таймер цикла  |
| TA0                 | Текущее значение таймера цикла                            |
| V1400               | Текущее значение температуры                              |
| V1401               | Текущее значение рН                                       |
| V1402               | Текущее значение плотности тока                           |
| V1403               | Заданное значение температуры в относительных единицах    |
| V1404               | Заданное значение рН в относительных единицах             |
| V1405               | Заданное значение плотности тока в относительных единицах |
| V1406               | Заданное значение времени                                 |
| V1407               | Заданное значение температуры                             |
| V1410               | Заданное значение рН                                      |
| V1411               | Заданное значение плотности тока                          |

Монтируется микроконтроллер и его встроенные модули в специальном каркасе.

Выводы: в данной главе была разработана система автоматического регулирования процесса хромирования гальванической линии АГЛ-425 на базе программируемого микроконтроллера DirectLOGIC 06. По алгоритму работы были подобраны необходимые датчики.

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                            | 49   |

## 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данном разделе на основе всех расходов, связанных с разработкой устройства программного управления процессом хромирования гальванической линии АГЛ-425, необходимо рассчитать полную себестоимость проекта.

Полная себестоимость проекта исчисляется по формуле:

$$S=C_m+C_{от}+C_{сн}+C_o+C_{пр},$$

где  $C_m$  – материальные затраты;  
 $C_{от}$  – затраты на оплату труда;  
 $C_{сн}$  – отчисления на социальные нужды;  
 $C_o$  – амортизация;  
 $C_{пр}$  – прочие расходы.

### 5.1 Материальные затраты

Затраты на оборудования для системы управления  $C_m$  представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет затрат на материалы и работы

| Наименование                                   | Кол-во | Цена, руб | Сумма, руб. |
|--|--------|-----------|-------------|
| Термопреобразователь сопротивления ТСМ-0879-01 | 1      | 750       | 750         |
| Автоматический следящий мост КСМ2-030          | 1      | 1 499     | 1 499       |
| Исполнительный механизм ПР-1М                  | 3      | 4 000     | 12 000      |
| Чувствительный элемент для измерения рН ДПг-4М | 1      | 13 000    | 13 500      |
| Преобразователь рН П215М                       | 1      | 24 500    | 25 000      |
| Преобразователь постоянного тока ИППТ-8        | 1      | 2 500     | 2500        |
| Выпрямитель Flex Kraft                         | 1      | 300 000   | 300 000     |
| Датчик индуктивный ИМЕ30                       | 1      | 550       | 550         |
| Микроконтроллер Direct Logic205                | 1      | 9 560     | 9 560       |
| Асинхронный двигатель 4А804У3                  | 1      | 3 900     | 3 900       |
| Коммутационное оборудование                    | 1      | 1 000     | 1 000       |
| Итого, $C_m$ :                                 |        |           | 369 259     |

Расходы на электроэнергию для монтажа оборудования для устройства исчисляются по формуле:

$$C_э=C_э^1 \cdot P,$$

где  $C_э^1$  – тариф (стоимость) электроэнергии,  $C_э^1=1,62$  руб/КВт·ч;

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                            | 50   |



$P$  – количество единиц потребляемой электроэнергии,  $P=2\ 360$  кВт·ч;

$$C_{\text{Э}}=1,62 \cdot 2360=3\ 824 \text{ руб.}$$

Сумма материальных затрат рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{М}}=C_{\text{м}}+C_{\text{Э}},$$

$$C_{\text{М}}=369\ 259+3\ 824=373\ 083 \text{ руб.}$$

## 5.2 Затраты на оплату труда

Затраты на оплату труда состоят из суммы основной и дополнительной заработной платы. Для расчета основной заработной платы необходимо определить длительность этапов работы.

Исчисляется длительность этапов работы. Исходные данные о продолжительности выполнения этапов работ взяты, исходя из фактически затраченного времени, и приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Продолжительность выполняемой работы

| Этапы работы | Выполняемая работа                            | Продолжительность выполняемой работы, дни |
|--------------|---|---|
| 1            | Постановка задачи                             | 2   |
| 2            | Монтаж оборудования                           | 45  |
| 3            | Установка и программирование микроконтроллера | 5   |
| 4            | Монтаж панели оператора                       | 10  |
| 5            | Отладка и настройка системы управления        | 14  |
| 6            | Составление документации                      | 4   |
| Итого:       |   | 80,00                                     |

В разработке участвует инженер, месячный оклад которого составляет  $Q_u=5000$  руб.

Время разработки устройства  $T'_{pk}$ , в месяцах, рассчитывается по формуле:

$$T'_{pk} = \frac{T_{pk}}{D},$$

где  $T_{pk}$  – время, затраченное на изготовление всего программируемого устройства, дни;

Д – среднее количество рабочих дней в месяце, Д=20 дней.

Тогда:

$$T'_{pk} = \frac{80}{20} = 4 \text{ мес.}$$

Основная заработная плата  $C_{оз}$ , руб., рассчитывается по формуле:

$$C_{оз} = O_u \cdot T'_{pk} \cdot k_{пояс} \cdot k_{пр},$$

где  $k_{пояс}$  – поясной коэффициент,  $k_{пояс}=1,15$ ;

$k_{пр}$  – премия за качественно выполненную работу начисляется в размере 40 % от основной заработной платы,  $k_{пр}=1,4$ .

Тогда основная заработная плата будет:

$$C_{оз} = 5000 \cdot 4 \cdot 1,15 \cdot 1,4 = 32\,200 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата производственного персонала принимается в размере 10 % от основной заработной платы,  $C_{дз}$ , руб.:

$$C_{дз} = 0,1 \cdot C_{оз},$$

$$C_{дз} = 0,1 \cdot 32\,200 = 3\,220 \text{ руб.}$$

При известных значениях основной и дополнительной заработной платы рассчитываются расходы а оплату труда как сумму этих величин:

$$C_m = C_{оз} + C_{дз},$$

$$C_m = 32\,200 + 3\,220 = 35\,420 \text{ руб.}$$

### 5.3 Отчисления на социальные нужды

Общая сумма страховых платежей в государственные внебюджетные фонты с 1 января 2011 года составляет 34 %. Из них:

ПРФ=20 % (26 %) – Пенсионный фонд Российской Федерации;

ФСС=2,9 % (2,9 %) – Фонд социального страхования;

ФФОМС=1,1 % (3,1 %) – Федеральный фонд Обязательного медицинского страхования;

ТФОМС=2 % (2 %) – Территориальный фонд Обязательного медицинского страхования.

Общая сумма страховых платежей находится по формуле:

$$O_{ССП} = C_{ПРФ} + C_{ФСС} + C_{ФФОМС} + C_{ТФОМС},$$

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 52   |

где  $C_{ПФР}$  – отчисление в Пенсионный фонд Российской Федерации;  
 $C_{ФСС}$  – отчисление в Фонд социального страхования;  
 $C_{ФФОМС}$  – отчисление в Федеральный фонд Обязательного медицинского страхования;

$C_{ТФОМС}$  – отчисление в Территориальный фонд обязательного медицинского страхования.

Отчисления в Пенсионный фонд Российской Федерации находится по формуле:

$$O_{ПФР} = C_m \cdot 0,20,$$

откуда отчисления в Пенсионный фонд Российской Федерации:

$$C_{ПФР} = 35420 \cdot 0,2 = 7\,084 \text{ руб.}$$

Отчисления в Фонд социального страхования находятся по формуле:

$$C_{ФСС} = C_m \cdot 0,029,$$

$$C_{ФСС} = 35\,420 \cdot 0,029 = 1027 \text{ руб.}$$

Отчисления в Федеральный фонд Обязательного медицинского страхования находятся по формуле:

$$C_{ФФОМС} = C_m \cdot 0,011,$$

$$C_{ФФОМС} = 35\,420 \cdot 0,011 = 390 \text{ руб.}$$

Отчисления в Территориальный Фонд Обязательного медицинского страхования находится по формуле:

$$C_{ТФОМС} = C_m \cdot 0,02,$$

$$C_{ТФОМС} = 35\,420 \cdot 0,02 = 708 \text{ руб.}$$

Таким образом, общая сумма страховых платежей составляет:

$$O_{ССП} = 7\,084 + 1\,027 + 390 + 708 = 9\,209 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Расчет суммы амортизационных отчислений

Виды основных средств и нормы амортизационных отчислений представлены в таблице 5.3.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 53   |

Таблица 5.3 – Виды основных средств и нормы амортизационных отчислений

| Виды основных средств             | Годовая норма амортизационных отчисления $H_{ai}$ , % | Балансовая стоимость $i$ -ой единицы основных средств $C_{офи}$ , руб. | Годовая сумма амортизационных отчисления, руб. |
|-----------------------------------|---|--|--|
| Выпрямительный агрегат Flex Kraft | 8,8   | 300 000  | 26 400   |
| Итого:                            |   |  | 26 400   |

Расчет суммы амортизации, представленной в таблице 5.3, осуществляется по формуле:

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{C_{офи} \cdot H_{ai}}{100},$$

где  $C_{офи}$  – балансовая стоимость  $i$ -ой единицы основных средств, руб;

$H_{ai}$  – годовая норма амортизационных отчислений, %;

$n$  – число видов основных средств,  $n=1$ .

Тогда амортизационные отчисления по отдельным видам основных средств:

$$A_1 = \frac{300000 \cdot 8,8}{100} = 26400 \text{ руб.}$$

Оборудование эксплуатируется 9 месяцев, поэтому сумма амортизации составит:

$$A = 26400 \cdot 9 : 12 = 19800 \text{ руб.}$$

### 5.5 Исчисление суммы прочих расходов

Прочие расходы на разработку устройства программного управления процессом хромирования гальванической линии АГЛ-425 и методического указания исчисляются по следующей формуле:

$$C_{пр} = C_{ay} + C_3 + C_{др},$$

где  $C_{ay}$  – расходы на содержание помещений;

$C_3$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                            | 54   |

$C_{др}$  – другие расходы (телефон, Интернет и т.д.).

Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования  $C_3$  при наладке системы управления сведена в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Расчет суммы расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

| Оборудование                 | Время работы оборудования при сборке и наладке, час | Стоимость одного часа работы оборудования, руб. | Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб. |
|------------------------------|---|---|---|
| Паяльник 25 Вт               | 48  | 3,00  | 144,00  |
| Прочее оборудование (тестер) | 48  | 5,00  | 240,00  |
| Итого:                       |   | 384,00  |   |

Расчет расходов на содержание помещений приведен в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Расчет затрат на содержание помещений

| Наименование статьи расходов | Срок аренды/работы/энергопотребления, месяцев | Стоимость содержания руб./мес. | Всего затрат, руб. |
|------------------------------|---|--------------------------------|--------------------|
| Аренда помещения             | 5   | 2 000                          | 10 000,00          |
| Уборка помещения             | 5   | 500                            | 2 500,00           |
| Итого затрат, $C_{пр}$ :     |   |                                | 12 500,00          |

Другие расходы равны нулю.

Определяется сумма итогов таблиц 5.4 и 5.5:

$$C_{пр} = 12500 + 384 = 12884 \text{ руб.}$$

5.6 Затраты на разработку программного обеспечения

Смета затрат на написание программы для программирования микроконтроллера представлена в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Смета затрат на создание программы

| № | Наименование статей                  | Сумма, руб. | Доля, % |
|---|--------------------------------------|-------------|---------|
| 1 | Основные и вспомогательные материалы | 3 850       | 16,3    |

Окончание таблицы 5.6 – Смета затрат на создание программы

| № | Наименование статей                      | Сумма, руб. | Доля, % |
|---|--|-------------|---------|
| 2 | Энергия на технологические цели          | 385         | 1,6     |
| 3 | Спецоборудование для написания программы | 980         | 4,2     |
| 4 | Основная заработная плата                | 11 246      | 47,6    |
| 5 | Дополнительная заработная плата          | 1 250       | 5,3     |
| 6 | Отчисления на социальные нужды           | 3 250       | 13,7    |
| 7 | Накладные расходы                        | 2 670       | 11,3    |
| 8 | Итого расходов                           | 23 631      | 100     |

5.7 Общая смета затрат и отпускная стоимость проекта

Общая смета затрат на монтаж, наладку устройства программного управления процессом хромирования гальванической линии АГЛ-425 отражена в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Смета затрат на монтаж, наладку устройства программного управления процессом хромирования гальванической линии АГЛ-425

| Статьи затрат                  | Сумма, руб. | Затраты в процентах от общей суммы, % |
|--------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Материальные затраты           | 373 083     | 78,6                                  |
| Затраты на оплату труда        | 35 420      | 7,5                                   |
| Отчисления на социальные нужды | 9 209       | 2                                     |
| Амортизация                    | 19 800      | 4,2                                   |
| Затраты на создание программы  | 23 631      | 5                                     |
| Прочие затраты                 | 12 884      | 2,7                                   |
| Полная себестоимость (S)       | 474 027     | 100                                   |

Для расчета отпускной стоимости системы автоматизированного регулирования необходимо исчислить прибыль и налог на добавленную стоимость.

Прибыль исчисляется в размере 20% от полной себестоимости:

$$П = S \cdot 20\% : 100\% = S \cdot 0,20,$$

$$П = 474\,027 \cdot 0,20 = 94\,805,00 \text{ руб.}$$

НДС (18%) считается от суммы полной себестоимости и прибыли:

$$\text{НДС}=(S+\Pi)\cdot 0,18,$$

$$\text{НДС}=(474027+94805)\cdot 0,18=102390 \text{ руб.}$$

Итого отпускная стоимость проекта составит:

$$A=\text{НДС}+S+\Pi,$$

$$A=102\ 390+474\ 027+94805=671\ 222 \text{ руб.}$$

### 5.8 Оценка стоимости проекта

В связи с тем, что система автоматизированного управления предназначена для продажи и внедрения, то, оценивая объект, выбирается рыночная стоимость.

Для оценки рыночной стоимости проекта используется сравнительный подход с участием эксперта.

Экспертная оценка отпускной стоимости подобного проекта составляет:

$$\text{Э}_{\text{оц}}=800\ 000 \text{ руб.}$$

Таким образом, при продаже данного проекта по цене 800 000 рублей будет получено:

а) НДС в сумме 122 033 рублей

$$\text{НДС}=800\ 000\cdot 18:118=122\ 033 \text{ руб.};$$

б) Прибыли от продаж ( $\Pi_p$ ) в сумме

$$\Pi_p=800\ 000-122\ 033-474\ 027=203\ 940 \text{ руб.}$$

Определяется рентабельность проекта по следующей формуле:

$$R=\Pi_p:S\cdot 100 \%,$$

$$R=203\ 940:474\ 027\cdot 100=43 \%.$$

### 5.9 Расчет экономического эффекта создания и реализации проекта

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 57   |

Для определения эффективности инвестиций, вложенных в научную работу  $\mathcal{E}_n$ , сравнивается ее рентабельность с банковским процентом вклада и с темпом инфляции в стране.

Банковский процент составляет в среднем 12% годовых, темп инфляции в стране планируется правительством в размере 8% в целом по году.

При вложении денежных средств, как альтернативный вариант, в сумме 474027 рублей в банк под 12% годовых на 9 месяцев (на 270 дней и 360 дней в году), то прибыль  $P_6$  будет:

$$P_6 = 474027 \cdot 12 \cdot 270 : 360 \cdot 100 = 42662 \text{ руб.}$$

Сравнивается прибыль от продажи проекта с прибылью при вложении денежных средств в учреждение банка на 270 дней (9 месяцев):

$$P_p > P_6$$

$$203940 > 42662$$

Так как прибыль от продажи проекта больше прибыли вложения в банк, то данная научная работа является более доходным мероприятием.

Учитывая, что темп инфляции составляет меньше процента банковского вклада, и, тем более, меньше рентабельности проекта, то данный научный проект с экономической точки зрения рекомендуется к внедрению. Основные экономические показатели отражены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Экономические показатели изготовления и продажи системы автоматизированного регулирования

| Элементы затрат                  | Сумма, руб. | Затраты в процентах от общей суммы, % |
|----------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| 1 Материальные затраты           | 373083      | 46,6                                  |
| 2 Затраты на оплату труда        | 35420       | 4,4                                   |
| 3 Отчисления на социальные нужды | 9209        | 1,1                                   |
| 4 Амортизация                    | 19800       | 2,4                                   |
| 5 Затраты на создание программы  | 23631       | 2,9                                   |
| 6 Прочие затраты                 | 12884       | 1,6                                   |
| 7 Итого расходов                 | 474027      | 59,2                                  |
| 8 Прибыль                        | 203940      | 25,5                                  |
| 9 НДС                            | 122033      | 15,3                                  |
| 10 Рыночная стоимость проекта    | 800000      | 100                                   |
| 11 Рентабельность проекта, %     |             | 43                                    |



Выводы: разработка и осуществление данного проекта приносит выгоду не только в плане внедрения инвестиций, но и способствует получению экономического эффекта от его реализации в сумме 203940 рублей.

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |          |         |      |                            | Лист |
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ | 59   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                            |      |

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 6.1 Краткое описание гальванического цеха ООО «НПП Электрохимия»

Рассматривается гальванический цех предприятия ООО «НПП Электрохимия». Данный цех представляет собой помещение общей площадью около 1400 м<sup>2</sup>. В помещении поддерживается средняя температура в 20-25 °С и средней влажностью в 70-75%. В помещении расположено 4 гальванических линии протяженностью в 15 м. Гальванические линии состоят из гальванических ванн наполненных электролитом. Ширина линии составляет 2,4 м. В приложении Б представлен план цеха. Питание линии происходит от трехфазной сети 380 В через управляемый выпрямитель. На выходе выпрямителя напряжение составляет 12 В, ток порядка 100 А. Выпрямитель запитан от сети армированным кабелем марки АВВГ-4х10. Кабель проложен по штробе шириной 0,05 м.

Также в устройстве линии имеется автоматизированный манипулятор (автооператор) – подъемно-транспортное устройство. Перемещение грузов происходит на высоте 3 м со скоростью 0,13 м/с. Питание происходит от трехфазной сети 380 В кабелем марки ААШВ-4х10. Кабель расположен на вспомогательном швеллере.

Область работы оператора находится непосредственно перед линией и состоит из рабочего стола с дисплеем, отображающим производственный процесс.

### 6.2 Анализ производственных и экологических опасностей

В процессе проектирования системы автоматизированного регулирования для хромовых покрытий на обслуживающий персонал будут оказывать влияние следующие опасные и вредные производственные факторы:

- агрессивная кислотно-щелочная среда;
- воздействие шума и вибрации;
- защита от электромагнитного полей;
- пожаро- и взрывоопасность;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- недостаточная вентиляция рабочей зоны.

### 6.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

#### 6.3.1 Агрессивная кислотно-щелочная среда

Натр едкий (NaOH) при попадании раствора или пыли на кожу образуется мягкий струп. Возникают язвы, экземы, особенно в суставных складках пальцев. Опасно попадание даже самых малых количеств NaOH в глаза; поражается не только роговица, но и в следствии быстрого проникновения NaOH в глубь страдают и глубокие части глаза. Исходом может быть слепота. При попадании на кожу —обмывание пораженного участка струей воды в течении 10мин, затем примочки из 5% раствора уксусной или лимонной кислоты. При попадании в глаза —

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 60   |

тщательное немедленное промывание струей воды или физиологическим раствором в течении 10— мин. ПДК —0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Сода кальцинированная (Na<sub>2</sub> CO<sub>4</sub>) при работе с содой кальцинированной наблюдаются изъязвления слизистой носа, подобно возникающим при действии соединений хрома. Вдыхание пыли может вызывать раздражение дыхательных путей, конъюнктивит. При длительной работе с растворами возможны: экземы, раздражение кожи. Концентрированный раствор Na<sub>2</sub> CO<sub>4</sub> вызывает ожог, некроз, а в последующем помутнение роговицы. ПДК —2мг/м<sup>3</sup>.

Аммиак (NH<sub>3</sub>) пары аммиака сильно раздражают слизистые оболочки глаз и органов дыхания, а также кожные покровы. Это мы и воспринимаем как резкий запах. При соприкосновении сжиженного аммиака и его растворов с кожей возникает жжение, возможен химический ожог с пузырями, изъязвлениями. Кроме того, сжиженный аммиак при испарении поглощает тепло, и при соприкосновении с кожей возникает обморожение различной степени. ПДК в воздухе рабочей зоны производственного помещения составляет 20 мг/м<sup>3</sup>.

### 6.3.2 Воздействие шума и вибрации

Учитывая большие технические трудности снижения уровня шума при выполнении производственных процессов, приходится ориентироваться не на уровни шума, вызывающие раздражение и утомление, а на такие допустимые уровни, при которых исключается возможность заболеваний работающих.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены СН 2.2.442.1.8.562-96. Они являются обязательными для всех министерств, ведомств, проектных организаций и предприятий. Эти нормы устанавливают предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности (табл. 6.1).

Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса следует проводить в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05.

Таблица 6.1 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

| Категория напряженности трудового процесса | Категория тяжести трудового процесса |                             |                        |                        |                        |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|  | легкая физическая нагрузка           | средняя физическая нагрузка | тяжелый труд 1 степени | тяжелый труд 2 степени | тяжелый труд 3 степени |
| Напряженность легкой степени               | 80                                   | 80                          | 75                     | 75                     | 75                     |
| Напряженность средней                      | 70                                   | 70                          | 65                     | 65                     | 65                     |

|         |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|
| степени |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|

Продолжение таблицы  
6.1

|                            |    |    |   |   |   |
|----------------------------|----|----|---|---|---|
| Напряженный труд 1 степени | 60 | 60 | — | — | — |
| Напряженный труд 2 степени | 50 | 50 | — | — | — |

### 6.3.3. Предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля

Оценка и нормирование постоянного магнитного поля осуществляется по уровню магнитного поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия. Уровень постоянного магнитного поля оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в мТл. ПДУ напряженности (индукции) постоянного магнитного поля на рабочих местах представлены в таблице 6.2. При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью (индукцией) постоянного магнитного поля общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью.

Таблица 6.2. Предельно допустимые уровни(ПДУ) постоянного магнитного поля

| Время воздействия за рабочий день, минуты | Условия воздействия     |                             |                         |                             |
|---|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
|   | Общее                   |                             | Локальное               |                             |
|   | ПДУ напряженности, кА/м | ПДУ магнитной индукции, мТл | ПДУ напряженности, кА/м | ПДУ магнитной индукции, мТл |
| 0 - 10                                    | 24                      | 30                          | 40                      | 50                          |
| 11 - 60                                   | 16                      | 20                          | 24                      | 30                          |

|          |   |    |    |    |
|----------|---|----|----|----|
| 61 - 480 | 8 | 10 | 12 | 15 |
|----------|---|----|----|----|

### 6.3.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В производственных помещениях при установлении нормируемых значений КЕО в соответствии настоящими нормами:

а) освещенность от светильников системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк;

б) освещенность от светильников общего освещения в системе комбинированного освещения необходимо повышать на одну ступень по шкале освещенности, кроме разрядов Ia, Ib, IIa;

в) коэффициент пульсации Кп для I – III разрядов зрительных работ не должен превышать 10 %. Искусственное освещение при совмещенном освещении помещений следует проектировать также в соответствии с разделом 7 настоящего свода правил. Расчетные значения КЕО при совмещенном освещении жилых и общественных зданий должны составлять: СП 52.13330.2011 13 не менее 87 % значений, указанных в приложении К для учебных и учебно- производственных помещений школ, школ-интернатов, учебных заведений начального и среднего профессионального образования; не менее 60 % значений, указанных в приложении К для остальных помещений

### 6.3.6 Недостаточная вентиляция рабочей зоны

Для вентиляционных систем, обслуживающих ванны с растворами, содержащими вещества первого и второго классов опасности, следует предусматривать резервные вентиляционные агрегаты.

В нерабочее время вентиляцию гальванического цеха или участка должна осуществлять общеобменная вентиляция, удаляющая воздух из верхней зоны помещения

Ванны, содержащие в растворе легкоиспаряющиеся и высокотоксичные компоненты (HF, HCl, HCN и т. д.), в нерабочее время должны быть укрыты крышками. Баки, сборники, мерники для приготовления и корректировки растворов кислот, щелочей, и нейтрализации растворов должны быть снабжены крышками и местными отсосами. Количество воздуха, удаляемого местными отсосами, следует определять по скорости всасывания через неплотности: 0,7 м/с – при холодных растворах и 1,0 м/с – при нагретых. Количество воздуха удаляемое через местные отсосы, должно компенсироваться его механическим притоком, при этом должен обеспечиваться не менее чем трехкратный обмен.

Столы, на которых обезжиривают крупные детали органическими растворителями, рекомендуется оборудовать наклонными панелями равномерного всасывания. Удельный расход воздуха на 1 м<sup>2</sup> панели, если она примыкает к стене или высокой перегородке, равен 3200 м<sup>3</sup>/ч, если же панель удалена от стены – 5000 – 7000 м<sup>3</sup>/ч.

Оборудование столов возможно и обычными, однобортными отсосами, дополненными вертикальными щитками высотой не менее половины ширины стола. Удельный расход воздуха на 1 м длины стола м<sup>3</sup>/ч:

$$L_y \geq 2000 B^2,$$

где B – ширина стола, м.

Если обезжиривание мелких деталей органическими растворителями предусмотрено в вытяжных шкафах, скорость всасывания воздуха через открытый проем шкафа следует принимать не менее 0,7 м/с, а при разбрызгивании растворителей или применения оборудования с вращающимися приспособлениями – не менее 1 м/с.

Вытяжные системы, обслуживающие процессы обезжиривания органическими растворителями, должны быть самостоятельными и иметь взрывоопасное исполнение. Прокладка воздухопроводов и установка вентиляторов в подвалах не допускается. Все металлические воздухопроводы и оборудование приточных вытяжных систем, обслуживающих процессы обезжиривания органическими растворителями, следует заземлять согласно «Правилам защиты от статического электричества и вторичных проявлений молний в производствах отрасли».

Количество приточного воздуха определяют из расчета компенсации воздуха, удаляемого через местные отсосы, с проверкой на ассимиляцию влагоизбытков, а также вредных веществ. В помещениях следует учитывать естественную вытяжку из верхней зоны, производительность которой соответствует необходимой вытяжке для обеспечения концентрации водорода, не превышающей 5% НПВ. При смежном расположении гальванических и травильных отделений с другими помещениями, не имеющими вредных выделений и пыли, приточный воздух следует подавать в количестве 95% от расчетного воздухообмена. Остальной воздух должен поступать из смежных помещений через дверные проемы, для чего в эти помещения необходимо предусматривать подачу приточного воздуха в количестве, достаточном для компенсации перетока.

Тепло- и влаговыделения от технологического оборудования принимаются в соответствии с технологической частью проекта. Подачу приточного воздуха следует проектировать в верхнюю зону помещения, обеспечивая скорость движения воздуха в рабочей зоне не более 0,3 м/с при допускаемой неравномерности распределения параметров воздуха.

В теплое время года допускается естественный приток через проемы в наружных ограждениях на высоте не менее 4 м от пола.

Общеобменную приточную вентиляцию для помещения, где хранятся химикаты и осуществляется дозирование цианистых солей, следует предусматривать из

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 64   |

расчета компенсации воздуха, удаляемого местными отсосами (вытяжными шкафами), но не менее, трехкратного воздухообмена в 1 ч.

Скорость воздуха в открытом проеме вытяжного шкафа принимается не менее 1 м/с. Для вентиляции помещений, в которых хранятся химикаты, и происходит дозирование цианистых солей необходимо предусматривать отдельные системы.

Общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию следует предусматривать и для помещений, где расположены источники постоянного тока. Объем вентиляционного воздуха определяется из условия ассимиляции теплоизбытков. Допускается предусматривать рециркуляцию воздуха.

В полировочно-шлифовальном отделении необходимо предусматривать местную вытяжную вентиляцию.

Количество воздуха, отсасываемого через укрытия типовой конструкции полировальных кругов, принимается из следующих расчетов: для матерчатых кругов  $6/d \text{ м}^3/\text{ч}$ ; для войлочных кругов  $4/d \text{ м}^3/\text{ч}$ , где  $d$  – диаметр круга, мм.

При этом скорость воздуха в открытом сечении укрытия должна быть: для матерчатых кругов – не менее 4 м/с, для войлочных кругов – не менее 3 м/с.

Системы местной вытяжной вентиляции для станков с войлочными накатанными кругами должны быть отделены от систем местной вентиляции для станков с войлочными и матерчатыми кругами.

Количество воздуха, отсасываемого от камер очистки деталей металлическим песком (дробью), принимается равным  $1000 \text{ м}^3/\text{с}$  на  $1 \text{ м}^2$  площади внутреннего горизонтального сечения камеры.

Утилизация тепла вытяжного воздуха в системах вентиляции гальванического цеха производится, как правило, системами с промежуточным теплоносителем.

При использовании тепла вентиляционного воздуха, содержащего аэрозоли, которые могут осажаться в теплоутилизаторах, следует предусматривать очистку воздуха перед поступлением в теплоутилизаторы и возможность очистки, в том числе химической, теплообменных поверхностей от загрязнений.

## 6.4 Охрана труда

6.4.1 Защитные меры при работе в условиях агрессивной кислотно-щелочной среды.

Требования безопасности должны предъявляться при подготовке поверхности перед нанесением покрытий, приготовлении и корректировании электролитов и растворов, нанесении покрытий, обработке покрытий.

При применении абразивного инструмента следует руководствоваться правилами и нормами безопасной работы:

- загрузка и возврат дроби, металлического песка или другого абразива в установках для дробеструйной очистки, включение и выключение подачи сжатого воздуха, дроби металлического песка и пульпы должны быть механизированы, применение сухого кварцевого песка для очистки деталей не допускается;

- шлифовально-полировальные станки должны быть оборудованы защитными экранами и местными отсосами, заблокированные с пусковыми механизмом станка;

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 65   |

В дробеструйных гидropескоструйных камерах необходимо предусматривать блокировку пусковых устройств с загрузочными уставками, открытие ворот гидроочистных камер должно иметь блокировку с насосами высокого давления.

Чистку и ремонт оборудования от остатков органических растворителей после обезжиривания деталей необходимо производить после продувки его воздухом или паром до полного удаления паров растворителей. При продувке должны быть включены вентиляционные устройства, предотвращающие попадание в помещение паров органических растворителей.

Приспособления (подвесы, карнизы и др.), применяемые для загрузки и выгрузки деталей при их травлении, должны быть кислотостойкими.

При работе ультразвукового оборудования необходимо полностью исключить непосредственный контакт обслуживающего персонала с рабочей жидкостью, ультразвуковым инструментом и обрабатываемыми деталями.

Растворы, приготовляемые из смеси кислот, следует выводить в порядке возрастания их плотности. Разбавляя кислоты, необходимо вливать их только в холодную воду тонкой струей при одновременном перемешивании.

Контакт хромового ангидрида с уксусной кислотой, керосином, спиртом и другими горючими жидкостями не допускается.

Отработанные растворы и электролиты перед спуском в сточные воды должны быть нейтрализованы. Шлам, содержащий токсичные вещества, должен подвергаться обезвреживанию. Полнота нейтрализации и обезвреживания подтверждается данными анализа.

Загрузку в ванны и выгрузку из них крупногабаритных и тяжелых изделий массой более 20 кг необходимо осуществлять грузоподъемными устройствами, такими как кран, тельфер и др.

Чистку ванн и другого оборудования, а также штанг, электроконтактов, анодов, анодных крючков следует производить с увлажненной поверхности.

Извлечение упавших деталей и подвесок из ванн осуществляется специальными приспособлениями или устройствами.

#### 6.4.2 Защита от шума и вибрации

Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным уровнем шума и вибрации, негативно влияющих на состояние здоровья работающих.

С точки зрения безопасности труда шум и вибрация – одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве, которые при определенных условиях могут выступать как опасные производственные факторы.

Различные механические, аэродинамические и электромагнитные явления являются причиной возникновения шумов. Механические шумы возникают при работе различных машин и механизмов и вызваны трением и соударениями составляющих их деталей, ударными процессами, используемыми в производстве (ковка, штамповка) и рядом других факторов. Аэродинамические и гидродинамические шумы возникают при течении газов и жидкостей. Электромагнитные шумы обыч-

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 66   |



но сопровождают работу различных электрических установок. Перечислим основные способы, используемые для снижения шума в производственных помещениях.

Наиболее рациональный способ уменьшения шума – снижение звуковой мощности его источника (машины, установки, агрегата и т.д.).

Этот способ борьбы с шумом носит название уменьшения шума в источнике его возникновения. Снижение механических шумов достигается улучшением конструкции машин и механизмов, заменой деталей из металлических материалов на пластмассовые, заменой ударных технологических процессов на безударные.

Основные методы защиты от вибрации делятся на две группы:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника.

Важно, чтобы собственные частоты вибрации агрегата или установки не совпадали с частотами переменных сил, вызывающих вибрацию. В противном случае может возникнуть резонанс, в результате чего резко увеличится амплитуда колебаний (виброперемещение) устройства, что может привести к его поломке или разрушению. Исключить резонансные режимы работы оборудования и тем самым снизить уровень вибрации можно либо путем изменения массы и жесткости вибрирующей системы, либо установлением нового режима работы агрегата.

Следующий метод защиты от вибрации называется вибродемпфированием (вибропоглощением), под которым понимают превращение энергии механических колебаний системы в тепловую. Это достигается использованием в конструкциях вибрирующих агрегатов специальных материалов (например, сплавов систем медь–никель, никель–титан, титан–кобальт), применением двухслойных материалов типа сталь–алюминий, сталь–медь. Высокой вибродемпфирующей способностью обладают и традиционные материалы: пластмассы, дерево, резина. Значительный эффект достигается при нанесении на колеблющиеся детали вибропоглощающих покрытий.

#### 6.4.3 Защита от электромагнитных полей

Рассмотрим основные методы защиты от электромагнитных излучений. К ним следует отнести рациональное размещение излучающих и облучаемых объектов, исключаящее или ослабляющее воздействие излучения на персонал; ограничение места и времени нахождения работающих в электромагнитном поле; защита расстоянием, т. е. удаление рабочего места от источника электромагнитных излучений; уменьшение мощности источника излучений; использование поглощающих или отражающих экранов; применение средств индивидуальной защиты и некоторые др.

Из перечисленных выше методов защиты чаще всего применяют экранирование или рабочих мест, или непосредственно источника излучения. Различают отражающие и поглощающие экраны. Первые изготавливают из материалов с низким электрическим сопротивлением, чаще всего из металлов или их сплавов (меди, латуни, алюминия и его сплавов, стали). Весьма эффективно и экономично использовать не сплошные экраны, а изготовленные из проволочной сетки или из тонкой

(толщиной 0,01–0,05 мм) алюминиевой, латунной или цинковой фольги. Хорошей экранирующей способностью обладают токопроводящие краски (в качестве токопроводящих элементов используют коллоидное серебро, порошковый графит, сажу и др.), а также металлические покрытия, нанесенные на поверхность защитного материала. Экраны должны заземляться.

Для индивидуальной защиты от электромагнитного излучения применяют специальные комбинезоны и халаты, изготовленные из металлизированной ткани (экранируют электромагнитные поля), а для защиты от действия лазера обслуживающий персонал должен работать в технологических халатах, изготовленных из хлопчатобумажной или бязевой ткани светло-зеленого или голубого цвета.

Для защиты глаз от воздействия электромагнитного излучения применяют очки, стекла которых покрыты диоксидом олова ( $\text{SnO}_2$ ), обладающим полупроводниковыми свойствами.

#### 6.4.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для создания наилучших условий труда рабочие места должны быть нормально освещены. Требуемый уровень освещенности в первую очередь определяется точностью выполняемых работ и степенью опасности травмирования.

Для характеристики точности выполняемых работ вводится понятие объекта различения – это наименьший размер рассматриваемого предмета, который необходимо различить в процессе работы.

Большое значение имеет также равномерность распределения яркости на рабочей поверхности, отсутствие на ней резких теней, постоянство величины освещенности во времени и ряд других факторов.

Все электрические элементы осветительных установок должны быть электро-, пожаро- и взрывобезопасными, экономичными и долговечными.

Для создания искусственного освещения применяются различные электрические источники света: лампы накаливания и разрядные источники света. Кратко рассмотрим основные параметры электрических источников света. К числу наиболее важных из них относятся показатели, характеризующие излучение, электрический режим и конструктивные параметры.

Излучение электрических источников света характеризуется световым потоком, силой света (силой излучения), энергетической (световой) яркостью и ее распределением, распределением излучения по спектру, а также изменением этих величин в зависимости от времени работы на переменном токе. Для характеристики цвета излучения осветительных ламп дополнительно вводятся цветовые параметры.

Электрический режим характеризуется мощностью лампы, рабочим напряжением на лампе, напряжением питания, силой тока и родом тока (постоянный, переменный с определенной частотой и др.).

К конструктивным параметрам ламп относятся их габаритные и присоединительные размеры, высота светового центра, размеры излучающего света, форма

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 68   |

колбы, ее оптические свойства (прозрачная, матированная, зеркализированная и т.д.), конструкция ввода и др.

К эксплуатационным параметрам электрических источников света относятся эффективность, надежность, экономичность и др.

#### 6.4.5 Недостаточная вентиляция рабочей зоны

При проектировании отопления и вентиляции гальванических цехов, участков или отделений предприятий следует предусматривать применение современных технологии и организации технологического процесса, включающих прогрессивные безвредные или менее вредные процессы: полное укрытие ванн и агрегатов, укрытие зеркала испарения растворов поплавками, введение добавок поверхностно-активных веществ и другие мероприятия.

Для гальванических цехов предусматривается приточно-вытяжная вентиляция из верхней зоны помещения в объеме однократного воздухообмена в 1 ч.

В помещении размерного химического травления общеобменную вентиляцию из верхней зоны помещений (непосредственно из-под кровли) следует предусматривать естественной из расчет разбавления водорода до 5 % нижнего предела взрываемости, но не менее однократного объема.

Местные отсосы от ванн следует проектировать в виде бортовых отсосов, располагаемых вдоль длинных бортов ванн. В зависимости от типа применяют местные отсосы с целью всасывания в горизонтальной плоскости с передувками или без передувки в вентилируемые укрытия ванн, а также с целью всасывания в вертикальной плоскости.

Неравномерность отсасывания воздуха бортовыми отсосами по длине ванны не должна превышать 10 %.

Бортовые отсосы должны иметь устройства для регулирования количества отсасываемого воздуха. Соединения элементов бортовых отсосов должны быть разборными, чтобы обеспечить возможность периодической их очистки от осаждающихся солей, а при необходимости и их замены.

Количество воздуха, удаляемого местными отсосами от гальванических ванн и агрегатов следует определять по скорости всасывания воздуха в открытых проемах или неплотностях (щелях).

Объем вентиляционного воздуха, удаляемого от круглых ванн кольцевыми отсосами, определяется как для квадратных ванн со стороной, равной диаметру с коэффициентов 0,8.

Для каждой линии, находящейся в цехе, необходимо иметь отдельную вытяжную систему.

В отдельные (локальные) установки следует, как правило, выделять местные отсосы от ванн для цианистых процессов, хромирования, никелирования, цинкования, операций меднения.

Локальные вентиляционные установки целесообразно делать с регулируемой производительностью: на период подъема деталей из ванны производительность вентиляционной установки должна повышаться.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |  | 69   |

## 6.5 Производственная санитария в гальваническом цехе

В гальваническом цехе используются вещества, большинство которых являются вредными. Производственные условия отличаются повышенной влажностью, значительной концентрацией вредных паров и газов, дисперсных туманов и брызг электролитов. Поэтому гальванический цех относится к вредным участкам производства, где необходимо постоянное соблюдение мер предосторожности и правил техники безопасности.

### 6.5.1 Требования охраны труда при работе на гальванических ваннах

К работе на гальванических ваннах следует приступать только после прохождения инструктажа на рабочем месте и освоения безопасных способов и приемов ее выполнения.

Все работающие в гальваническом цехе должны соблюдать следующие правила безопасности:

- выполнять только порученную работу;
- работать на исправном оборудовании, пользуясь исправными инструментами и приспособлениями;
- использовать инструмент только по его прямому назначению;
- обо всех неисправностях и возникшей во время работы опасности для окружающих (отсутствие ограждений, незаизолированные электропровода и токоведущие части оборудования, инструментов и т.д.) немедленно сообщать мастеру;
- не поднимать тяжести сверх допустимой нормы (20 кг для женщин и 50 кг для мужчин);
- в случае заболевания или даже незначительной травмы прекратить работу, сообщить мастеру и обратиться в медпункт;
- в рабочем помещении не хранить личные вещи, не принимать пищу и воду, не курить.

Перед началом работы работникам, обслуживающим линию, следует:

- надевать рабочую одежду (халат, фартук, нарукавники, резиновые сапоги и перчатки, защитные очки) в зависимости от характера выполняемой работы;
- внимательно осмотреть рабочее место и привести его в порядок: убрать все лишние предметы, разложить инструменты, приспособления, необходимые для работы материалы и детали в удобном и безопасном порядке;
- проверить, чтобы пол возле рабочего места был чистым, сухим, незагроможденным, а подвижная решетка – исправной;
- включить вентиляцию.

Во время работы необходимо:

- содержать рабочее место в чистоте и порядке, своевременно очищать его от пролитого электролита и других загрязнений;
- следить за исправностью оборудования, не допускать утечки электролитов;
- при составлении электролита кислоту добавлять к холодной воде, но не наоборот, так как это может привести к выбросу кислоты из сосуда, кислоту лить в

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 70   |

воду тонкой струей, все время тщательно перемешивая раствор (добавлять кислоту к нагретой воде не допускается);

- при приготовлении смесей кислот последней следует наливать серную кислоту;

- пролитые кислоты и щелочи должны быть немедленно нейтрализованы и убраны, при этом концентрированные кислоты обильно разбавляются водой, засыпаются мелом до полной нейтрализации, затем полученную соль сметают и убирают;

- переносить бутылки с кислотами разрешается только в исключительных случаях и на близкие расстояния, при этом бутылки переносят два человека на специальных носилках, переносить бутылку с кислотой на спине, плечах или прижатой к груди запрещается;

- попавшие на открытые части тела брызги кислого электролита необходимо смывать обильной струей воды, брызги хромового электролита – 5 %-ным раствором гипосульфата, а электролита для окисливания – водой, во всех случаях при попадании на тело кислоты или щелочи необходимо немедленно обработать пораженный участок водой (в течении 10 мин), для промывки глаз должны использовать фонтанчики, установленные на рабочих местах;

- также необходимо учитывать, что всякое предварительно протирание облитых кислотой или щелочью участков кожи только усугубляет ожог;

- во избежание падения деталей в ванну с электролитом осмотр, чистка и закрепление их в приспособлении над поверхностью ванны запрещаются;

- при извлечении деталей из ванны необходимо сделать выдержку для стекания электролита в ванну;

- штанги, подвески и аноды нужно чистить только мокрым способом, так как пыль цветных металлов ядовита и вдыхание ее может вызвать отравление;

- для извлечения деталей из ванны следует пользоваться специальными приспособлениями или инструментами – магнитами, щипцами, совками;

- кислоты и щелочи, хранящиеся в бутылках, бидонах, канистрах или бочках на складах, цеховых или заводских площадках, должны иметь бирки или этикетки с четким обозначением наименования продукта; если надпись стерлась или бирки и этикетки отсутствуют, то их нужно восстановить, для этого отбирают пробы и проводят анализ продуктов в химических лабораториях;

- случайные повреждения кожи рук необходимо немедленно защитить водонепроницаемым бинтом или обратиться в медпункт;

- спецодежду, загрязненную кислотами, щелочами и другими химическими веществами, следует немедленно снять и сдать в стирке.

После окончания работ необходимо:

- обесточить ванны, перекрыть воду и пар;

- убрать рабочее место, почистить шланги, вынуть из ванны аноды и промыть трапы и пол;

- убрать детали, приспособления и инструменты в отведенные места;

- снять спецодежду и защитные средства, почистить и сложить их;

- вымыть руки и лицо теплой водой с мылом или принять душ.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 71   |

## 6.6 Эргономика и производственная эстетика

При проектировании полиграфического оборудования необходимо, прежде всего, предусмотреть оптимальное распределение функций между человеком и машиной. Это позволяет добиться максимальной эффективности функционирования системы «человек - машина», что в конечном итоге ведет к повышению безопасности труда. При этом следует строго учитывать требования охраны труда.

Конструктор должен стремиться к созданию такого оборудования, обслуживание которого не сопровождалось бы большой нагрузкой на мышечную и нервную системы человека, не вызывало бы эмоциональной напряженности и утомляемости. Конструкция оборудования должна обеспечивать такие нагрузки, при которых энергозатраты организма в течение рабочей смены не превышали бы 1046 кДж/ч (250 ккал/ч).

Конструкция элементов оборудования, с которым человек в процессе труда вступает в контакт, должна соответствовать его антропометрическим данным. Статистические характеристики основных антропометрических признаков приведены в ГОСТ 12.2.049-80.

Все вновь проектируемое оборудование должно соответствовать требованиям технической эстетики и быть максимально приспособленным к психофизиологическим возможностям человека.

К эргономическим показателям трудового процесса связанного с обслуживанием гальванической линии, обеспечивающим максимальную эффективность, безопасность и комфортность труда, относят:

- гигиенические (факторы внешней среды - температура, физико-химический состав и скорость движения воздуха, освещенность, шум и т.п.);
- антропометрические и биомеханические, характеризующие соответствие орудий труда размерам, форме и массе тела человека, оптимальным усилиям, направлению движений и т.п.;
- физиологические и психофизиологические, устанавливающие соответствие выполнения трудовых операций скоростным, энергетическим, зрительным и другим возможностям человека;
- психологические, характеризующие соответствие трудового процесса закреплённым и формируемым навыкам, а также возможностям восприятия, памяти и мышления;
- эстетические, определяющие соответствие трудовой деятельности эстетическим потребностям человека и реализуемые в художественно-конструкторских решениях рабочих мест (орудий труда) и производственной среды.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |  | 72   |

Общие эргономические требования к производственному оборудованию регламентируются ГОСТ 12.2.049-80.

### 6.7 Пожарная и взрывобезопасность

Основными причинами пожаров на производстве являются нарушение технологического режима работы оборудования, неисправность электрооборудования, плохая подготовка оборудования к ремонту, самовозгорание различных материалов и др.

Для предотвращения пожаров и взрывов необходимо исключить возможность образования горючей и взрывоопасной среды и предотвратить появление в этой среде источников зажигания.

При проектировании промышленных предприятий следует учитывать требования пожарной безопасности. Необходимо, чтобы используемые строительные конструкции обладали требуемой огнестойкостью, т. е. способностью сохранять под действием высоких температур пожара свои рабочие функции, связанные с огнепреграждающей, теплоизолирующей или несущей способностью.

Огнепреграждающая способность строительных конструкций характеризует их стойкость к образованию трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя.

Теплоизолирующая способность конструкции зависит от их способности к прогреву. Многие строительные материалы плохо проводят тепло (обладают низкой теплопроводностью). Это объясняется тем, что они имеют пористую структуру, причем в их ячейках заключен воздух, теплопроводность которого мала. Огнестойкость по теплоизолирующей способности характеризуется повышением температуры в любой точке на необогреваемой поверхности конструкции более чем на 190°C по сравнению с ее первоначальной температурой (до нагрева).

Потеря несущей способности строительной конструкции характеризуется ее обрушением или прогибом.

Для защиты от пожара в зданиях устраивают противопожарные преграды, т. е. конструкции с нормируемым пределом огнестойкости, препятствующие распространению огня из одной части здания в другую. К этим преградам, имеющим предел огнестойкости не менее 2,5 ч, относятся стены, перегородки, перекрытия, двери, ворота, окна и др.

При проектировании и строительстве необходимо предусмотреть пути эвакуации работающих, т. е. пути, ведущие к эвакуационному выходу на случай возникновения пожара. Здания и сооружения должны быть снабжены устройствами, предназначенными для удаления дыма при пожаре: аэрационными фонарями, специальными дымовыми люками и др.

### 6.8 Экологическая безопасность

Экологическая опасность гальванического производства заключается в содержащихся в сточных водах ионах хрома, кадмия и никеля, которые обладают высоким токсичным, канцерогенным и мутагенным влиянием на живые организмы.

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | 73   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  |      |

По характеру использования воды в гальваническом производстве применяют следующие типы систем водоснабжения: прямоточную, оборотную, смешанную. В прямоточной системе отработанная в производственном процессе технологически загрязненная сточная вода после обезвреживания до требуемых предельно допустимых концентраций возвращается в естественные водоемы. В оборотной системе сточные воды после обезвреживания и очистки от загрязнений повторно возвращаются в производственный процесс.

#### 6.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

В условиях гальванического производства возможны следующие аварии и чрезвычайные ситуации: поражение электрическим током, утечка электролита из ванны хромирования, возникновение пожара в цехе.

Гальванические цехи относятся к особо опасным помещениям. Помещения особо опасные характеризуются наличием химически агрессивной среды, особой сырости или двух и более условий повышенной опасности.

Для предупреждения возможности поражения человека электрическим током необходимо изолировать токоведущие части, по возможности размещать их на высоте, ограждать корпуса оборудования и др.

Первая помощь пострадавшему от действия напряжения состоит в немедленном освобождении его от действия тока и оказании ему медицинской помощи. Для этого надо выключить напряжение, так как прикасаться к пострадавшему, находящемуся под действием тока нельзя. Если отключить установку нельзя, то необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей. В установках о 1000 В следует использовать сухие изолирующие предметы. При напряжении более 1000 В следует предусмотреть индивидуальные меры защиты. такие как:

- диэлектрические боты;
- диэлектрические перчатки;
- диэлектрические клещи.

С целью быстрого обесточивания токоведущих частей необходимо предусмотреть средства аварийного отключения участков высокого напряжения.

Также опасными факторами являются ванны хромирования, травления и активации. Для уменьшения поражения работников химически опасными веществами следует предусмотреть специальные средства защиты, такие как:

- химические перчатки;
- хмостойкий фартук;
- респиратор;
- хмостойкие очки.

При возникновении чрезвычайных ситуаций решается комплекс специальных задач по ликвидации их последствий, важнейшим из которых является проведение спасательных и других неотложных работ, направленных на спасение жизни и сохранение здоровья людей, на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для нее опасных факторов.



Крупные аварии и катастрофы могут возникать в результате стихийного бедствия, а также нарушения технологии производства, правил эксплуатации машин, оборудования и установленных мер безопасности.

Мероприятия гражданской обороны разрабатываются для цеха, который находится на территории ООО «НПП Электрохимия». Здесь могут возникнуть такие чрезвычайные ситуации, как пожар в лаборатории, так и во всем здании, подтопление здания.

В аварийных ситуациях важной задачей является организация своевременного оповещения об аварии. Каждый работник лаборатории должен уметь вызвать пожарную команду. Для ликвидации аварий и последствий стихийных бедствий в первую очередь привлекаются специальные подразделения (пожарные, спасатели, врачи и так далее). В случае необходимости могут привлекаться и формирования гражданской обороны, основная задача которых – спасение людей и материальных ценностей.

Ответственным за оповещение работников лаборатории и их эвакуацию при поступлении информации о чрезвычайной ситуации является мастер цеха. В целях оказания помощи пострадавшим лицам в цехе находится аптечка со средствами первой помощи. При наличии сигнала тревоги необходимо отключить оборудование цеха, свет, чтобы не допустить аварийных ситуаций при коротком замыкании или обрыве токоведущих частей. При выходе из цеха необходимо проверить отсутствие там людей, после чего закрыть дверь с целью исключения проникновения посторонних лиц. Далее необходимо покинуть цех согласно планам эвакуации, которые находятся на каждом этаже здания.

## 6.10 Выводы

В ходе анализа опасных опасностей были выявлены следующие вредные для здоровья производственные факторы: агрессивная кислотно-щелочная среда, шум и вибрация, электромагнитные поля, пожаро- и взрывоопасность, недостаточная освещенность рабочей зоны, недостаточная вентиляция рабочей зоны. Для устранения опасных факторов разработаны мероприятия. При работе в условиях кислотной среды необходимо руководствоваться правилами и нормами безопасной работы. Для уменьшения воздействия шума необходимо снижение звуковой мощности его источника. В случае, когда освещенность рабочей зоны недостаточная, применяются источники искусственного освещения, а именно различные электрические источники света: лампы накаливания и разрядные источники света. Защита от электромагнитных полей характеризуется рациональным размещением излучающих и облучающих объектов, исключение или ослабление воздействия излучения на персонал, ограничением места и времени нахождения работающих в электромагнитном поле, защита расстоянием, т. е. удалением рабочего места от источника электромагнитных излучений, уменьшением мощности источника излучений, использованием поглощающих или отражающих экранов, применением средств индивидуальной защиты. Для предотвращения пожаров и взрывов необходимо исключить возможность образования горючей и взрывоопасной среды

|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ |  |  |  | 75   |

и предотвратить появление в этой среде источников зажигания. Для устранения фактора недостаточной вентиляции рабочей зоны необходим комплекс мероприятий по расположению нужного количества вытяжных установок. Также для безопасности жизнедеятельности рабочего персонала при работе в гальваническом цехе разработаны правила охраны труда, включающие в себя нормы и правила безопасности по охране труда. При авариях и чрезвычайных ситуациях разработаны мероприятия по действию работников в подобных условиях.

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |          |         |      |                            | Лист |
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2017.533.00.00 ПЗ | 76   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                            |      |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе было проведено сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений. Отечественные манипуляторы имеют преимущества перед зарубежными, так как обладают более низкой стоимостью, а также более удобны для ремонта и обслуживания, что сокращает время простоя при ремонте. Зарубежное электрооборудование более надежно, удобно по сравнению с отечественными, и потому является более предпочтительным при выборе.

Для постановки технического задания была описана гальваническая линия хромирования, а также оборудование цеха и технологический процесс, по которому происходит покрытие металлических деталей. Для подъема и опускания технологического спутника необходим асинхронный двигатель, поскольку имеется трехфазная сеть переменного тока, что исключает подключение специального оборудования. Также для разработки системы автоматического регулирования необходим выбор специализированного электрооборудования и микроконтроллера.

Также в данной работе в ходе расчета определяется необходимая мощность тягового двигателя, которая необходима для подъема максимально загруженного подвеса. Был выбран двигатель АИР80В4, имеющий запас по крутящему на валу моменту 15%, а также подобран механический тормоз ТКТ-100, обеспечивающий остановку подвеса в технологической позиции и имеющий 30% запас по тормозному моменту.

Далее в проекте была разработана алгоритм работы системы автоматического регулирования процесса хромирования гальванической линии АГЛ-425 на базе программируемого микроконтроллера DirectLOGIC 06. По алгоритму работы были подобраны необходимые датчики.

При расчете себестоимости был посчитан экономический эффект от внедрения данной разработки на предприятие, который равняется 203940 рублям.

Также в данной выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы охраны труда и экологической безопасности.

|      |      |          |         |      |                          |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 130302.2017.171.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                          | 77   |

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Чернавский, С.А. Курсовое проектирование деталей машин: учебное пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / А.С. Чернавский, К.Н. Бонаков. М: Машиностроение, 1988. - 416 с.
- 2 Зубченко, В.Л. Гибкие автоматизированные гальванические линии: Справочник / В.Л. Зубченко, В.И. Захаров, М.В. Рогов. М: Машиностроение, 1989. - 672 с.
- 3 Вячеславов, П.М. Хромирование / П.М. Вячеславов. Л.: Машиностроение, 1984. - 97 с.
- 4 Линия механизированная хромирования АГЛ-425. Руководство по эксплуатации 10.1037.00.000 РЭ. 1985. - 49 с.
- 5 Зальцман, Л.Г. Спутник гальваника / Л.Г. Зальцман, С.М. Черная, 1989. - 191 с.
- 6 Шлугер, М.А. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник в 2-х томах / М.А. Шлугер, Л.Д. Ток, 1985. - 248 с.
- 7 Каданер, Л.И. Справочник по гальванике / Л.И. Каданер, 1976. - 254 с.
- 8 Мельников, П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении / М.: Машиностроение. П.С. Мельников, 1979. – 296 с.
- 9 Справочное руководство по гальванотехнике / Перев. с нем. А.И. Коротин. Изд-во «Металлургия», 1969. – 418 с.
- 10 Гинберг, А.М. Гальванотехника: справочник / под ред. А.М. Гинберг, - М.: Машиностроение, 1987. - 738 с.
- 11 Кравчик, А.Э. Асинхронные двигатели: справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, 1982. - 504 с.
- 12 Оборудование для гальванических производств KraftPowercon. - [http://www.kraftelektronik.se/Sidor\\_Russia/315\\_flexKraft.asp](http://www.kraftelektronik.se/Sidor_Russia/315_flexKraft.asp)
- 13 Промышленная автоматизация. Микроконтроллеры DirectLOGIC. - [http://www.plcsystems.ru/catalog/DirectLOGIC\\_2](http://www.plcsystems.ru/catalog/DirectLOGIC_2)
- 14 Неклюдов, И.И. Контроллеры DirectLOGIC. Основы программирования. ПЛК Системы / М., 2009. - 131 с.
- 15 Экономика предприятия: Учебник для вузов. 4-е изд. / под ред. Акад. В.М. Семенова – СПб.: Питер, 2007. – 384 с.
- 16 Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. и др.; Под общ. ред. Белова С.В. 3-е изд., испр и доп. – М.: Высшая школа, 2001
- 17 Трофимова С.Н., Чуманов В.И., Шишимиров В.А. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. Челябинск, 2003
- 18 Арустамов Э.А. Безопасность жизнедеятельности. М.: Издательский дом «Дашков и К», 2001
- 19 Трофимова С.Н., Павлова Т.В., Литвиненко Т.Н. Экология. Курс лекций. Ч.1. Челябинск, 2002

|      |      |          |         |      |                          |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 130302.2017.171.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                          | 78   |