Содержание

Введение

1. Литературный обзор

1.1 Классификация и предъявляемые требования

1.2 Известные конструкции исполнительных механизмов и их устройств управления

## 2. Анализ технического задания

2.1 Назначение и общая характеристика устройства управления газонатекателями

2.2 Требования к конструкции устройства управления газонатекателями

3. Выбор и обоснование компоновочной схемы, метода и принципа конструирования

4. Выбор и обоснование конструктивных материалов и комплектующих изделий

5. Конструкторские расчеты

5.1 Компоновочный расчет устройства

5.2 Расчет показателей надежности устройства

5.3 Расчет теплового режима устройства

5.4 Расчет конструкторско-технологических параметров печатной платы. Выбор и обоснование метода ее изготовления

* 1. Расчет параметров печатного монтажа.

5.6 Расчет конструкции на виброзащищенность

5.7Проектирование и расчет катушки газонатекателя

6. Технологическая часть

6.1 Расчет комплексного показателя технологичности печатных плат

6.2 Выбор технологического оборудования, разработка и оптимизация маршрутной технологии, проектирование процесса сборки печатных плат

6.3 Разработка технологической схемы сборки печатной платы

# 7. Технико–экономическое обоснование конструкции

7.1 Расчет себестоимости и отпускной цены единицы продукции

7.2 Расчёт единовременных затрат

8. Охрана труда, техника безопасности охрана окружающей среды

8.1 Понятие охраны труда и ее социально-экономическое значение

8.2 Организация безопасности эксплуатации проектируемого устройства

8.3 Режим рабочего времени и времени отдыха обслуживающего персонала

Заключение

Введение

Целью данного проекта является разработка конструкции функционально законченного устройства управления газонатекателями при магнетронном распылении. Разработка данного устройства вызвана необходимостью повысить производительность труда на этапе регулировки расхода газа в вакуумном оборудовании, предназначенного для нанесения пленочных покрытий на электронные и оптические изделия. В данной конструкции, по сравнению с аналогичными приборами, устранен ряд недостатков:

* упрощен процесс регулирования расхода газа, конструкция газонатекателя и электрическая схема электронного блока;
* повышена точность, скорость регулировки расхода газа поступающего в вакуумный объем защищенность от климатических и механических факторов;

В ходе дипломного проектирования решаются следующие задачи:

1. проводится анализ технического задания;

2) анализируется схема электрическая принципиальная;

1. обосновывается элементная база и материалы проектируемого изделия;
2. разрабатывается внутренняя компоновка устройства;

5) проводятся расчеты, подтверждающие работоспособность устройства (некоторые с помощью ЭВМ);

6) выбирается метод монтажа РЭА;

7) на этапе разработки конструкции печатной платы выполняются расчеты;

8) производится выбор и обоснование допусков на несущие конструкции;

9) оценивается технологичность изделия и определяется технологический процесс сборки;

10) экономически обосновывается целесообразность изготовления устройства;

1. с точки зрения охраны труда и экологической безопасности оцениваются эстетические и эргономические показатели разработанного устройства.

Решив все приведенные выше задачи необходимо проанализировать полученные по всем пунктам результаты и сделать окончательный вывод необходимости внедрения проектируемого устройства.

1. Литературный обзор

* 1. Классификация и предъявляемые требования

Регуляторы расхода газа представляет собой комплекс функциональных средств вакуумных систем, предназначенных для регулирования газовых потоков, создания дозированных потоков газа, стабилизации давления газов в вакуумных системах и камерах, аварийной защиты вакуумных систем при разгерметизации, коммутации системы многопозиционной последовательной откачки и т. д.

Для регулирования газовых потоков используют вакуумные натекатели, классифицированные по ряду признаков конструктивного и эксплуатационного характера. В конструктивном отношении натекатели подразделяют на угловые и проходные, по типу привода — на электромеханические, электромагнитные и электропневматические. В угловых натекателях газовый поток меняет направление, встречая препятствие в виде уплотнительного клапана и стенок корпуса, в проходных — направление потока не меняется. В проходных клапанах отверстия полностью освобождены от уплотнительного диска.

Газовый поток Q∑, выделяющийся из основных элементов натекателей, можно представить в виде суммы потоков:

Q∑=QH+QГ+QП+QМ,

где QH — поток, натекающий через механический вакуумный ввод, разъемные и неразъемные вакуумные соединения; QГ — поток, формирующийся газопроницаемостыо через стенки и уплотнения натекателя; QП— поток, создаваемый газовыделением с поверхностей натекателя, обращенных в вакуум; QМ—молекулярный газовый поток из диффузионно-щелевых каналов, образующихся при сборке натекателя.

Для уменьшения суммарного газового потока следует применять соответствующие конструктивные средства, снижающие потоки QП и QМ. а также выбирать наиболее целесообразные конструкционные материалы для каждого из двух указанных диапазонов давлений в целях снижения потоков QГ и QП. В качестве конструкционных материалов натекателя используют алюминиевые сплавы Амг 6, дюралюминий, сталь 20 с антикоррозионными металлическими покрытиями. В качестве уплотнительных элементов в этом случае чаще всего применяют вакуумную резину 9024.

Основными требования предъявляемые к газонатекателям, являются:

* степень герметичности, определяемая потоком натекания газа через уплотнительную пару, которая в зависимости от эксплуатационных требований лежит в пределах 10-7 — 10-11 Па\*м3/с;
* проводимость в открытом положении, определяемая отношением потока газа Q, проходящего через полость вакуумного клапана, к разности давлении р1- p2 на его входном и выходном отверстиях;
* быстродействие, определяемое временем герметичного перекрытия;
* ресурс работы, определяемый числом циклов перекрытия уплотнительной пары с обеспечением заданной степени герметичности;

Последнее требование может быть удовлетворено при наличии системы, следящей за постоянством контактного давления, зависящего от неизбежно возникающих в процессе нагрева термических деформации. Стабилизация рабочего усилия в заданных пределах может быть достигнута механическими, пневматическими или гидравлическими компенсирующими устройствами.

Важным требованием, предъявляемым к современным газонатекателям, является быстродействие перерегулирования расхода газа, наличие автоматического привода с дистанционным управлением и сигнализацией открытого и закрытого положений натекателя.

1.2 Известные конструкции исполнительных механизмов и их устройств управления

РЕГУЛЯТОР РАСХОДА ГАЗА (РРГ-1). Представляет собой систему автоматического регулирования расхода газа, имеющий аналоговый выходной сигнал, пропорциональный расходу газа. В основе работы измерительной части регулятора лежит принцип теплового измерения массового расхода газа. Работа регулирующей части основана на принципе изменения площади проходного сечения газового канала. Регулятор состоит из блока газового и блока электронного соединенных электрическим кабелем. Структурная схема регулятора приведена на рисунке 1.1.

В блоке газовом находится измерительная часть регулятора, состоящая из термоэлемента и системы давления газового потока, и регулирующая часть, состоящая из элемента с переменным проходным сечением с электромеханическим приводом.

Термоэлемент преобразует расход газа в пропорциональный сигнал постоянного тока. При отсутствии потока газа нагреваются проходящим через них током до одной и той же температуры. При появлении расхода газа первый по ходу газа терморезистор охлаждается газом и, следовательно, подогревает газ, поэтому второй охлаждается в меньшей степени, чем первый.

Структурная схема регулятора расхода газа

#### **Вход газа**

##### **Блок электро**нный

##### 

**Áëîê ãàçîâûé**

### **Чувствительный**

**ýëåìåíò (òåðìîýëåìåíò)**

Аналогвый

**Измеритель расхода (усилитель)**

###### выход 0..10В

**Усилитель обратной связи (сервоусилитель)**

**Регулирующий элемент**

внешнее задание

рахода 0..5В

+15В

Áëîê ïèòàíèÿ (ñòàáèëèçàòîð)

-15В

+9В

-9В

#### **Выход газа**

общий

Рис. 1.1

Регулирующая часть блока газового состоит из плунжера с клиновидной канавкой, поступательно перемещающегося во фторопластовой втулке.

В электронном блоке размещены силовой трансформатор, стабилизатор, усилитель выходной, сервоусилитель и остальные элементы смонтированных на печатной плате. С выходного усилителя сигнал постоянного напряжения поступает на индикаторный прибор, расположенный на передней панели блока электронного, на разъем Ш1 для подключения внешнего вольтметра и на вход усилителя, в котором он сравнивается с напряжением от внутреннего или внешнего источника задания. Разность этих напряжений усиливается сервоусилителем и подается на электродвигатель регулирующего элемента, изменяя расход газа таким образом, чтобы сигнал с выходного усилителя равнялся напряжению задания.

При работе с газоанализаторами, испытаниях вакуумной аппаратуры, а также для технологических целей часто требуется плавное регулирование давления рабочего газа. Это необходимо, например, при проведении эффективной и качественной очистки подложек в тлеющем разряде, при осуществлении процесса магнетронного распыления и т. д. В этих случаях применяют натекатели.

ВАКУУМНЫЙ НАТЕКАТЕЛЬ . Изобретение относится к оборудованию вакуумных приборов и может быть использовано для герметичного перекрытия и открытия потока газа. Достигаемый изобретением технический результат - это создание вакуумного натекателя, обладающего более простой конструкцией и более высокой надежностью в эксплуатации. Вакуумный натекатель содержит установочную опору, запорный орган и связывающий их привод перемещения запорного органа, выполненный в виде сильфона, закрепленного на опоре и подключенного к источнику подачи текучей среды под давлением. Сильфон снабжен направляющей перемещения, выполненной в виде гибкой связи, закрепленной одним концом на опоре, а другим на запорном органе в плоскости, проходящей через оси сильфона и отверстия натекателя со смещением в сторону последнего. Гибкая связь имеет длину, равную расстоянию между точками крепления при полной герметизации натекателя, и может быть расположена как внутри, так и снаружи натекателя.

Вакуумный натекатель

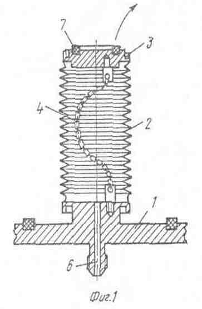


Рис. 1.2

Известен манипулятор для открытия и закрытия потока газа поступающего в вакуумный объем, содержащий установочную опору, запорный орган и связывающий их привод перемещения запорного органа, выполненный в виде сильфона, закрепленного на опоре и подключенного к источнику подачи текучей среды под давлением.

Указанное техническое решение является наиболее близким к предлагаемому по технической сущности к достигаемому результату. Однако известное устройство имеет сложную конструкцию и не обеспечивает достаточной надежности герметизации.

Конкретный технический результат, который может быть получен при осуществлении изобретения, заключается в упрощении конструкции вакуумного натекателя и повышении надежности его в эксплуатации.

Указанный технический результат достигаемый тем, что в известной конструкции вакуумного натекателя сильфон снабжен направляющей перемещения, выполненной в виде гибкой связи, закрепленной одним концом на опоре, а другим на запорном органе в плоскости, проходящей через оси сильфона и отверстия затвора со смещением в его сторону. Гибкая связь имеет длину, равную расстоянию между точками крепления при полной герметизации натекателя. Кроме того, гибкая связь может быть расположена как внутри, так и снаружи сильфона.

Примером промышленной применимости является вакуумный натекатель, представленный на рисунке 1.3 (а, б, в).

На рисунке 1.3 (а) изображен вакуумный затвор в разрезе до подачи в сильфон текучей среды под давлением; на рисунке 1.3 (б)- вакуумный натекатель в разрезе после подачи текучей среды и деформации сильфона до полного натяжения гибкой связи; на рисунке 1.3 (в) - вакуумный натекатель в разрезе в положении полной герметизации его запорным органом; на рисунке 1.3 вакуумный натекатель в разрезе в варианте расположения гибкой связи снаружи сильфона.

Вакуумный натекатель содержит опору 1. На опоре закреплен сильфон 2 с запорным органом 3. Сильфон снабжен направляющей перемещения запорного органа, выполненной в виде гибкой связи 4. Одним концом гибкая связь закреплена на опоре, а другим - на запорном органе в плоскости, проходящей через оси сильфона и отверстия 5 затвор натекателя со смещением в сторону отверстия.

Гибкая связь имеет длину, равную расстоянию между точками крепления при полной герметизации затвора.

Сама гибкая связь может быть расположена как внутри (рисунок 1.2), так и снаружи (рисунок 1.3) сильфона. Сильфон подключен к источнику подачи текучей среды под давлением через магистраль б. Запорный орган снабжен уплотнением 7.

Вакуумный натекатель работает следующим образом. Установочная опора 1 крепится вблизи отверстия 5 натекателя вакуумного объема так, чтобы оси сильфона и отверстия находились в одной плоскости и в этой же плоскости находились точки крепления гибкой связи 4 к опоре и запорному органу 3. При этом гибкая связь не зафиксирована на одной из точек крепления. Расстояние от сильфона до стенки вакуумного объема с перекрываемым отверстием должно быть таким, чтобы при подачи в сильфон текучей среды под давлением и изменении формы сильфона с изгибанием его в сторону отверстия за счет натяжения гибкой связи запорный орган своим уплотнением 7 надежно герметизировал отверстие в вакуумном объеме. При подаче текучей среды в сильфон гибкая связь полностью натягивается, и ее свободный конец фиксируется в этом положении.

После стравливания текучей среды из сильфона вакуумный натекатель готов к работе в автоматическом режиме. При подаче давления сильфон удлиняется, перемещая запорный орган 3 по прямой до полного натяжения гибкой связи 4.

После этого траектория перемещения запорного органа становится криволинейной и определяется длиной гибкой связи. Перемещение запорного органа заканчивается, когда запорный орган своим уплотнением 7 полностью герметизирует отверстие 5 вакуумного объема.

Отключение подачи текучей среды в сильфон приводит к возвращению сильфона в первоначальное положение и отводу запорного органа от отверстия в вакуумном объеме. Благодаря снабжению сильфона направляющей перемещения, выполненной в виде гибкой связи, закрепленной одним концом на опоре, а другим - на запорном органе в плоскости, проходящей через оси сильфона и затвора со смещением в его сторону, и тому, что гибкая связь имеет длину, равную расстоянию между точками крепления при полной герметизации затвора, достигается упрощение конструкции вакуумного натекателя и повышение надежности его в эксплуатации.

Существующие разновидности вакуумных натекателей:

а). Вакуумный натекатель, содержащий установочную опору, запорный орган и связывающий их привод перемещения запорного органа, выполненный в виде сильфона, закрепленного на опоре и подключенного к источнику подачи текучей среды под давлением, отличающийся тем, что сильфон снабжен направляющей перемещения, выполненной в виде гибкой связи, имеющей длину, равную расстоянию между точками крепления при полной герметизации натекатель и закрепленной одним концом на опоре, а другим на запорном органе в плоскости, проходящей через оси сильфона и отверстия натекателя со смещением в сторону последнего.

б). Натекатель по п. а, отличающийся тем, что гибкая связь расположена внутри сильфона.

в). Натекатель по п. б, отличающийся тем, что гибкая связь расположена снаружи сильфона.

Вакуумный натекатель

а)б)

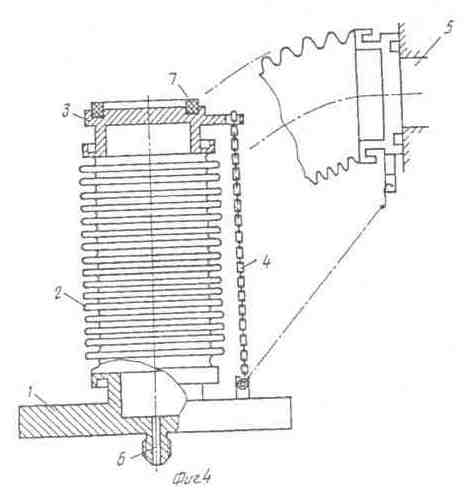
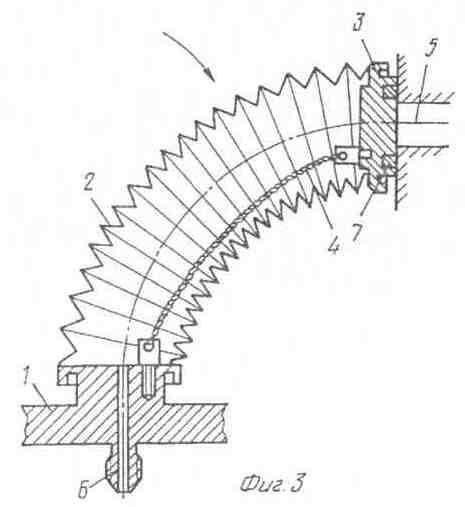
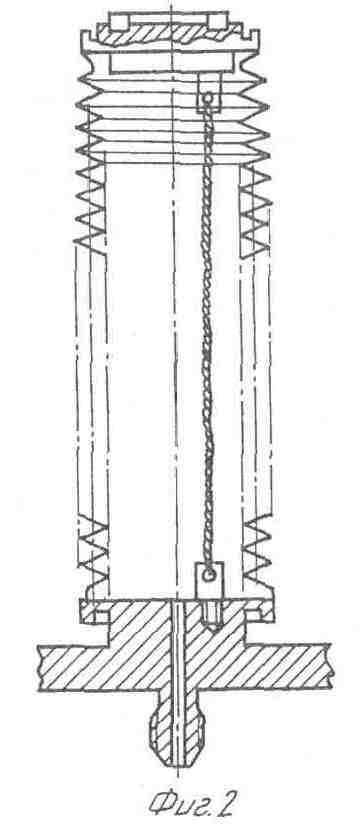


Рис. 1.3

3. Одна из конструкции натекателя показана на рисунке 1.4. Клапан 1 натекателя изготовлен из твердой стали в виде длинной иглы конической формы. Коническая поверхность клапана выполнена с высокой чистотой. Герметичность обеспечивается плотным прилеганием клапана к конической поверхности седла 5, изготовленного из мягкого материала (свинца, фторопласта, меди).

При медленном повороте головки 2 игла перемещается в результате винтового перемещения штока 4 в резьбе гайки 3. Таким образом осуществляется плавное регулирование потока газа, пропускаемого натекателем.

Натекатель

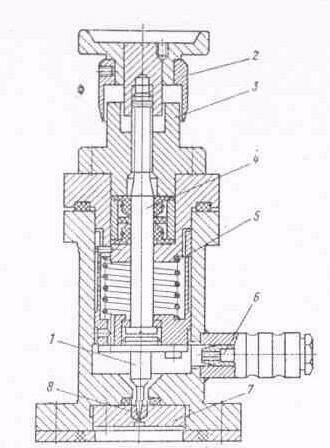


Рис. 1.4

Для устранения мертвого хода в конструкции натекателя предусмотрена пружина 5. Она устраняет влияние зазоров в резьбе на точность перемещения штока и обеспечивает плавность его движения в осевом направлении. Строгая соосность иглы и седла, необходимая для плавного регулирования, обеспечивается установкой шайбы 7, в которой расположено седло.

Натекатель со стороны атмосферы имеет фильтр 6, установленный на патрубке, через который можно подавать любой газ в рабочую камеру.

4. Кроме рассмотренных, применяют и другие виды натекателей.

Схема диффузионного натекателя

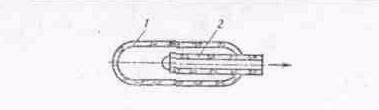


Рис. 1.5

На рисунке 1.5 показана схема диффузионного натекателя, принцип действия которого основан па значительной и постоянной во времени диффузии газа через трубку 2, герметично введенную в баллон 1, заполненный газом. Для гелиевого диффузионного натекателя, например, используют кварцевую трубку 2, впаянную в стеклянный баллон.

В основе действия термодиффузионных натекателей (рисунок 1.6) лежит явление избирательной диффузии газов через некоторые материалы при нагреве. Если один конец палладиевой трубки 1 (другой закрыт) спаять через какой-либо переход со стеклянным баллоном 2, то ее можно использовать как фильтр, пропускающий только чистый водород. Последний диффундирует через стенки трубки./, нагретой нагревателем 3 до температуры выше 750 К. Для этой цели можно использовать также никель, железо, платину, хотя скорость диффузии водорода через эти материалы значительно меньше, чем через палладий.

Схема термодиффузионного натекателя

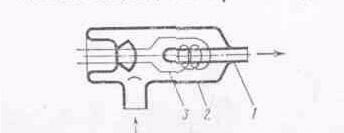


Рис. 1.6

5.Широко применяют вакуумные газонатекатели типа ГНПУ (газонатекатель пневматический угловой) с электропневматическим приводом для герметичного перекрытия коммуникаций и диапазоне давлении 10 -5—10-4 Па. На рисунке 1.7 показана конструкция углового натекателя.

При открытии клапана через золотниковое устройство 9 поступает поток газа, который, воздействуя на поршень 2 цилиндра 3, поднимает диск 7 с уплотняющей резиновой прокладкой 8. В крайнем положении штока 4, герметично уплотненного снльфоном 6, конечный выключатель 1 подает сигнал об открытии клапана.

Для закрытия клапана подастся ток на электромагнитное золотниковое устройство 9, которое выпускает поток газа, и шток 4 с диском 7 под воздействием пружины 5 опускается вниз, герметично уплотняя прокладкой 8 седло клапана.

Конструктивная схема вакуумного газнатекателя типа ГНПУ

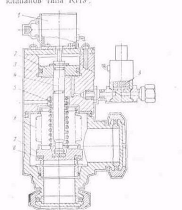


Рис. 1.6.

Средний ресурс работы газнатекателей ГНПУ не менее 100 тыс. циклов при гарантированном потоке газа через уплотнительную пару не более 6,65\*10-3 Па\*м3/с и наработке на отказ не менее 1 тыс. циклов. Электропневматический привод обеспечивает работу натекателей в любом пространственном положении.

Универсальные вакуумные натекатели тина НЭУн (натекатель электромеханический универсальный) с электромеханическим приводом имеют комбинированный (прямой и угловой) проход и предназначены для регулирования расхода газа.

Натекатели этого типа устроены так, что на больших перемещениях при открытии и перекрытии проходных отверстии для обеспечения выигрыша по времени осуществляется быстрое перемещение уплотнительного органа (реализуется механизм с передаточным отношением, рапным единице), а на малых перемещениях при герметизации уплотнительной пары для обеспечения выигрыша в силе реализуется механизм с возможно меньшим передаточным отношением.

В ходе аналитического обзора было выяснено, что устройства управления газонатекателями имеют ряд недостатков: устройства не обладают возможностью быстро регулировать расход газа, т.к. они управляются вручную или электродвигателями имеющих остаточное движение после их выключения, маленькая надежность, плохая ремонтопригодность, экономически не выгодны.

С такими недостатками данные устройства не получили большое распространение и популярность на заводах, предприятиях и фирмах. Поэтому возникла необходимость разработать более совершенное устройство управления газонатекателями с устраненными перечисленными выше недостатками.

1. Анализ технического задания

2.1 Назначение и общая характеристика устройства управления газонатекателями при магнетронном распылении

# Устройство управления газонатекателями предназначено для регулирования расхода газа в технологическом оборудовании для производства изделий электронной промышленности. Состоят они из блока газового и электронного. Устройство управления газонатекателями относятся к изделиям второго порядка по ГОСТ 12997-84.

# По защищенности от воздействия окружающей среды газонатекаели относятся к исполнению обыкновенному по ГОСТ 12997-84 для работы при температурах от +100 до +400 С, относительной влажности воздуха до 75 ٪, атмосферном давлении от 0.08 до 0.11 Мпа (от 630 до 800 мм рт.ст.). По устойчивости к механическим воздействиям газонатекатели относятся к виброустойчивому исполнению. Рабочее положение газовых блоков устройства горизонтальное с допускаемым отклонением ± 10. Избыточное давление газа, подаваемое на газонатекатели, -0.1 Мпа (1кгс/см2). Температура рабочего газа в диопозоне от +10 до +400 С. Различие между температурой окружающей среды не более ± 20 С.

Устройство управления газонатекателями имеет выходной сигнал напряжения постоянного тока, который в диапазоне от 0 до 10 В пропорционален расходу газа и может быть подан на нагрузку не менее 2 кОм. Максимальное значение выходного сигнала при перегрузке по расходу газа +14В. Выходной электрический сигнал устройства соответствует ГОСТ 26.011-80. Питание устройство управления газонатекателями от однофазной сети переменного тока напряжением 220В, частотой (50±1)Гц. Коэффициэнт гармоник до 5 ٪.

2.2 Требования к конструкции устройства управления газонатекателями при магнетронном распылении.

1. Габаритные размеры и масса составных частей, входящих в устройство управления газонатекателями приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Габаритные размеры и масса составных частей устройства

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование составной части | Габаритные размеры, мм. | | | Масса, кг. |
| длинна | ширина | высота |
| Блок электронный | 265 | 260 | 65 | 2.7 |
| Блок газовый | 174 | 154 | 49 | 1.9 |

1. Внешний вид устройства соответствует требованиям, приведенным в ОСТ 11 093.000-77. На внешних поверхностях регуляторов отсутствую коробления, вмятины, прогибы и другие дефекты, видимые невооруженным глазом.
2. Максимальная электрическая мощность, потребляемая устройством, не более 20 ВА.
3. Индивидуальная статическая характеристика преобразования расхода газа – монотонно-возрастающая функция выходного напряжения от расхода газа и лежит в области, ограниченной ломанными линиями, проходящими через точки с координатами, приведенными в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Индивидуальная статическая характеристика преобразования расхода газа

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Расход газа Q,٪ | Выходное напряжение UВЫХ,В | Расход газа Q,٪ | Выходное напряжение UВЫХ,В |
| 5 | 0.1-1.0 | 60 | 4.0-7.5 |
| 10 | 0.1-1.8 | 70 | 5.1-7.9 |
| 20 | 0.5-3.0 | 80 | 6.6-8.8 |
| 30 | 1.0-4.0 | 90 | 8.1-9.6 |
| 40 | 2.0-5.5 | 100 | 9.8-10.2 |

1. Пределы допускаемых значений систематической составляющей приведенной основной погрешности преобразования расхода газа γСД равны ± 1.4٪ от QВП. Пределы допускаемых значений среднего квадратического отклонения случайной составляющей приведенной основной погрешности преобразования расхода газа ςД равны 0.5٪ от QВП. Аппроксимация функции распределения – равномерный закон.
2. В режиме регулирования UВЫХ=(2UЗАД ± 0.1)В. Нижняя граница диапазона изменения UВЫХ в режиме регулирования не более 0.1 В
3. Пределы допускаемых значений систематической составляющей приведенной основной погрешности регулирования расхода газа γСРД равны ± 1٪ от QВП. Пределы допускаемых значений среднего квадратического отклонения случайной составляющей приведенной основной погрешности преобразования расхода газа ςРД равны 0.5٪ от QВП. Аппроксимация функции распределения – равномерный закон.
4. Время установления рабочего режима не более 1 ч.
5. Пределы допускаемых значений дополнительной приведенной систематической составляющей погрешности преобразования расхода газа, вызванной изменением температуры окружающего воздуха и рабочего газа от значения + 200 С на каждые 100 С в интервале рабочих температур, не более ± 4٪ от QВП.
6. Пределы допускаемых значений дополнительной приведенной систематической составляющей погрешности регулирования расхода газа, вызванной изменением температуры окружающего воздуха и рабочего газа от значения + 200 С на каждые 100 С в интервале рабочих температур, не более ± 1٪ от QВП.
7. Пределы допускаемых значений дополнительной приведенной систематической составляющей погрешности преобразования расхода газа, вызванной изменением избыточного газа от 0.07 до 0.1Мпа, не более ± 2٪ от QВП.
8. Время установления UВЫХ при скачкообразном изменении напряжения задания расхода газа от 1 до 4 В не более 25 с.
9. Удельная потребляемая мощность устройства управления не более 40 ВА.
10. Удельная материалоемкость устройства управления не более 12.8кг.

Показатели надежности при доверительной вероятности P=0.8 в соответствии с ГОСТ 27.003-83 следующие:

1. Средняя наработка на отказ, Т, не менее 3000 ч.
2. установленная безотказная наработка, ТУ,не менее 360 ч.
3. Коэффициэнт готовности, КГ=0.99.
4. Установленный срок службы не менее 2.4 года.
5. Полный средний срок службы не менее 6 лет.
6. Блоки газовые устройства герметичны при избыточном давлении гелия 0.12 Мпа
7. Пределы допускаемых значений составляющих погрешности преобразования расхода газа и другие технические характеристики устройства определены в нормальных условиях.

Нормальные условия следующие:

* + 1. температура окружающего воздуха (+20 ± 2)0 С;
    2. относительная влажность от 30 до 80٪;
    3. атмосферное давление от 0.08 до 0.11 Мпа;
    4. отклонение напряжения питания от номинального значения от -15 до +10٪, коэффициент гармоник до 5٪;
    5. внешние электрические и магнитные поля отсутствуют;
    6. рабочее положение блока газового горизонтальное с допускаемым отклонением ± 10;
    7. вибрация с частотой до 25 ГЦ с амплитудой виброперемещений не более 0.1 мм;
    8. рабочий газ азот особой частоты по ГОСТ 9293-74;
    9. избыточное давление рабочего газа (0.07 ± 0.005) Мпа;
    10. температура рабочего газа (+20 ± 2)0 С;
    11. различие между температурой рабочего газа и температурой окружающего воздуха не более ± 20 С;
    12. значение сопративления нагрузки не менее 2 кОм;
    13. время установления рабочего режима 1 ч.

3. Выбор и обоснование компоновочной схемы, метода и принципа конструирования

Разрабатываемое устройство управления гаонатекателями относится к стандартной аппаратуре, которая работает в специальных помещениях: лабораториях и т.п., где создаются условия, обеспечивающие продолжительную и надежную эксплуатацию.

Компоновочные схемы блоков определяются количеством и видом составляющих элементов (модульных узлов) и их расположением .

Разрабатываемое устройство представляет собой одноплатную конструкцию. Преимуществом такой компоновочной схемы являются:

* минимальное число деталей конструкции;
* хорошая ремонтопригодность;
* минимальные габариты изделия.

Существует несколько методов конструирования. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

Геометрический метод. В его основу положена структура геометрических и кинематических связей между деталями, представляющая собой систему опорных точек, число и размеры которых зависят от заданных степеней свободы и геометрических свойств твердого тела. Этот метод обычно применяется при проектировании конструкций, в которых должно соблюдаться точное взаиморасположение деталей или обеспечиваться их точное перемещение .

Топологический метод. В основу этого метода положена структура физических связей ЭРЭ. Топологический метод может применяться для выяснения любых связей, однако конкретное его содержание проявляется там, связности элементов может быть сопоставлен граф. Этот метод конструирования применяется для создания пленочных ИС, печатных плат и т.п. Метод проектирования моноконструкций. Он основан на минимизации числа связей в конструкции. Этот метод применяется для создания функциональных узлов, блоков РЭА на основе оригинальной несущей конструкции в виде моноузла с оригинальными элементами. Разработка моноконструкций РЭА связана с различными трудностями и имеет ряд недостатков: значительное время конструирования и внедрения в производство; ограниченные возможности типизации и унификации; низкая степень ремонтопригодности и др.

Машиностроительный метод. В основу этого метода конструирования положена структура механических связей между элементами, представляющая собой систему опорных поверхностей. Машиностроительный метод используется для конструирования устройств РЭА, которые несут большие механические нагрузки и в которых вследствие этого неизбежны большие деформации. При этом точечные опоры, принятые в геометрическом методе, могут оказаться целесообразнее, так как могут перегружаться, поэтому их заменяют опорными поверхностями .

Базовый (модульный) метод конструирования. В его основу положен модульный принцип конструирования. Он является основным при проектировании современной РЭА и имеет много преимуществ по сравнению с методом моноконструкций:

* на этапе разработки: сокращает сроки, упрощает отладку и сопряжение узлов в лаборатории, упрощает монтирование, сокращает объем оригинальной документации, дает возможность непрерывно совершенствовать аппаратуру;
* на этапе производства: сокращает сроки освоения серийного производства, упрощает сборку, монтаж, снижает себестоимость аппаратуры благодаря широкой механизации и автоматизации производства и др.;
* на этапе эксплуатации: повышает эксплуатационную надежность РЭА, улучшает ремонтопригодность аппаратуры, облегчает ее обслуживание.

Исходя из выше сказанного, выбираем в качестве метода конструирования базовый метод, а в качестве принципа конструирования – модульный принцип.

4. Выбор и обоснование конструктивных материалов и комплектующих изделий

При проектировании устройства управления газонатекателями одним из самых важных этапов является выбор типов элементов, входящих в конструкцию. Правильно выбранная элементная база позволит: обеспечить надежное функционирование составных частей и всего изделия в целом; снизить вероятность возникновения помех из-за несогласованности входов одних элементов с выходами других; получить высокие эксплуатационные характеристики; уменьшить энергопотребление за счет применения элементов, изготовленных по передовым технологиям; добиться лучших массогабаритных показателей; повысить ремонтопригодность аппаратуры; расширить технические возможности разрабатываемой аппаратуры.

В общем случае критерием выбора электрорадиоэлементов (ЭРЭ) является соответствие технологических и эксплуатационных характеристик ЭРЭ заданным условиям эксплуатации.

Основными параметрами при выборе ЭРЭ являются:

1) технические параметры ЭРЭ:

- номинальные значения параметров ЭРЭ согласно схеме электрической принципиальной;

- допустимые рабочие напряжения;

- допустимые рассеиваемые мощности;

- диапазон рабочих частот;

- коэффициент электрической нагрузки;

2) эксплуатационные параметры:

- диапазон рабочих температур;

- относительная влажность воздуха;

- давление окружающей среды;

- вибрационные и ударные нагрузки.

Дополнительными критериями выбора ЭРЭ являются: надежность, унификация ЭРЭ, масса и габариты, стоимость. Выбор элементной базы по вышеназванным критериям позволит обеспечить стабильную работу на протяжении всего срока службы изделия.

Проведем сравнительную оценку заданных условий эксплуатации и допустимых эксплутационных параметров радиоэлементов, используемых в разрабатываемом устройстве управления газонатекателями.

Из справочной литературы имеем следующие данные об условиях эксплуатации конденсаторов следующих типов:

1. К50-35 -конденсатор алюминиевый оксидно-электролитический. Предназначен для работы в цепях постоянного и пульсирующего тока. Изготавливаются в исполнении для умеренного и холодного климата и всеклиматическом. Выпускаются полярные и неполярные.

Предельные эксплуатационные данные:

- интервал рабочих температур от -25 до +70 оС;

− относительная влажность при температуре +25 оС до 98%;

− атмосферное давление воздуха от 6,6 до 2942 Па.

− вибрации в диапазоне частот от 5 до 1000 Гц с ускорением до 10 g;

− многократные удары с ускорением до 75g при длительности ударов 2-6 мс;

− линейные нагрузки с ускорением до 50 g;

− акустические шумы в диапазоне частот от 50 до 10000 Гц с уровнем звукового давления до 140 дБ.

Основные электрические характеристики:

1. Допустимое амплитудное значение напряжения переменной составляющей пульсирующего тока в диапазоне частот от 50 до 10000 Гц при номинальной емкости 2200 мкФ и номинальном напряжении 63В, не должно превышать 90В при температуре 20оС и 72В при температуре окружающего воздуха 40оС.

2. Допустимые отклонения емкости от номинальной − +50% и -20%.

3. Допускаемое изменение емкости относительно измеренной в нормальных условиях при температуре +70оС − +25%.

4. Тангенс угла потерь в нормальных условиях − 19%.

5. Ток утечки в нормальных условиях для конденсаторов емкостью 2200мкФ и при номинальном напряжении 65В, не более 2,77 мА.

6. Минимальная наработка −10000 часов.

2) Конденсатор К73-17 – конденсаторы полиэтилентерефталатые. Предназначены для работы в цепях переменного, постоянного и пульсирующего токов. Изготавливаются в исполнениях для умеренного и холодного климата. Выпускаются в цилиндрических и прямоугольных металлических корпусах. Сопротивление изоляции вывод-ввод в нормальных климатических условиях (до 0,25 мкФ) не менее 6000 МОм. Сопротивление изоляции вывод-корпус не менее 30000 МОм.

Предельные эксплуатационные данные:

-температура окружающей среды от минус 60 до плюс 125°C;

-относительная влажность воздуха при температуре плюс 35°C до 98%;

-пониженное атмосферное давление 0,0000013гПа (1 мм рт.ст.).

-минимальная наработка на отказ 20000 часов.

Из справочной литературы имеем следующие характеристики используемых резисторов:

1) МЛТ - резисторы постоянные непроволочные, общего назначения с металлоэлектрическим проводящим слоем. Предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного токов в качестве элементов навесного монтажа.

Предельные эксплуатационные данные:

- номинальная мощность 0,125 и 0,25 Вт;

- диапазон номинальных сопротивлений ;

- масса 0,15 г;

- уровень собственных шумов 1, 5 ;

- температура окружающей среды при нормальной электрической нагрузке от -60 до +70 ;

-относительная влажность воздуха при температуре до 98 ٪;

- пониженное атмосферное давление до 133 Па;

- предельное рабочее напряжение постоянного и переменного тока 200 В;

- минимальная наработка 25000 ч;

* срок сохраняемости 25 лет.

2) Резисторы СП5-2 - резисторы подстроечные многооборотные с круговым перемещением подвижной контактной системы. Изменение сопротивления от минимального до максимального значения производится за сорок полных оборотов. Резисторы предназначены для работы в цепях постоянного и переменного токов.

Предельные эксплуатационные данные:

-температура окружающей среды при номинальной электрической нагрузке от минус60 до плюс 70°С; при снижении электрической нагрузки до 0,1Рн - от минус 60 до плюс 125°С.

-относительная влажность воздуха при температуре 35°С до 98%.

-пониженное атмосферное давление до 667 Па (5 мм рт.ст.).

Минимальная наработка 2000 часов.

Из справочной литературы имеем данные об условиях эксплуатации следующих типов применяемых транзисторов и диодов:

1) КТ 361Г - кремниевый планарно-эпитаксиальный транзистор n-p-n. Предназначен для работы в усилителях и генераторах электрических сигналов ВЧ и НЧ диапазонов в аппаратуре широкого применения и имеет характеристики:

- статический коэффициент передачи тока в схеме с общим эмиттером при ;

- максимальное напряжение коллектор - база при  В;

- максимальное напряжение коллектор - эмиттер при  В;

- максимальное напряжение база - эмиттер приВ;

- максимальный ток коллектора при  ; - максимальный ток эмиттера при  ; - максимальная рассеиваемая мощность коллектора при  ;

- температура окружающей среды -45 до +85 .

2) Диод КД243Г - диоды кремниевые диффузионные. Выпускаются в пластмассовом корпусе с гибкими выводами. Диоды маркируются цветными точками у положительного вывода. Масса диода не более 0,1г.

Электрические параметры:

-постоянное прямое напряжение при Iпр=50мА не более 1,2В;

-постоянный обратный ток при Uобрmax не боле 0,1мкА;

Предельные эксплуатационные данные:

-постоянное обратное напряжение 300В;

-постоянный прямой или средний выпрямленный ток при температуре от 213 до 323°К 1000мА, при 373°К 30мА.

Температура окружающей среды от 213 до 373°К.

Из справочной литературы имеем следующие данные об условиях эксплуатации микросхем:

1) КР142ЕН8В - стабилизатор фиксированного положительного напряжения  со встроенной защитой от перегрева и встроенным ограничением тока короткого замыкания:

- максимальное входное напряжение ;

- максимальный ток нагрузки ;

- диапазон рабочих температур Т(-10...+70)0С;

- максимальная мощность рассеивания 1Вт.

Для коммутации сетевого напряжения используется кнопочный переключатель типа ПКн2-2Т, а для переключения газонатекателей - малогабаритный галетный переключатель ПГ2. В качестве преобразователя сетевого напряжения 220В, во вторичном источнике питания используется универсальный трансформатор (УТП) Т8, имеющий следующие эксплуатационные характеристики:

- предельная температура перегрева 400С;

- номинальный ток 0.4А;

- номинальное напряжение 10В.

Выпрямителем переменного тока во вторичном источнике питания является однофазный диодный мост КД243Г для монтажа на печатную плату.

Для внутриблочного соединения электрических связей и для подключения датчиков к электронному блоку предполагается использовать вилку типа ГРПМ1-61ШУ2-В. Сравнивания условия эксплуатации устройства управления газонатекателями и эксплуатации рассмотренных типов электрорадиоэлементов, можно заключить, что все данные типы пригодны для применения в заданных условиях

Таким образом, применение в устройстве новейшей базы позволяет получить более высокие показатели компоновки, надёжности, энергопотребления, а следовательно, и снижение температурных режимов, что выгодно как с конструкторской точки зрения, так и с экономической. Применение новой современной базы позволят использовать высокоэффективные техпроцессы.

Не менее важным этапом в проектировании является выбор материалов несущих конструкций и деталей. Однако выбор материала является сложной задачей, так как в большинстве случаев деталь можно изготовить либо из однородного материала, либо из сложной их совокупности.

Правильный выбор материала может быть сделан на основании анализа функционального назначения детали, условий ее эксплуатации и технологических показателей, с учетом следующих факторов:

1) Материал определяет способность детали выполнять рабочие функции в изделии и противостоять действию климатических и механических воздействий;

2) Материал определяет технологические характеристики детали;

3) От свойств материала зависит точность изготовления детали;

4) Материал влияет на габариты и массу прибора;

5) Материал оказывает влияние на эксплуатационные характеристики детали, на ее надежность и долговечность.

Исходя из вышеперечисленных факторов, для корпуса устройства выбран материал-дюралюминий Д16. Этот выбор можно объяснить тем, что данный материал удовлетворяет требованиям достаточной прочности и жесткости, а также дает весомый выигрыш в массе по сравнению с другими металлическими материалами.

В качестве материала для печатной платы используем стеклотекстолит. Фольгированный стеклотекстолит представляет собой слоистый прессованный материал, пропитанный терсореактивным связующим и облицованный с одной из двух сторон медной электролитической оксидированной или гальваностойкой фольгой. Стеклотекстолит марки СФ-2Н-50-2 ГОСТ 10316-78. Толщина материала с фольгой составляет 2 мм, толщина фольги 50 мкм. Фольгированный стеклотекстолит представляет собой спресованные слои стеклоткани, пропитанные эпокалфенольной смолой с содержанием смолы 40٪, применяется для ОПП и ДПП.

В качестве припоя используется ПОС-61 ГОСТ 21931-76. Припой представляет собой сплав олова 60٪ и свинца 40٪, применяемый в качестве связующего вещества при пайке ЭРЭ на печатную плату, а также для внутриблочной пайки соединений. Температура плавления припоя ПОС-61 составляет 190 .

После сборки и пайки платы устройства, для защиты от влаги и пыли, ее защищают с помощью лака УР 231.

Все выше перечисленные качества позволяют разработать высококачественные, конкурентоспособные устройства.

5. Конструкторские расчеты

5.1 Компоновочный расчет устройства

Компоновка блока - размещение на плоскости и в пространстве различных компонентов (радиодеталей, микросхем, блоков, приборов) РЭА - одна из важнейших задач при конструировании, поэтому очень важно выполнить рациональную компоновку элементов на самых ранних стадиях разработки РЭА.

Основная задача, решаемая при компоновке РЭА - это правильный выбор форм, основных геометрических размеров, ориентировочное определение веса и расположения в пространстве любых элементов или изделий радиоэлектронной аппаратуры. На практике задача компоновки РЭА чаще всего решается при использовании готовых элементов с заданными формами, размерами и весом, которые должны быть расположены в пространстве или на плоскости с учетом электрических, магнитных, механических, тепловых и других видов связей. Имея принципиальную схему и компоновочный эскиз функционального узла, можно еще до разработки рабочих чертежей и изготовления лабораторного макета оценить возможный характер и величину паразитных связей, рассчитать тепловые режимы узла и его элементов, выполнить расчет надежности с учетом не только режимов работы схемы (электрические коэффициенты перегрузки), но и с учетом рабочих температур элементов. Методы компоновки элементов РЭА можно разбить на две группы: аналитические и модельные. К первым относятся численные (аналитические) и номографические, основой которых является представление геометрических параметров и операций с ними в виде чисел. Ко вторым относятся аппликационные, модельные, графические и натурные методы, основой которых является та или иная физическая модель элемента, например в виде геометрически подобного тела или обобщенной геометрической модели. Основой для всех является рассмотрение общих аналитических зависимостей. При аналитической компоновке мы оперируем с численными значениями различных компоновочных характеристик: геометрическими размерами элементов, их объемами, весом, энергопотреблением и т.п. Зная соответствующие компоновочные характеристики элементов изделия и законы их суммирования, можно вычислить компоновочные характеристики всего изделия и его частей.

При аналитическом методе оцениваются габаритные размеры, объем и масса изделия по формулам:

V = , (5.1)

M = Km , (5.2)

M = M' V, (5.3)

где V, M – общий объем и масса изделия; kv – обобщенный коэффициент заполнения объема изделия элементами; Vi,Mi – значения установочных объемов и массы i-х элементов конструкции; Km – обобщенный коэффициент объемной массы изделия; М' – объемная масса аппарата; n – общее количество элементов конструкции изделия.

Исходными данными для расчета являются:

1. количество элементов в блоке;
2. установочная площадь каждого элемента;
3. установочный объем каждого элемента;
4. установочный вес каждого элемента;
5. количество деталей;
6. объем блока;
7. вес блока;
8. количество наименований деталей;
9. линейные размеры.

В соответствии с заданием kv = 0.5.Для прибора можно принять Мў=0.4кг/дм3.

Сведения об установочных размерах элементов и их массе сведены в таблицу 5. 1:

Таблица 5.1

Значение установочного объема и массы элементов изделия

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование элемента | n, шт | Vi, мм3 | Мi, гр | ,мм3 | ,гр |
| Резистор МЛТ | 15 | 50 | 0.25 | 750 | 3.75 |
| Резистор СП5-2 | 1 | 418 | 7 | 418 | 7 |
| Конденсатор К50-35 | 3 | 1584 | 5 | 4752 | 15 |
| Конденсатор К5 | 7 | 4072 | 12 | 28504 | 84 |
| Конденсатор К73-17 | 2 | 4072 | 12 | 8144 | 24 |
| Микросхема КР142ЕН8В | 1 | 932 | 10 | 932 | 10 |
| Микросхема КР1006ВИ1 | 2 | 805 | 8 | 1610 | 16 |
| Диодный мост КД243Г | 1 | 3388 | 20 | 3388 | 20 |
| Диоды КД | 8 | 151 | 3 | 1208 | 24 |
| Транзисторы КТ | 2 | 108 | 1.5 | 216 | 3 |
| Вилка ГРПМ1-61ШУ2-В | 1 | 170 | 5 | 170 | 5 |
| Плата | 1 | 16900 | 125 | 16900 | 125 |

Суммарный объем, занимаемый всеми элементами конструкции, посчитанный по табличным данным составляет:

=32650 мм3

По формуле (5.1)определяем ориентировочный объем блока: V=16325 мм3

В соответствии с ТЗ габаритные размеры блока должны быть не более 220х215х90 мм. Согласно проведенным расчетам выбираем габаритные размеры блока 210х205х65 мм.

По формуле (5.2) определяем ориентировочную массу блока:

М =1.9 кг

В соответствии с ТЗ масса блока должна быть не более 2.7 кг.

Также дополнительно можно определить параметр функционально конструктивной сложности изделия, ПФКСИ. Величина ПФКСИ определяет степень использования платы активными элементами  по отношению к общему количеству всех ЭРЭ, монтажных соединений  и контактных площадок :

, (5. 4)

Используя данные таблицы 5.1, имеем ; ; .

Подставив данные в формулу (5.1) получим значение ПФКСИ=27.

По результатам расчета можно сделать вывод: полученные данные расчета вполне удовлетворяют требованиям технического задания.

* 1. Расчет показателей надежности устройства

Проблема обеспечения надежности связана со всеми этапами создания изделия и всем периодом его практического использования. Надежность изделия в основном закладывается в процессе его конструирования и обеспечивается в процессе его изготовления путем правильного выбора технологии производства, контроля качества исходных материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, контроля режимов и условий изготовления. Надежность обеспечивается применением правильных способов хранения изделия и поддерживается правильной эксплуатацией, планомерным уходом, профилактическим контролем и ремонтом. Принимая во внимание выше сказанное и следует определить необходимость специальных мер для повышения или же для стабилизации показателей надежности.

В зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации, надежность может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость. Для конкретных же объектов и условий эксплуатации эти свойства могут иметь различную относительную значимость. Применительно к измерителю углов смещения погрузочной платформы, принадлежащему к классу промышленная радиоаппаратура, наиболее часто употребляются следующие показатели надежности:

- вероятность безотказной работы  - вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет;

- средняя наработка на отказ  - отношение суммарной наработки объекта к математическому ожиданию числа отказов в течение этой наработки;

- заданная наработка  (заданное время безотказной работы) - наработка, в течение которой объект должен безотказно работать для выполнения своих функций;

- интенсивность отказов  - вероятность отказов неремонтируемого изделия в единицу времени после заданного момента времени при условии, что до этого отказ не возникал. Другими словами - это число отказов в единицу времени отнесенное к среднему числу элементов, исправно работающих в данный момент времени. Оперируя этими понятиями можно судить о надежностных характеристиках изделия. Итак, произведем расчет надежности по , приняв следующие допущения:

- отказы случайны и независимы;

- учитываются только внезапные отказы;

- имеет место экспоненциальный закон надежности.

Последнее допущение основано на том, что для аппаратуры, в которой имеют место только случайные отказы, действует экспоненциальный закон распределения - закон Пуассона - и вероятность работы в течение времени  равна:

 (5.5)

Учитывая то что с точки зрения надежности все основные функциональные узлы и элементы в изделии соединены последовательно и значения их надежностей не зависят друг от друга, т.е. выход из строя одного элемента не меняет надежности другого и приводит к внезапному отказу изделия, то надежность изделия в целом определяется как произведение значений надежности для отдельных  элементов:

 (5.6)

С учетом (5.5) получим:

 (5.7)

где - интенсивность отказов -го элемента с учетом режима и условий работы.

Учет влияния режима работы и условий эксплуатации изделия при расчетах производится с помощью поправочного коэффициента  - коэффициента эксплуатации и тогда  в формуле (5.5) выразится как:

, (5.8)

где  - интенсивность отказов - го элемента при лабораторных условиях работы и коэффициенте электрической нагрузки .

Для точной оценки  нужно учитывать несколько внешних и внутренних факторов: температуру корпусов элементов; относительную влажность; уровень вибрации, передаваемый на элементы и т.д. С этой целью может быть использовано следующее выражение:

, (5.9)

где - поправочный коэффициент, учитывающий -ый фактор; -поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры; - поправочный коэффициент, учитывающий влияние электрической нагрузки; - поправочный коэффициент, учитывающий влияние влажности;  - поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических воздействий.

Все  определяются из справочных зависимостей и таблиц, где они приведены в виде  и , как объединенные  с  и  с .

После этого можно определить значение суммарной интенсивности отказов элементов изделия по формуле:

, (5.10)

где - число элементов в группе;  - интенсивность отказа элементов в -ой группе;  - коэффициент эксплуатации элементов в -ой группе;  - общее число групп.

Исходные данные по группам элементов, необходимые для расчета показателей надежности приведены в табл. 5.2. Значения интенсивностей отказов взяты из .

Таблица 5.2

Справочные и расчетные данные об элементах конструкции

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| гр | Наименование  группы | ,  шт | 1/ч |  |  |  | 1/ч | ч |  |
| 1 | Резисторы | 7 | 0.06 | 1.71 | 1.07 | 1.83 | 2.75 | 0.8 | 0.03 |
| 2 | Конденсаторы | 5 | 0.15 | 0.35 | 1.07 | 0.38 | 0.97 | 1.1 | 0.01 |
| 3 | Диодный мост | 1 | 0.4 | 1.08 | 1.07 | 1.16 | 0.46 | 0.4 | 0.01 |
| 4 | Диоды | 5 | 0.2 | 0.91 | 1.07 | 0.97 | 3.1 | 0.4 | 0.04 |
| 5 | Транзисторы | 2 | 0.84 | 0.72 | 1.07 | 0.77 | 2.59 | 0.3 | 0.03 |
| 6 | Полупроводниковые  аналоговые | 3 | 0.02 | 0.7 | 1.07 | 0.75 | 0.05 | 0.5 | 0.01 |
| 7 | Трансформатор | 1 | 0.02 | 3.0 | 1.07 | 3.21 | 0.08 | 2.1 | 0.01 |
| 8 | Переключатель галетный | 1 | 1.6 | 0.7 | 1.07 | 0.75 | 1.2 | 1.2 | 0.01 |
| 9 | Переключатель сетевой, | 1 | 0.4 | 0.8 | 1.07 | 0.86 | 0.34 | 1.2 | 0.01 |
| 10 | Вилка двухполюсная | 1 | 0.5 | 0.8 | 1.07 | 0.86 | 0.43 | 0.6 | 0.01 |
| 11 | Индикаторы | 3 | 4.0 | 0.9 | 1.07 | 0.96 | 7.71 | 0.4 | 0.1 |
| 12 | Шнур питания | 1 | 4.0 | 0.5 | 1.07 | 0.54 | 2.16 | 0.9 | 0.03 |
| 13 | Провода соединительные | 36 | 0.3 | 0.8 | 1.07 | 0.86 | 9.29 | 0.3 | 0.11 |
| 14 | Соединения пайкой | 341 | 0.1 | 0.8 | 1.07 | 0.86 | 29.3 | 1.2 | 0.36 |
| 15 | Плата печатная | 1 | 0.2 | 0.6 | 1.07 | 0.64 | 0.13 | 3.2 | 0.01 |
| 16 | Несущая конструкция РЭА | 1 | 3.0 | 0.6 | 1.07 | 0.64 | 1.92 | 1.3 | 0.02 |
| 17 | Соединения винтами | 32 | 0.001 | 0.6 | 1.07 | 0.64 | 0.02 | 0.5 | 0.01 |

Воспользовавшись данными таблице 5.2 по формуле (5.8) можно определить суммарную интенсивность отказов :

 1/час.

Далее найдем среднюю наработку на отказ , применив следующую формулу:

 (5.11)

Итак, имеем:

 часов.

Вероятность безотказной работы определяется исходя из формулы (5.5), приведенной к следующему виду:

, (5.12)

где  часов - заданное по ТЗ время безотказной работы.

Итак, имеем:



Среднее время восстановления определяется последующей формуле:

, (5.13)

где -вероятность отказа элемента i-ой группы; - случайное время восстановления элемента i-ой группы, приближенные значения которого указаны в таблице 5.2.

подставив значения в формулу (5.13), получим среднее время восстановления =0.877ч.

Далее можно определить вероятность восстановления по формуле:

, (5.14)

где =0.72ч.

Следовательно по формуле (5.14) определим , что больше .

Таким образом, полученные данные удовлетворяют требованиям ТЗ по надежности, так как при заданном времени непрерывной работы  ч проектируемый блок будет работать с вероятностью . При этом он будет иметь среднюю наработку на отказ ч и вероятность восстановления  следовательно, дополнительных мер по повышению надежности устройства управления газонатекателями не требуется.

5.3 Расчет теплового режима устройства

Под тепловым режимом радиоэлемента, узла, аппарата понимается их температурное состояние, т.е. пространственно-временное распределение температуры в элементе, узле, аппарате. Чтобы обеспечить нормальный тепловой режим РЭА, а значит и надежность, применяют радиоэлементы, устойчиво работающие в широком диапазоне температур, снижают их коэффициенты нагрузки, используют различные схемные решения.

Широкое распространение получили методы регулирования теплообмена внутри аппарата, и аппарата с окружающей средой. Эти методы сводятся к поддержанию допустимого теплового режима элементов и аппарата при изменении их электрического режима и внешних условий. Регулирование теплообмена достигается путем рациональной компоновки элементов в аппарате и аппарата в целом, использования теплоотводящих устройств для отдельных элементов или группы элементов, специальных систем охлаждения.

Для определения целесообразности применения того или иного способа регулирования теплообмена необходимо оценить сам тепловой режим аппарата и только после этого судить о необходимости его регулирования.

Ориентировочный выбор способа охлаждения РЭА необходимо провести еще на ранней стадии проектирования. Для этого необходимы следующие данные:

- температура окружающей среды  ;

- давление окружающей среды  Па;

- давление внутри блока  Па.;

- мощность, рассеиваемая в блоке, Вт;

- горизонтальные и вертикальный размеры блока: длина  м, ширина  м, высота  м;

- мощность, рассеиваемая наиболее теплонагруженным элементом КР142ЕН8В,  Вт;

- площадь поверхности микросхемы, омываемая воздухом , м2;

- коэффициент заполнения по объему .

При выборе способа охлаждения РЭА следует определить будет ли прибор охлаждаться самостоятельно или будет применяться система охлаждения. Выбор способа охлаждения целесообразно выполнять с помощью графиков, характеризующих области целесообразного применения различных способов охлаждения. За основной показатель, определяющий области целесообразного применения различных способов охлаждения, принимается величина плотности теплового потока, проходящего через поверхность теплообмена:

, (5.15)

где Р - суммарная мощность, рассеиваемая РЭА с поверхности теплообмена;  - коэффициент, учитывающий давление воздуха (при атмосферном давлении =1); - условная поверхность нагретой зоны.

Предварительный выбор способа охлаждения провели с помощью ПЭВМ, в результате которого определили, что для разрабатываемого устройства вполне приемлем герметичный корпус с естественной конвекцией тепла.

Расчет теплового режима в герметичном корпусе произведен на ЭВМ по следующей методике :

1. Рассчитывается площадь внешней поверхности корпуса блока:

, (5.16)

где и - горизонтальные размеры корпуса, м;  - вертикальный размер, м.

1. Определяется условная поверхность нагретой зоны:

, (5.17)

где  - коэффициент заполнения корпуса аппарата по объему.

1. Определяется удельная мощность корпуса блока:

, (5.18)

где  - мощность, рассеиваемая в блоке.

4) Определяется удельную мощность нагретой зоны:

 (5.19)

5) Находится коэффициент  в зависимости от удельной мощности корпуса блока:

 (5.20)

6) Находится коэффициент  в зависимости от удельной мощности нагретой зоны:

 (5.21)

1. Находится коэффициент в зависимости от давления среды вне корпуса блока :

, (5.22)

где  - давление окружающей среды в Па.

8) Находится коэффициент в зависимости от давления среды внутри корпуса блока :

, (5.23)

где  - давление внутри корпуса аппарата в Па.

1. Рассчитывается перегрев корпуса блока:

 (5.24)

10) Определяется перегрев нагретой зоны:

 (5.25)

1. Определяется средний перегрев воздуха в блоке:

 (5.26)

1. Определяется удельная мощность элемента:

, (5.27)

где  - мощность, рассеиваемая элементом (узлом), температуру которого требуется определить;  - площадь поверхности элемента, омываемая воздухом.

1. Рассчитывается перегрев поверхности элемента:

 (5.28)

14) Рассчитывается перегрев среды, окружающей элемент:

 (5.29)

1. Определяется температура корпуса блока:

 (5.30)

1. Определяется температура нагретой зоны:

 (5.31)

1. Определяется температура поверхности элемента:

 (5.32)

1. Определяется средняя температура воздуха в блоке:

 (5.33)

1. Находится температура среды, окружающей элемент:

 (5.34)

Результаты расчета теплового режима блока, выполненного на ЭВМ, приведены в приложении и рассмотрены в таблице 5.3:

# Таблица 5.3

# Результаты расчета теплового режима блока

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование коэффициента | Обозначе-  ние | Номер формулы | Численное значение |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Площадь поверхности  корпуса, м2 |  | 5.16 | 0.0972 |
| Площадь условной поверхности нагретой зоны, м2 |  | 5.17 | 0.0702 |
| Удельная мощность корпуса  блока, |  | 5.18 | 185.185 |
| Удельная мощность нагретой  зоны, |  | 5.19 | 256.41 |
| Нагрев, зависящий от , К |  | 5.20 | 20 |
| Нагрев, зависящий от , К |  | 5.21 | 25 |
| Коэффициент, зависящий от |  | 5.22 | 0.9995 |
| Коэффициент, зависящий от |  | 5.23 | 0.9965 |
| Перегрев корпуса блока, К |  | 5.24 | 19.99 |
| Перегрев нагретой зоны, К |  | 5.25 | 24.972 |
| Средний перегрев воздуха  в блоке, К |  | 5.26 | 22.481 |
| Удельная мощность  элемента, |  | 5.27 | 555.555 |
| Перегрев поверхности элемента, К |  | 5.28 | 32.256 |
| Перегрев окружающей среды элемента, К |  | 5.29 | 29.038 |
| Температура корпуса блока, К |  | 5.30 | 327.99 |
| Температура нагретой зоны, К |  | 5.31 | 332.97 |
| Температура поверхности элемента, К |  | 5.32 | 340.256 |
| Средняя температура воздуха в блоке, К |  | 5.33 | 330.481 |
| Температура среды, окружающей элемент, К |  | 5.34 | 337.038 |

Анализируя рабочие диапазоны температур элементной базы измерителя углов смещения погрузочной платформы, можно заметить, что температура наименее теплостойкого элемента (КР142ЕН8В) составляет 70°С, что значительно выше рассчитанных показателей. Следовательно тепловой режим разрабатываемого устройства находится в норме, а выбор способа охлаждения прибора сделан верно и необходимость в дополнительной теплозащите отпадает.

* 1. Расчет конструкторско-технологических параметров печатной платы. Выбор и обоснование метода ее изготовления

Существует большое разнообразие видов электрического монтажа. Наибольшее же распространение получили проводной и печатный монтаж. Соединения с помощью монтажных проводов применяются в конструкциях РЭА для электрического соединения сравнительно крупных узлов. Электрические же соединения в самих узлах обычно проводятся с помощью печатных проводников, выполненных на печатных платах. Применение печатных плат создает предпосылки для механизации и автоматизации процессов сборки радиоэлектронной аппаратуры, повышает ее надежность, обеспечивает ее повторяемость параметров монтажа (емкость, индуктивность) от образца к образцу.

С целью повышения процента выхода годных плат, применения на предприятиях унифицированного технологического оборудования и снижения трудоемкости применяют единую базовую технологию, которой является:

1. химический метод – для односторонних печатных плат;
2. комбинированный позитивный метод – для двусторонних печатных плат;
3. полуаддитивный (электрохимический) метод – для двусторонних печатных плат с повышенной плотностью монтажа (3–5 класс точности).

Так как данная плата односторонняя и плотность монтажа по 2-му классу допустима, то был выбран химический. Основными достоинствами этого метода являются:

1) возможность обеспечить повышенные требования к точности выполнения проводящего рисунка;

1. установка навесных элементов со стороны, противоположной стороне пайки, без дополнительной изоляции;
2. возможность использования перемычек из проводникового материала;

4) низкой стоимостью конструкции

Односторонняя печатная плата характеризуется: высокими коммутационными свойствами, повышенной точностью соединений, но они имеют достаточно высокую стоимость.

Трассировка односторонней печатной платы осуществим с помощью пакета прикладных программ PCAD в автоматическом режиме, так как данный метод обеспечивает оптимальное распределение проводящего рисунка.

Так как к точности выполнения элементов печатного монтажа не предъявлялось никаких ограничений, то выбираем печатную плату 2-го класса точности. Такие платы наиболее просты в исполнении, надежны в эксплуатации и имеют минимальную стоимость. Для печатных плат этого класса точности характерны следующие номинальные значения основных параметров узкого места:

1) ширина печатного проводника t=0.5 мм;

2) расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка S=0.5 мм;

3) гарантийный поясок b=0.20 мм.

В соответствии с ГОСТ 10317-79 печатная плата измерителя разрабатывается прямоугольной формы.

Сопрягаемые размеры контура печатной платы должны иметь предельные отклонения по 12 квалитету ГОСТ 25347-82. Несопрягаемые размеры контура печатной платы должны иметь предельные отклонения по 14 квалитету ГОСТ 25347-82. Толщина печатной платы определяется толщиной исходного материала и выбирается в зависимости от используемой элементной базы и действующих механических нагрузок. Исходя из ряда предпочтительных значений номинальных толщин односторонних печатных плат , выбираем толщину печатной платы Нп=2 мм.

Найдем размеры монтажной зоны. Под установочной площадью ЭРЭ понимается площадь прямоугольника (квадрата), в которую вписывается ЭРЭ вместе с выводами и контактными площадками при установке его на печатную плату. Для расчета площади платы используются следующие формулы:

Sе=еSэл (5.35)

где Sэл – установочная площадь элемента.

Sпл=Sе\*Кз (5.36)

где Кз – коэффициент заполнения платы, Кз=0.7...0.9.

Получаем площадь печатной платы Устройства управления равную 180 см2. При условии, что на односторонние печатные платы рекомендуется выдерживать расстояние между краем проводника, контактной площадки, экрана и краем платы, равное номинальной толщине платы с учетом допуска на габариты платы, выбираем размер печатной платы устройства управления 140х140 мм.

* 1. Расчет параметров печатного монтажа

Простейшим элементом любой печатной платы является печатный проводник - участок токопроводящего покрытия, нанесенного на изоляционное основание. Характерной особенностью печатного проводника является то, что его ширина значительно больше толщины.

Система печатных проводников, обеспечивающая возможность электрического соединения элементов схемы, которые впоследствии будут установлены на печатную плату, образует печатный монтаж. Изоляционное основание, с нанесенным на ее печатным монтажом, образует печатную плату.

Диаметр отверстия в печатной плате должен быть больше диаметра вставляемого в него вывода, что обеспечивает возможность свободной установки электрорадиоэлемента. При диаметре вывода до 0,8мм диаметр неметализированного отверстия делается на 0,2мм больше диаметра вывода, а при диаметре вывода более 0,8мм - на 0,3мм больше.

Разрабатываемая печатная плата является двусторонней печатной платой из стеклотекстолита СФ-2Н-50-2. Ее размеры:140х140х2 мм.

Печатные платы первого и второго классов точности наиболее просты в исполнении, надежны в эксплуатации и имеют минимальную стоимость. Поэтому печатная плата выполнена по второму классу точности.

При расчете проводящего рисунка печатной платы используются данные ГОСТ 23751 - 86 и ГОСТ 33751 - 79.

1) Минимальный диаметр контактной площадки для отверстия под установку компонентов платы:

, (5.37)

где - номинальный диаметр отверстия;  - верхнее отклонение диаметра отверстия для второго класса точности печатной платы;  - верхнее предельное отклонение ширины проводника;  - величина гарантированного пояска;

 - значение подтравливания диэлектрика в отверстии. С учетом того, что плата является односторонней, далее не учитывается;  - значение позиционного допуска расположения центра отверстия относительно номинального расположения узла координатной сетки;  - значение позиционного допуска расположения центра контактной площадки относительно ее номинального положения;  - нижнее предельное отклонение ширины проводника.

Подставляя числовые значения в формулу (5.37), определим минимальные диаметры контактных площадок под установку различных элементов. Расчетные данные сведем в таблицу 5.4.

Таблица5.4

Минимальные диаметры контактных площадок для различных компонентов устанавливаемых на печатную плату

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование  компонентов | Диаметр выводов, мм | Номинальный диаметр отверстия, мм | Минимальный диаметр контактной площадки, мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Микросхема  КР1006ВИ1 | 0,5 | 0,9 | 1,92 |
| Резисторы МЛТ-0,25 и  МЛТ-0,5;  Конденсаторы КМ-5  Диоды КД 522 | 0,6 | 1,1 | 2,12 |
| Конденсаторы К50-35  (100...500мкФ) | 0,8 | 1,8 | 2,32 |
| Диодный мост  КД 233Г | 0,8 | 1,8 | 2,32 |
| Транзисторы  КТ 361Г и КТ972А  Микросхема  КР 142 ЕН 8Б | 0,9 | 1,3 | 2,32 |
| Резисторы  СП 5- 2 | 1,0 | 1,45 | 2,47 |
| Трансформатор  Запайка шнура питания | 1,4 | 1,8 | 2,82 |

1. Минимальное расстояние между центрами отверстий под установку выводов микросхем для прохождения одного проводника между ними:

, (5.38)

где  - минимальный диаметр контактной площадки для выводов микросхем;  - минимальное значение ширины проводника для узкого места;  - число проводников;- наименьшее номинальное значение расстояния между проводниками для узкого места; - диаметральное значение позиционных допусков расположения печатных проводников, относительно соседнего места проводящего рисунка.

.

Следовательно, между выводами микросхем нельзя проводить проводники.

1. Рассчитаем ширину проводника. Она выбирается из условия:

, (5.39)

, (5.40)

где  - плотность тока;  - толщина фольги;  - ток потребления компонента; -для трансформатора;  - для микросхемы КР1006ВИ1;  - для микросхемы КР 142ЕН8Б; Произведем расчет  по наибольшему :

.

Технологически обеспечивается .

Значение рассчитывается по формуле:

, (5.41)

где  - минимальная эффективная ширина проводника;  - погрешность при экспонировании;  - погрешность ширины проводника на шаблоне.

Подставив значения в формулу (5.41), получим:

.

Следовательно, выбираем .

Проанализировав произведенные расчеты можно сделать вывод, что плата с диаметрами контактных площадок приведенными в табл.5.4 и минимальной шириной проводников равной 0,45 мм будет удовлетворительно работать при электрических нагрузках, соответствующих принципиальной электрической схеме данного устройства.

5.6 Расчет конструкции на виброзащищенность

Для того, чтобы проверить насколько хорошо защищено проектируемое устройство от механических воздействий, необходимо провести расчеты собственных частот вибраций блока и платы, а затем подобрать соответствующие виброизоляторы.

Так как проектируемое устройство предполагается использовать без виброизоляторов, то в этом случае плата является единственной колебательной системой.

Жесткость платы зависит от материала, формы, геометрических размеров и способа закрепления.

Печатная плата разрабатываемого прибора изготовлена из стеклотекстолита марки СФ – 2Н – 50 - 2. Она имеет прямоугольною форму следующих размеров: ахbxh =140x140x2 мм

Крепится плата в устройстве в четырех точках крепления (см.рис.5. 1).

# Крепление платы

Рис. 5.1

При расчете собственной частоты вибрации печатной платы используют следующие допущения:

- плата представляется в виде модели распределенными массами и упругими демпфирующими связями;

- ЭРЭ на плате располагаются равномерно на ее поверхности;

- плата с элементами принимается аз тонкую пластину, так как  - толщина платы принимается постоянной, h = const;

- материал платы однородный, идеально упругий, изотропный;

- возникающие изгибные деформации малы по сравнению с толщиной платы;

- при изгибе платы нейтральный слой не подвергается деформации растяжения (сжатия).

Основная резонансная частота колебаний платы, определяется по формуле:

, (5.42)

где - поправочный коэффициент, учитывающий способ закрепления платы (в четырех точках); - длина платы; D - цилиндрическая жесткость платы; m - распределенная по площади масса платы и элементов;

Цилиндрическая жесткость платы определяется по формуле:

, (5.43)

где - модуль упругости материала платы;  - толщина платы;- коэффициент Пуассона.



Распределенная по площади масса платы и элементов определяется из выражения:

, (5.44)

где - удельная плотность материала платы; - масса элементов, установленных на плате:

, (5.45)

где - масса i - го элемента, установленного на плате; n=129 - количество элементов, установленных на плате.

Так как , то из формулы (5.45):



Подставляя найденные величины в формулу (5.42), определим частоту собственных колебаний печатной платы:



В результате механических воздействий печатная плата подвержена усталостному разрушению, в особенности при возникновении механического резонанса. Чаще всего усталостные отказы проявляются в виде обрыва проводников, разрушения паянных соединений, нарушения контактов в разъемах. Подобные разрушения можно предотвратить, если обеспечить выполнение условия:

 (5.46)

где - минимальная частота собственных колебаний платы; - ускорение свободного падения, g = 9.81м/c2; - безразмерная постоянная, выбираемая в зависимости от частоты собственных колебаний и воздействующих ускорений; - максимальные вибрационные перегрузки, выраженные в единицах g.Получим,

.

Условие (5.46) выполняется (). Следовательно, проектируемая плата будет иметь достаточную усталостную прочность при гармонических вибрациях.

Проектируемое устройство в процессе эксплуатации будет подвергаться воздействию вибраций в диапазоне 30...120 Гц.

Определим эффективность виброзащиты по формуле:

, (5.47)

где - верхняя частота диапазона воздействующих частот, Гц; - резонансная колебаний печатной платы, Гц.

Подставив значения, получим:

.

Таким образом можно сказать, что спроектированное устройство на 67٪ защищено от вибрационных воздействий.

* 1. Проектирование и расчет катушки газонатекателя

Выбор обоснование конструкции прибора необходимо начать с выбора и расчета рабочего органа. Это необходимо для получения заданных выходных характеристик схемы усиления при известной магнитной индукции на рабочей поверхности катушки.

В промышленных устройствах катушки и постоянные магниты обычно помещают в корпус из пластмассы, что диктуется как требованиями электробезопасности и санитарной обработки, так и соображениями эргономики и эстетики. В катушках для сохранения возможно большего диаметра полости особое внимание обращают на то, чтобы прослойка воздух— пластмасса по внутреннему диаметру была незначительной. Увеличение толщины обмотки катушки тоже нежелательно, иначе возрастает масса. В то же время при неизменном внутреннем диаметре увеличение толщины обмотки может быть целесообразным в том случае, если необходимо повысить магнитную индукцию, которая пропорциональна среднему радиусу. Для электромагнита и постоянного магнита расстояние между пластмассовой рабочей поверхностью и расположенным под ней полюсом по возможности уменьшают, иначе область наибольшей интенсивности магнитного поля окажется неиспользованной.

Зона действия источника тем дальше распространяется, чем более удалены друг от друга полюса. Поэтому глубина проникновения поля зависит от нормированной длины индуктора и растет по мере увеличения ее.

Толщину корпуса катушки принимаем 1 см.

В качестве рабочего органа натекателя могут использоваться электромагниты и соленоиды. Применение электромагнитов целесообразно в натекателе, т.к. магнитное поле концентрируется внутри него. Также электромагниты обладают большей магнитной индукцией по сравнению с соленоидами, а следовательно при одинаковой индукции меньшими габаритными размерами, потребляемой мощностью, проще в эксплуатации. Поэтому в разрабатываемом приборе будем использовать электромагнит.

Прямоугольные или цилиндрические сердечники индукторов-электромагнитов, предназначенных для создания переменного магнитного поля, изготавливаются из листовой или ленточной (рулонной) электротехнической стали. Из-за наличия изоляции между пластинами или слоями ленты и невозможности их плотной укладки коэффициент заполнения сечения сердечника сталью всегда меньше единицы. Наибольший коэффициент заполнения – у ленточных магнитопроводов. Поэтому часто используют сердечник П-образной формы с прямоугольным сечением, который представляет собой половину разрезного ленточного магнитопровода типа ПЛ, ПЛМ или ПЛР, габариты которого выбирают по ГОСТ 22050—76 “Магнитопроводы ленточные. Типы и основные размеры”.

Для изготовления прямых сердечников с прямоугольным сечением нужны изолированные пластины без отверстий, которые собирают в пакеты. Целесообразно применение готовых пластин, например, 1-образных (см. ГОСТ 20249—80). Направление длинной стороны этих пластин совпадает с направлением проката, если они изготовлены из анизотропного материала. Когда стандартные размеры не подходят, пластины вырезают вдоль длинной стороны листа электротехнической стали.

Если предполагается круглое поперечное сечение сердечника, как у разрабатываемого электромагнита, то на практике оно реализуется в виде симметричной ступенчатой фигуры, вписанной в окружность, которая в этом случае является диаметром стержня. Ступенчатое сечение его образуется пакетами пластин. Число ступеней, определяемое по числу пакетов в одной половине круга, может быть различным. Увеличение числа ступеней повышает коэффициент заполнения сталью, но одновременно увеличивает число типов пластин, имеющих различные размеры, и тем самым усложняет их заготовку и сборку.

# Катушка (вид сверху) с сердечником ступенчатого сечения

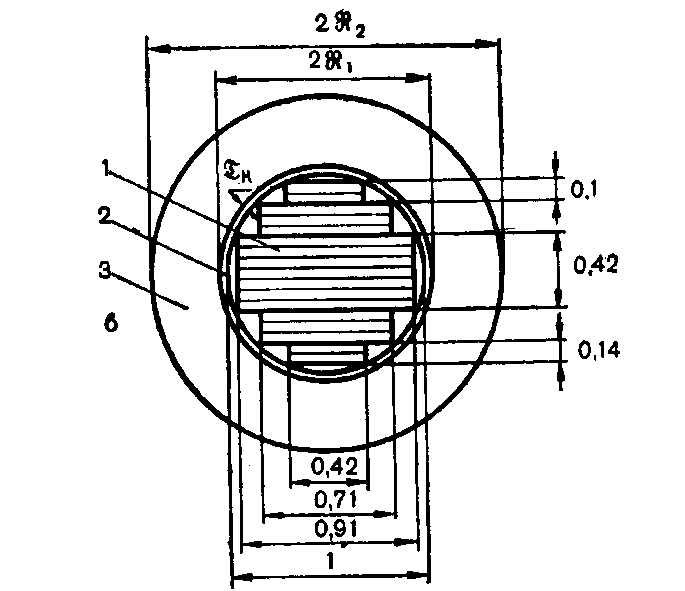


Рис. 5.2

1 – сердечник; 2 – гильза каркаса; 3 – щека каркаса.

Когда сердечник определен, находят габариты каркаса катушки, который изготавливается по форме сердечника.

Расчет электромагнита-индуктора необходимо начинать с задания размеров индуктора, задания намоточных характеристик.

Необходимо задаться расчетной частотой исходя из данных представленных в пункте 2, принимаем 8. Для изготовления провода принимаем материал провода медный, так как он при одинаковых прочих условиях он обеспечивает большие магнитные поля, чем алюминиевый. Диаметр провода принимаем равным 1,5 мм.

Внутренний радиус обмотки принимаем равным 10 мм. Внешний радиус – 26 мм. Средний диаметр индуктора рассчитывается по формуле:

D=Rвнеш + Rвнутр, (5.48)

где Rвнеш – внешний радиус обмотки, равный как было указано выще 26 мм, Rвнутр – внутренний радиус, равный 10 мм.

Dср =10+26=36 мм

Средний диаметр обмотки является важной характеристикой индуктора-электромагнита и в при дальнейших расчетах будет использоваться как нормировочная характеристика.

Также важным параметром является толщина обмотки, определяемая по формуле:

T= Rвнеш – Rвнутр (5.49)

T = 26 –10 = 16 мм

Выше было указанно, что индуктор круглый в сечении, поэтому средний радиус обмотки будет определяться по формуле:

L=πDср (5.50)

L= 3,14 \* 36 = 113.04 мм

Дальше по предложенной методике расчета необходимо провести нормирование толщины и длинны обмотки относительно толщины, чтобы в дальнейшем использовать экспериментально полученные кривые. Нормированная толщина равна:

t = 2T/Dср (5.51)

Получим:

t = 2\*16/36 = 0.8

Нормированная длинна равна:

l = 2L/Dср (5.52)

l = 2\*113.04/36 = 6,28

Рассчитаем некоторые намоточные характеристики индуктора-электромагнита. Так как провод имеет круглое сечение, то его диаметр определим по формуле:

d = π\*Dср2  (5.53)

Подставив в формулу значение константы π равной 3,14 и значение среднего диаметра обмотки получим:

S = 3,14\*362 =4069.4 мм2

Коэффициент заполнения обмотки проводником как рекомендовала методика выбираем из диапазона (0,5...0,7), принимаем – 0,5.

Для упрощения дальнейших расчетов необходим параметр называемый площадь осевого сечения обмотки, заполненная проводником. Он расчитвается как:

γ = λ\*T\*L, (5.54)

где λ - коэффициент заполнения обмотки проводником, как было указано выше принимаем – 0,5.

γ = 0,5\*16\*113.04 = 904.3 мм2

Определим масса провода (без изоляции):

Mпр = a\*D\*γ\*10-2, (5.55)

где а – постоянная зависящая от материала провода, для меди она равна 2,8.

Мпр = 2,8\*36\*904.3\*10-2= 0.0431 кг

Определим количество витков индуктора по формуле:

w = λ\*10-2/S (5.56)

w = 0,5\*10-2/4.07 ≈ 4000 витков

Длинна провода необходимая для получения 4000 витков на катушке принятых размеров определим как:

Λ = π\*Dср\*w\*10-2  (5.57)

Λ = 3,14\*3.6\*4000\*10-2 = 452,14 см

Активное сопротивление провода:

Rc = b\*Λ\*10-2/S, (5.58)

где b – постоянная зависящая от материала провода, для меди принимаем равной 1,7.

Rc = 1,7\*452.14\*10-2/4069,4= 0.164 Ом

Далее необходимо определить коэффициент, который при известных нормированной толщине обмотки и нормированной длинне определяется по экспериментально полученным графикам представленным а приложении. Постоянная времени соленоида определяется по формуле:

τ = Dср2\*λ\*ζ (5.59)

τ = 3.62\*0,5\*0,6 = 3,88 мс

Индуктивность соленоида определяется как:

Lн = Rc \* τ (5.60)

Lн = 0.164\*3.88 = 63.76 мГн

Для проведения дальнейших расчетов необходимо определить множитель ψ. Он определяется по формуле:

ψ = , (5.61)

где ω - циклическая частота.

=1,58

Полное сопротивление индуктора рассчитываем по формуле:

Z = Rc\*ψ (5.62)

Z = 0.164\*1,58 = 0.26

Плотность тока в индукторе принимаем априорно из диапазона 2..3,5 А для меди и 1,5-2 А для алюминия. Принимаем 3А так как провод медный.

Сила тока в индукторе рассчитываем как:

I = j\*S, (5.63)

где j –плотность тока, как ранее было указанно принимаем равным 3А.

I = 3\*4069.4 = 12,28 A

Напряжение на индукторе по формуле:

UL = Z\*I (5.64)

UL = 0.26\*12,28 = 3.19 ≈ 3 Вт

Рассчитаем полную мощность потребляемую индуктором при постоянном токе:

Р= UL\*I (5.65)

Эта максимальная потребляемая мощность индуктора.

P = 3\*12.28 = 36.8 Вт

Пронормируем расстояние на рабочей поверхности индуктора-электромагнита. Зная толщину пластмассового корпуса – 1 см по формуле:

x = 2\*X/Dср (5.66)

Магнитная индукция постоянного поля (f=0) по формуле:

В = 1,4\*Dср\*t\*λ\*j\*K, (5.67)

где К – коэффициент определяемый по экспериментально полученным графическим зависимостям приведенным в приложении, зная нормированную длину обмотки и нормированное расстояние на котором рассчитывается магнитная индукция.

# В = 1,4\*3.6\*3.88\*0,5\*3\*0,65 = 19,063 мТл

Амплитудное значение магнитной индукции переменного поля как:

Ва = 2\* Dср\*t\*λ\*j\*K (5.68)

Ва = 2\*3.6\*3.88\*0,5\*3\*0,65 = 27,23 мТл

6. Технологическая часть

6.1 Расчет комплексного показателя технологичности печатной платы

Под технологичностью конструкции (ГОСТ 18831-73) понимают совокупность её свойств, проявляющихся в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями конструкций изделий того же назначения при обеспечении заданных показателей качества.

Отработка конструкций на технологичность в соответствии с ГОСТ 14.201-73 ЕСТПП включает:

1) комплекс работ по снижению трудоёмкости и себестоимости изготовления изделий:

- повышение серийности посредством стандартизации, унификации и группирования изделий и их элементов по конструктивным признакам;

- ограничения номенклатуры элементов и применяемых материалов;

- преемственность освоенных в производстве конструктивных решений;

- снижение массы изделий; -применение высокопроизводительных типовых технологических процессов и средств технологического оснащения;

2) комплекс работ по снижению трудоёмкости, цикла и стоимости ремонта при эксплуатации:

- рациональным выполнением конструкций, обеспечивающим удобство технического обслуживания и ремонта;

- повышением надёжности и ремонтопригодности конструкции.

Вид изделия, объём выпуска, тип производства и уровень развития науки и техники являются главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкции изделия. Для оценки технологичности конструкции используются многочисленные показатели, которые делятся на качественные и количественные. К качественным относятся взаимозаменяемость, регулируемость, контролепригодность и инструментальную доступность конструкции. Количественные показатели согласно ГОСТ 14.201-73 ЕСТПП классифицируются следующим образом:

1) базовые (исходные) показатели технологичности конструкций, регламентируемыми отраслевыми стандартами;

2) показатели технологичности конструкций, достигнутые при разработке изделий;

3) показатели уровня технологичности конструкций, определяемые как отношение показателей технологичности разрабатываемого изделия к соответствующим значениям базовых показателей.

При выборе показателей технологичности согласно ГОСТ 14.202-73 ЕСТПП учитывают, что они могут быть:

1) по значимости - основными и дополнительными;

2) по количеству характеризуемых признаков - частными и комплексными;

3) по способу выражения - абсолютными и относительными.

Номенклатура показателей технологичности конструкций выбирается в зависимости от базы изделия, специфики и сложности конструкции, объёма выпуска, типа производства и стадии разработки конструкторской документации. Значения относительных частных показателей технологичности должны находиться в пределах 0 < k < 1.

Номенклатура показателей технологичности сборочных единиц и блоков РЭА установлена отраслевым стандартом. В соответствии с ним все блоки РЭА условно разбиты на четыре класса:

- радиотехнические, к которым относятся приёмно-усилительные приборы и блоки, источники питания генераторы сигналов, телевизионные блоки;

- электронные, к которым относятся логические и аналоговые блоки оперативной памяти, блоки автоматизированных систем управления и электронно-вычислительной техники, где число ИМС больше или равно числе ЭРЭ;

- электромеханические, к ним относятся механизмы привода, отсчётные устройства, кодовые преобразователи;

- коммутационные - к этим устройствам относятся соединительные, распределительные блоки, коммутаторы.

В нашем случае устройство относится к радиотехническому. Анализ устройства на технологичность проводится с целью проверки, насколько изделие обеспечивает следующие требования:

- максимальное использование в конструкции изделия стандартных, нормализованных и заимствованных деталей и узлов;

- механизацию и автоматизацию отдельных технологических операций и всего процесса в целом;

- применение наиболее прогрессивных методов выполнения заготовительных, сборочных и контрольных операций;

- обоснованное определение классов чистоты и точности изготовления деталей и узлов;

- минимальное количество применяемых марок и типоразмеров материалов;

- применение типовых технологических процессов;

- использование стандартной и нормализованной технологической оснастки и оборудования.

Анализ и отработка конструкции изделия на технологичность должны проводится с учётом программы его выпуска и конкретных условий завода-изготовителя. Для оценки технологичности конструкции применяется система относительных частных показателей  и комплексный показатель , рассчитываемый по средневзвешенной величине относительных частных показателей с учётом коэффициентов , характеризующих весовую значимость частных показателей, т.е. степень их влияния на трудоёмкость изготовления изделия.

Для каждого блока определяется семь показателей технологичности. Затем на основании расчёта всех показателей вычисляют комплексный показатель технологичности:

, (6.1)

где - рассчитываемые показатели; - степень влияния.

Коэффициент технологичности должен находится в пределах 0<<1. Устройство управления газонатекателями относится к классу радиотехнических блоков, так как число микросхем, входящих в него, меньше, чем электрорадиоэлементов.

Произведём расчёт следующих показателей технологичности, свойственных для аппаратуры данного класса:

1. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа:

, (6.2)

где - количество монтажных соединений, которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом;- общее количество монтажных соединений.

1. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу:

, (6.3)

где - количество ИЭТ в штуках, подготовка выводов которых осуществляется механизированным или автоматизированным способом; - общее количество ИЭТ, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями конструкторской документации.

1. Коэффициент освоенности деталей и сборочных единиц:

, (6.4)

где - количество типоразмеров заимствованных деталей и сборочных единиц, ранее освоенных на предприятии;  - общее количество типоразмеров деталей и сборочных единиц.

1. Коэффициент применения микросхем и микросборок в блоке:

, (6.5)

где - общее количество дискретных элементов, заменённых микросхемами (ИМС) и установленных на микросборках (МСБ);- общее число ИЭТ, не вошедших в ИМС.

1. Коэффициент повторяемости печатных плат:

, (6.6)

где - число типоразмеров печатных плат; - общее число печатных плат.

1. Коэффициент применения типовых технологических процессов:

, (6.7)

где  и - число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых технологических процессов;  и  - общее число деталей и сборочных единиц в РЭС, кроме крепежа.

1. Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля:

, (6.8)

где - количество операций контроля и настройки, которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом; - общее количество операций контроля и настройки.

Исходные данные для расчета технологичности устройства приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1

Исходные данные для расчета технологичности

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| Количество автоматизированных монтажных соединений | 314 |
| Общее количество монтажных соединений | 345 |
| Количество ИЭТ, подготавливаемых к монтажу механизированным способом | 84 |
| Общее количество ИЭТ | 102 |
| Общее число элементов, заменённых ИМС | 420 |
| Общее количество ИЭТ, не вошедших в микросхемы | 516 |
| Число деталей, изготавливаемых с применением типовых техпроцессов | 3 |
| Число сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых техпроцессов | 5 |
| Общее количество деталей | 11 |
| Общее количество сборочных единиц | 11 |
| Количество автоматизированных операций контроля и настройки | 1 |
| Общее количество операций контроля и настройки | 4 |
| Количество типоразмеров заимствованных деталей и сборочных единиц | 5 |
| Общее количество типоразмеров деталей и сборочных единиц | 11 |
| Число типоразмеров печатных плат | 1 |
| Общее число печатных плат | 1 |
| Заданный показатель технологичности | 0,6 |

Расчёт выполнен по типовой программе RPF на ПЭВМ и приведён в приложении, а результаты в таблице 6.2.

Таблица 6.2

#### Результаты расчёта показателей технологичности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коэффициенты | Численные значения | Степень  влияния, |
| Коэффициент автоматизированного и механизированного монтажа | 1 | 1 |
| Коэффициент автоматизированной подготовки. ИЭТ к монтажу | 0,913 | 1 |
| Коэффициент освоенности деталей и сборочных единиц | 0,364 | 0,8 |
| Коэффициент применения микросхем | 0,407 | 0,5 |
| Коэффициент применения типовых техпроцессов | 0 | 0,3 |
| Коэффициент автоматизации контроля  и настройки | 0,073 | 0,2 |
| Коэффициент повторяемости печатных  плат | 0,025 | 0,1 |
| Комплексный показатель технологичности | 0,67 | |

В результате расчёта был получен комплексный показатель технологичности, равный 0.67. Поскольку = 0.67 > = 0.6, то конструкция изделия технологична и можно разрабатывать техпроцесс.

6.2 Выбор технологического оборудования, разработка и оптимизация маршрутной технологии, проектирование процесса сборки печатной платы

Проектирование технологического процесса (ТП) начинается с составления маршрутной технологии сборки на основе анализа технологической схемы сборки. Разработка маршрутной технологии включает в себя определение групп оборудования по операциям, а также технико-экономических данных по каждой операции.

При разработке маршрутной технологии необходимо руководствоваться следующим:

1) предшествующие операции не должны затруднять выполнение последующих;

2) необходимо стремиться применять наиболее совершенные формы организации производства;

3) при поточной сборке разбивка процесса на операции определяется ритмом сборки, причем время, затрачиваемое на выполнение каждой операции должно быть равно или кратно ритму;

4) после наиболее ответственных операций сборки, а также после операций, содержащих регулировку или наладку, выводится контрольная операция или переход.

Разработка маршрутной технологии проводится в соответствии с «Общими правилами разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения» (ГОСТ 14.301-73 ЕСТПП).

На основании технологической схемы сборки разрабатываем два варианта маршрутной технологии для конкретных условий производства.

Для выбора оптимального варианта технологического маршрута необходимо сравнить эти варианты, которые отличаются между собой применяемым оборудованием, средствами механизации и автоматизации и т.д.

В качестве критерия оптимальности выбираем принцип наименьшей затраты живого труда, т.е. производительность. Выбор по этому критерию основан на сравнении суммы трудоемкости по всем операциям.

Трудоемкость операций складывается из подготовительно-заключительного времени Тпз на единицу продукции и штучного времени Тшт, затрачиваемого на выполнение данной операции:

Т = Тпз / N + Тшт, (6.12)

где N – программа выпуска в штуках.

Подготовительно-заключительное время затрачивается на ознакомление с чертежом, оборудованием, наладку оборудования, получение инструктажа, детали и определяется из справочников.

Согласно отраслевому стандарту штучное время определяется как:

Тшт = Топ × (К + (К1+К2) /100), (6.13)

где Топ – оперативное время, значение которого определяется из таблиц; К – коэффициент учитывающий группу сложности и тип производства (для нашего случая К = 1.1); К1 – учитывает подготовительно-заключительное время, время обслуживания рабочих мест, личные надобности (К1 = 7.6); К2 – коэффициент, учитывающий время на регламентированные перерывы (К2 = 5).

Первый и второй варианты маршрутной технологии приведены в таблицах 6.3 и 6.4 соответственно.

# Таблица 6.3

# Первый вариант маршрутной технологии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опер | Наимено-вание операции | Тип обору-дования | Производитель-ность шт/час | Топ мин | ΣТоп мин | Тшт  Мин | ΣТшт мин | Тпз год, мин | Кзо |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 005 | Вклейка резисторов  МЛТ, диодов КД522 в ленту | ГГ-2420 | 3 000 | 0.02 | 1.22 | 0.025 | 1.5 | 4572 | 0.14 |
| 010 | Подготовка конденсато-ров | ДМВМ. 2.241.005 | 1 500 | 0.04 | 1.4 | 0.05 | 1.7 | 3302 | 0.15 |
| 015 | Подготовка диодов | вручную | 200 | 0.3 | 2.7 | 0.37 | 3.35 | 762 | 0.3 |
| 020 | Подготовка ИМС серии КР1006ВИ1 | Вручную | 300 | 0.2 | 2.4 | 0.25 | 3 | 762 | 0.27 |
| 025 | Подготовка ИМС серии КП142ЕН | Вручную | 200 | 0.3 | 0.9 | 0.4 | 1.1 | 762 | 0.1 |
| 030 | Подготовка диодных сборок | Вручную | 200 | 0.3 | 1.2 | 0.4 | 1.5 | 762 | 0.13 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 035 | Подготовка транзисторов | ДМВМ. 2.241.009 | 1 500 | 0.04 | 0.24 | 0.05 | 0.3 | 3302 | 0.03 |
| 040 | Установка диодов | УР0-1 | 3 600 | 0.02 | 1.2 | 0.02 | 1.3 | 3302 | 0.1 |
| 045 | Установка ИМС | УР-10 | 3 600 | 0.02 | 0.36 | 0.02 | 0.44 | 3302 | 0.04 |
| 050 | Установка конденсаторов | УР-5 | 2 500 | 0.02 | 0.7 | 0.02 | 0.9 | 3302 | 0.08 |
| 055 | Установка конденсато-ров, резисторов | Вручную | 200 | 0.3 | 7.8 | 0.37 | 9.7 | 762 | 0.9 |
| 060 | Установка диодов, транзисторов | Вручную | 150 | 0.4 | 6.8 | 0.5 | 8.3 | 762 | 0.71 |
| 065 | Установка диодных сборок и переключате-лей | Вручную | 150 | 0.4 | 2.4 | 0.5 | 2.9 | 762 | 0.20 |
| 070 | Установка клемм, плавкой вставки | Вручную | 200 | 0.3 | 4.2 | 0.37 | 5.2 | 762 | 0.4 |
| 075 | Установка трансформатора | Вручную | 50 | 1.2 | 1.49 | 1.49 | 7.4 | 762 | 0.6 |
| 080 | Пайка волной | ЛПМ-02 | 80 | 0.75 | 0.75 | 0.93 | 0.93 | 1397 | 0.08 |
| 085 | Очистка | Вручную | 7 | 8.6 | 8.6 | 10.6 | 10.6 | 762 | 0.91 |
| 090 | Допайка | Вручную | 6.4 | 9.35 | 9.35 | 11.6 | 11.6 | 762 | 1.0 |
| 095 | Влагозащита и сушка | кисть ИК-печь | 6.4 | 9.35 | 9.35 | 11.6 | 11.6 | 3302 | 1.0 |
| 100 | Выходной контроль | ПП-АС | 6.4 | 9.35 | 9.35 | 11.6 | 11.6 | 3302 | 1.0 |

Таблица 6.4

# Второй вариант маршрутной технологии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опер | Наимено-вание операции | Тип обору-дования | Производитель-ность, шт/час | Топ мин | ΣТоп мин | Тшт  Мин | ΣТшт мин | Тпз год, мин | Кзо |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 005 | Подготовка резисторов, диодов | Вручную | 580 | 0.1 | 7.5 | 0.13 | 9.85 | 762 | 0.9 |
| 010 | Подготовка кон-денсаторов | Вручную | 580 | 0.1 | 2.0 | 0.12 | 2.5 | 762 | 0.21 |
| 015 | Подготовка транзисторов | Вручную | 300 | 0.2 | 1.4 | 0.25 | 1.75 | 762 | 0.15 |
| 020 | Подготовка диодных сбо-рок и ИМС | Вручную | 300 | 0.2 | 1.4 | 0.25 | 1.75 | 762 | 0.15 |
| 025 | Установка резисторов, диодов | Стол програм-мной сборки | 120 | 0.5 | 37.5 | 0.62 | 46.5 | 762 | 4 |
| 030 | Установка ИМС | Стол программ-ной сборки | 80 | 0.75 | 13.5 | 0.93 | 16.74 | 762 | 1.4 |
| 045 | Установка конденсаторов | Стол программ-ной сборки | 200 | 0.3 | 6.0 | 0.37 | 7.4 | 762 | 0.63 |
| 050 | Установка транзисторов | Стол программ-ной сборки | 120 | 0.5 | 3.5 | 0.62 | 4.3 | 762 | 0.37 |
| 055 | Установка клемм и плав-ких вставок | Стол програм-мной сборки | 200 | 0.3 | 4.2 | 0.37 | 5.2 | 762 | 0.47 |
| 060 | Установка кренов и тран сформатора | Стол програм-мной сборки | 50 | 1.2 | 1.49 | 1.49 | 7.4 | 762 | 0.6 |
| 065 | Пайка волной | ЛПМ-02 | 80 | 0.75 | 0.75 | 0.93 | 0.93 | 1397 | 0.08 |
| 070 | Очистка | Вручную | 7 | 8.6 | 8.6 | 10.6 | 10.6 | 762 | 0.91 |
| 075 | Допайка | Вручную | 6.4 | 9.35 | 9.35 | 11.6 | 11.6 | 762 | 1.0 |
| 080 | Влагозащита и сушка | Кисть, ИК-печь | 6.4 | 9.35 | 9.35 | 11.6 | 11.6 | 3302 | 1.0 |
| 085 | Выходной контроль | ПП-АС | 6.4 | 9.35 | 9.35 | 11.6 | 11.6 | 3302 | 1.0 |

Коэффициент загрузки оборудования Кзо, указанный в этих таблицах определяется по следующей формуле:

Кзо = ΣТшт / Тв, (6.14)

где Тв – такт выпуска.

Теперь по формуле (6.12) определяем суммарную трудоемкость для двух вариантов:

Т1 = 131.79 + 53 086 / 10 000 = 137 (мин),

Т2 = 205.52 + 33 528 / 10 000 = 209 (мин).

Так как суммарная трудоемкость по первому варианту ниже, то он будет более производительным. Для определения границ оптимальности каждого варианта необходимо графическую интерпретацию выражения (6.12), которая представляет собой прямую линию (см. рисунок 6.1), а также рассчитать критическую программу выпуска:

, (6.15)

Согласно этой формуле получаем:

 (шт)

Из этого графика видно, что для заданной программы выпуска оптимальным будет первый вариант, на который и будет приведена техническая документация. Коэффициент Кзо для механизированных и автоматизированных операций условно принят за единицу, так как в свободное время данное оборудование будет занято выполнением операций для других изделий.

6.3 Разработка технологической схемы сборки печатной платы

Технологическим процессом сборки называют совокупность операций, в результате которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, стойки, системы и изделия. Простейшим сборочно-монтажным элементом является деталь, которая согласно ГОСТ 2101-68 характеризуется отсутствием разъёмных и неразъёмных соединений.

Проектирование технологических процессов осуществляется для изделий конструкция которых отработана на технологичность, и включает в общем случае комплекс взаимосвязанных работ:

- разработка технологической схемы общей сборки;

- разработка технологической схемы сборки блоков и сборочных единиц;

- анализ типовых технологических процессов и определение последовательности и содержания технологических операций (маршрут сборки);

- выбор технологического оборудования и оптимального варианта технологического процесса по себестоимости или производительности;

- выбор или заказ средств технологического оснащения;

- назначение и расчёт режимов сборки;

- нормирование операций технологического процесса;

- определение профессий и квалификации исполнителей;

- выбор средств автоматизации и механизации операций технологического процесса и внутрицеховых средств транспортирования;

- организация производственных участков, составление планировок;

- оформление рабочей документации на технологические процессы.

Технологическая схема сборки изделия является одним из основных документов, составляемых при разработке технологического процесса сборки. Расчленение изделия на сборочные элементы проводят в соответствии со схемой сборочного состава, при разработке которой руководствуются следующими принципами:

- схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей, электрической и кинематической схем изделия;

- сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортировки и контроля;

- минимальное число деталей, необходимое для образования сборочной единицы первой ступени сборки, должно быть равно двум;

- минимальное число деталей, присоединяемых к сборочной единице данной группы для образования сборочного элемента следующей ступени, должно быть равно единице;

- схема сборочного состава строится при условии образовании наибольшего числа сборочных единиц;

- схема должна обладать свойством непрерывности, т.е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей.

Различают две основных технологических схемы сборки: веерного типа и с базовой деталью. Первая из них показывает ступени сборки и из каких деталей они образуются. Достоинством такой схемы является её простота и наглядность, но она не отражает последовательности сборки.

Более наглядной и отражающей последовательности процесса сборки является схема с базовой деталью. В качестве базовой детали выбираются платы, панели, шасси или другие детали, с которых начинается сборка. Направление движения деталей и узлов на схемах показывается стрелками.

При построении технологической схемы сборки каждую деталь изображают прямоугольником, в котором необходимо указывать номер детали, её наименование, а так же их количество, необходимое для сборки.

Допускается изображение крепёжных деталей кружочками, в которых указывается позиция по сборочному чертежу. Сборочные единицы изображаются в виде прямоугольников с указаниями ступени сборки и номера узла.

На технологических схемах сборки наносятся указания по выполнению сборочных операций. Технологические указания необходимо помещать в прямоугольник, ограниченный штриховой линией, а место его выполнения указывается наклонной стрелкой.

Базовой деталью является плата. Для определения количества устанавливаемых ЭРЭ и ИМС на плату в ходе выполнения сборочных операций необходим предварительный расчёт ритма сборки:

Тв = Фд / Nр, (6.9)

где Фд – действительный годовой фонд рабочего времени; Nр – программа выпуска с учетом коэффициента брака.

Для определения Фд используется следующая формула:

Фд = n×(a / b)×у×Крег.пер×60 (мин.), (6.10)

где n – количество рабочих дней в году (n = 254); а – продолжительность рабочей недели (а = 40 ч); в – количество рабочих дней в неделе (в = 5); у – число смен (у = 1); Крег.пер – коэффициент регламентированных перерывов (Крег.пер = 0.95).

Для определения Nр используется следующая формула:

Nр = N × (1+α / 100), (6.11)

где α - возможные технологические потери (α = 2٪).

По формуле (6.10) получаем:

Фд = 254× (40/5)×1×0.95×60=11582(мм)

По формуле (6.11) получаем:

Nр = 10 000 × (1 + 2/100) = 10 200 (шт)

Подставив значение Фд и Nр в формулу (6.9) получаем, что такт выпуска равен:

Тв = 11582 / 10 200 = 1.35 (мин)

Оптимальная последовательность технологических операций зависит от их содержания, используемого оборудования и экономической эффективности. В первую очередь выполняются подвижные соединения, требующие значительных усилий. Каждая предыдущая операция не должна препятствовать выполнению последующих. На заключительных этапах собираются подвижные части изделия, разъемные соединения.

При построении технологической схемы сборки каждую деталь изображают прямоугольником. Из-за большого количества деталей, электрорадиоэлементов и интегральных микросхем технологическая схема сборки получится громоздкой. Поэтому целесообразно составить укрупненную схему сборки, включающую лишь группы ЭРЭ и ИМС.

Количество элементов, устанавливаемых по i-ой операции, должно учитывать соотношение:

0,9 < Ti / Tв < 1,2, (6.12)

где Тi – трудоемкость i-ой операции сборки.

Учитывая соотношение (6.12) была построена технологическая схема сборки устройства управления газонатекателями при магнетронном распылении. (Смотри приложение)

Как видно из представленной схемы сборки многие операции установки ЭРЭ и ИМС объединены, что объясняется довольно большим тактом.

# 7. Технико–экономическое обоснование конструкции

Настоящая глава посвящена расчёту экономического эффекта от внедрения устройства управления газонатекателями. Такой прибор предназначен для регулирования расхода газа при магнетронном распылении.

Известно, что конструкция должна отвечать не только техническим и технологическим параметрам, но и быть экономически выгодной, прибыльной для производства. Чтобы удостовериться в этом на этапе конструкторской разработки проводят приблизительный расчет экономической эффективности производства прибора.

Расчёт экономического эффекта произведён по методике, изложенной в . Экономический эффект мероприятия НТП определяется по условиям изготовления продукции за расчётный период. Экономический эффект рассчитывается по формуле:

 (7.1)

где Рт – стоимостная оценка результата от мероприятия НТП, руб; Зт – стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия НТП, руб; Т – расчётный период (лет).

Расчетный период – это время, в течении которого капиталовложения оказывают воздействие на производственный процесс. Примем расчетный период равный четырем годам.

Приведение к расчетному году tр осуществляется путем умножения разновременных затрат и результатов за каждый год на коэффициент приведения, равный

at = (1+Eн), (7.2)

где Ен – норматив приведения разновременных затрат и результатов; tp – расчетный год; t – год, затраты и результаты которого приводятся к расчетному году, Ен = 0.25.

За расчетный год принимается год финансирования работ по осуществлению мероприятия.

Абсолютную величину прибыли Pt, оставшуюся в распоряжении предприятия в году t определяется по формуле:

Pt = (Цt–Ht–Ot)\*Nt\*(1– Hn / 100%), (7.3)

где Цt – прогнозируемая цена изделия в году t, руб.; Ht – себестоимость единицы изделия в году t, руб.; Ot – косвенные налоги, включаемые в цену изделия в году t, руб.; Nt – объем выпуска в году t, шт.; Hn – кредит налога на прибыль в году t,%.

### 7.1 Расчет себестоимости и отпускной цены единицы продукции

Расчет себестоимости и отпускной цены единицы продукции производится для определения реальной цены продукции и анализа возможности реализации по данной оптовой цене. Если цена изделия будет неприемлемо велика, то на него будет отсутствовать должный спрос и, следовательно, его производство может оказаться нерентабельным.

Сначала нужно рассчитать затраты на материалы (таблица 7.1), на покупку полуфабрикатов и комплектующих (таблица 7.2) и оплату труда рабочих (таблица 7. 3).

Таблица 7.1

Расчет затрат на материалы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование материала | Кол-во | Цена, руб. | Сумма, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Сталь | 0.5 | 60000 | 30000 |
| Стеклотекстолит | 0.06 | 300000 | 18000 |
| Припой ПОС 61 | 0.05 | 450000 | 22500 |
| Флюс ФКТ | 0.02 | 150000 | 3000 |
| Провод монтажный | 0.2 | 100000 | 20000 |
| Транспортно-заготовительные расходы | | | 2000 |
| Итого | | | 95500 |

Транспортно-заготовительные расходы составляют 5% от всей затраченной суммы.

Таблица 7.2

Расчет затрат на покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Кол-во шт. | Цена, руб. | Сумма, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ручка | 1 | 2500 | 2500 |
| Ножка | 4 | 4000 | 16000 |
| Датчик | 1 | 40000 | 40000 |
| Ручка | 1 | 1500 | 1500 |
| Кабель | 2 | 10000 | 20000 |
| Винт | 56 | 200 | 11200 |
| Гайка | 28 | 300 | 8400 |
| Вольтметр | 1 | 25000 | 25000 |
| Ручка | 1 | 1000 | 1000 |
| Шайба | 28 | 100 | 2800 |
| Клемма | 1 | 6000 | 6000 |
| Переключатель | 1 | 8000 | 8000 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Резистор СПО | 1 | 3000 | 3000 |
| Тумблер | 2 | 7000 | 14000 |
| Разъем | 3 | 4000 | 8000 |
| Трансформатор | 1 | 15000 | 15000 |
| Заклепка | 8 | 50 | 400 |
| Розетка | 2 | 3000 | 6000 |
| Вилка | 2 | 3500 | 7000 |
| Микросхема | 8 | 4000 | 28000 |
| Конденсатор КМ-5а | 30 | 2000 | 60000 |
| Конденсатор К-50 | 4 | 2500 | 10000 |
| Конденсатор К-53 | 2 | 3000 | 6000 |
| Резистор СП5-2 | 7 | 1000 | 7000 |
| Резистор С2-23 | 43 | 500 | 22500 |
| Транзистор | 6 | 1000 | 2000 |
| Транспортно-заготовительные расходы (5%): | | | 18000 |
| Всего: | | | 375800 |

Затраты на оплату труда основных производственных рабочих находятся по формуле:

Зо = Кпр \* , (7.4)

где Кпр – коэффициент премирования; n – количество видов работ; Tci – часовые тарифные ставки для соответствующего разряда; Ti – норма времени по данному виду работ.

Расчёт основной заработной платы производственных рабочих приведён в таблице 7.3, а методика расчета себестоимости и отпускной цены единицы продукции – в таблице 7.4.

Таблица 7.3

Расчет основной заработной платы рабочих

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  операции | Разряд работ | Норма времени, час | Часовая тарифная ставка, руб. | Сумма, руб. |
| Заготовительная | 2 | 1.0 | 3500 | 3500 |
| Монтажная | 3 | 2.0 | 4000 | 8000 |
| Сборочная | 3 | 2.0 | 4000 | 8000 |
| Регулировочная | 5 | 0.5 | 5000 | 2500 |
| Контрольная | 4 | 0.3 | 4500 | 1500 |
| Итого с учетом премии 20% | | | | 28200 |

Таблица 7.4

Методика и результаты расчета себестоимости и отпускной цены единицы продукции

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Статьи затрат | Обозначение | Методика расчёта | Сумма, т.руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Основные и вспомогательные материалы | М | Таблица 7.1. | 95.5 |
| 2. Комплектующие изделия и полуфабрикаты | Мк | Таблица 7.2. | 375.8 |
| 3. Основная зарплата производственных рабочих | Рзо | Таблица 7.3. | 28.2 |
| 4. Дополнительная зарплата  (Нд = 20%) | Рдз |  | 5.64 |
| 5. Зарплата прочих категорий (Кпз = 1.8) | Рпк | Рпк = (Рзо + Рдз) \* Кпз | 60.912 |
| 6. Отчисления в фонд социальной защиты (Нос = 36%) | Рсц |  | 34.11 |
| 7. Возмещение износа спец. инструмента: (Низ = 15%) | Рдз |  | 4.23 |
| 8. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования  (Нсэ = 100%) | Рсэ |  | 28.2 |
| 9. Цеховые расходы:  (Нц = 100%) | Рц |  | 28.2 |
| Итоговая цеховая себестоимость | Сц | Сц=М+Мк+Рзо+Рдз+Рпк+Рсц+Рсэ+Рц | 660.75 |
| 10.Общезаводские расходы:  (Нз = 150%) | Роб |  | 42.3 |
| 11.Отчисления в бюджет и внебюджетные фонды  (Нбв=9%) | Рбв |  | 6.115 |
| 12.Прочие производственные расходы (Нпр = 1%) | Рпр |  | 7.092 |
| Производственная себестоимость | Спр | Спр = Сц + Рпр +Роб+Рбв | 716.26 |
| 13. Внепроизводственные расходы (Нвн = 2%) | Рвн |  | 14.325 |
| 14. Нормативная прибыль на единицу продукции  Ури = 30% | П |  | 286.5 |
| Полная себестоимость | Сп | Сп = Спр + Рвн | 730.58 |
| 15. Добавленная стоимость (На = 10%)  Амортизационные  отчисления | ДС  Ао | ДС = Рзо + Рдз + Рпк + Рсц + Ао + П  Ао = Рзо \* На/100% | 418.19  2.82 |
| 16. Налог на добавленную стоимость (Ндс = 20%) | Рдс |  | 83.635 |
| 18. Отчисления в спецфонды (Нспц = 1,25%) | Рспц |  | 13.76 |
| 19. Свободная отпускная цена | Ц | Ц = Сп + П + Рдс + Рспц | 1115 |

7.2 Расчёт единовременных затрат

К единовременным затратам в сфере производства относятся: предпроизводственные затраты (Кппз.) и капитальные вложения в производственные фонды завода изготовителя (Кп.ф.):

. (7.5)

Предпроизводственные затраты определяются по формуле:

, (7.6)

где Sниокр – сметная стои?ость НИОКР, руб.; Косв – затраты на освоение производства и доработку опытных образцов, изготовление моделей и макетов, руб.

Затраты на материалы и комплектующие при проведении НИОКР примем равными:

м = 1.2 (М + Мк), (7.7)

где М и Мк – стоимость материалов и комплектующих соответственно.

Расчёт основной заработной платы производственного персонала, занятого по теме НИОКР, приведён в таблице 7.5.

Таблица 7.5

Основная заработная плата производственного персонала

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Исполнители | Количество месяцев  работы | Месячный оклад,  т.руб. | Сумма заработной платы, т.руб |
| Руководитель проекта | 2 | 2500 | 5000 |
| Научный сотрудник | 4 | 1600 | 6400 |
| Техник | 2 | 1200 | 2400 |
| Итого с учетом премии 20% | | | 17250 |

Таблица 7.6

Сводная калькуляция по теме НИОКР выглядит следующим образом:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование статьи | Обозначение | Методика расчета | Сумма, т.руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Расходы на материалы и комплектующие | Рм | Рм=(М+Мк)\*1.2 | 565.56 |
| 2. Основная зарплата | Рзо | Таблица7.3 | 17250 |
| 3.Дополнительная зарплата, Нд=20% | Рдз | Рдз=Рзо\*Нд/100% | 3450 |
| 4. Зарплата прочих категорий работающих, Кпк = 1 | Рпк | Рпк=(Рзо+Рдз)\*Кпк | 17250 |
| 5.Отчисления в фонд социальной защиты, Нсц=36% | Рсц | Рсц=(Рзо+Рдз+Рпк)\* | 13662 |
| 6. Расходы на научные командировки, Нком = 5% | Рком | Рком=Рзо\*Нком/100% | 862.5 |
| 7. Прочие расходы: Нпр = 8% | Рпр | Рпр=(Рзо+Рдз+Рпк+Рм+  +Рсц+Рком)\* | 4243.05 |
| 8. Накладные расходы,  Нкос=150% | Ркос | Ркос=Рзо\*Нкос/100% | 25875 |
| 9. Полная себестоимость | Сп | Сп=Рзо+Рдз+Рпк+Рм+Рсц+  +Рком+Рпр+Ркос | 83158.1 |
| 10.Отчисления на поддержку с/х производителей, Нс/х=1% | Рс/х | Рс/х= | 831.58 |
| 11. Отпускная цена | Цотп | Цотп=Сп+Рс/х | 83989.68 |

Затраты на освоение производства примем равным:

Косв = 0,1 \* Цотп (7.8)

Получим Косв = 8398.968 т. руб.. Тогда предпроизводственные затраты по формуле (7.6) равны Кппз = 92388.65 т. руб.

На основании расчётов, приведённых ранее, определяется целесообразность внедрения инженерного проекта. Расчёт экономического эффекта приведён в таблице 7.6

Чистая прибыль с учётом 25% налогооблажения определяется по формуле (7.3).

 т.руб.

Таблица 7.7

Расчёт экономического эффекта

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Единицы измерения | Расчётный период | | | |
|  |  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| 1. Прогнозируемый объём | шт. | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 2. Прогнозируемая цена | т.руб. | 1115 | 1115 | 1115 | 1115 |
| 3. Себестоимость единицы продукции | т.руб. | 731 | 731 | 731 | 731 |
| 4. Чистая прибыль | млн.руб. | 2006.2 | 2006.2 | 2006.2 | 2006.2 |
| 5. То же с учётом фактора времени | млн.руб. | 2006.2 | 1604.96 | 1338.14 | 1027.18 |
| Затраты: | | | | | |
| 6.Предпроизводственные затраты | млн.руб. | 92.388 | –––– | –––– | –––– |
| 7. Затраты на рекламу | млн.руб | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 8. Всего затрат | млн.руб. | 152.388 | 60 | 60 | 60 |
| 9. То же с учётом фактора времени | млн.руб | 152.388 | 48 | 40.02 | 30.72 |
| Экономический эффект: | | | | | |
| 10.Превышение результата над затратами | млн.руб. | 1853.8 | 1556.96 | 1297.94 | 996.46 |
| 11.То же нарастающим итогом | млн.руб. | 1853.8 | 3410.82 | 4708.76 | 5705.22 |
| 12.Коэффициент приведения | едениц | 1.00 | 0.8 | 0.667 | 0.512 |

Исходя из таких результатов можно сказать, что изделие может быть вполне рентабельным и при стабильном выпуске и должной реализации даст достаточно ощутимый экономический эффект.

8. Охрана труда, техника безопасности и охрана окружающей среды

8.1 Понятие охраны труда и ее социально-экономическое значение

Согласно статье 221 Трудового Кодекса РБ охрана труда - это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, которая включает правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические и реабилитационные меры.

Анализ состояния охраны, безопасности и гигиены труда, производственного травматизма и профессиональных заболеваний в РБ свидетельствует о наличии в этой области острых социальных проблем.

Ежегодно на производстве травмируется более 12 тысяч работающих. Из них свыше 300 погибает, около 800 получают тяжелые увечья и становятся инвалидами. Отличается рост тяжести последствий производственного травматизма, числа групповых несчастных случаев. Уровень производственного травматизма с летальными исходами более чем в 3 раза превышает аналогичный показатель большинства экономически развитых стран.

Наметилась устойчивая тенденция ухудшения условий труда, санитарно-бытового и лечебно-профилактического обеспечения на производстве. Только в промышленности в условиях, не отвечающим стандартам безопасности труда и гигиеническим нормативам, занято более трети работающих. За последние пять лет профзаболеваемость в РБ возросла в 1.5 раза.

Неудовлетворительное состояние условий и охраны труда связано прежде всего с низким уровнем технического оснащения многих производств, применением устаревшего оборудования, технологий и несоответствием требованиям безопасности труда основных производственных фондов.

Финансирование мероприятий по охране труда осуществляется предприятиями, организациями, учреждениями за счет средств:

-цеховых и общепроизводственных расходов;

-смены расходов бюджетных учреждений;

-амортизационного фонда;

-банковского кредита;

-государственных капитальных вложений, включая развитие производства, если мероприятия являются капитальными.

Средства фондов охраны труда формируются за счет отчислений средств предприятий:

- средств, полученных от применения органами государственного надзора и контроля штрафных санкций к предприятиям за нарушение нормативных актов по охране труда;

- средств от взысканий этими органами штрафов с работников, виновных в нарушении установленных требований безопасности:

- добровольных взносов отдельных предприятий, общественных организаций и граждан, а также иных поступлений.

Согласно Трудовому Кодексу РБ (ст. 222) каждый работник имеет право:

- на рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов, которые могут вызвать производственную травму, профессиональное заболевание или снижение работоспособности;

- на получение достоверной информации от нанимателя или органов управления о состоянии условий труда на рабочем месте, о возможности риска повреждения здоровья, о принятых мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

- на обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в состоянии с требованиями нормативных актов;

- на обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств нанимателя;

- на профессиональную переподготовку за счет средств нанимателя в случае приостановки деятельности или закрытия предприятия, цеха, участка либо ликвидации прежнего рабочего места, а также потери трудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием;

- на возмещение вреда, причиненного жизни и здоровью, связанного с исполнением работником трудовых обязанностей;

- на отказ работника без каких-либо необоснованных последствий от выполнения работ в случае возникновения непосредственной опасности для его жизни и здоровья до ее устранения;

- на обращение с жалобой в государственные органы управления, надзора, контроля, профсоюзные объединения;

- на проведение медицинских осмотров за счет средств нанимателя в порядке, определяемом Минздравом.

Надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде, требований нормативно-правовых актов (документов) по охране, безопасности и гигиене труда в РБ осуществляется:

- специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции;

- Верховный Совет РБ;

- Генеральный прокурор РБ и подчиненные ему прокуроры в соответствии с законодательством.

К специальным уполномоченным государственным органам и инспекциям по охране труда относятся: Комитет по инспекции труда при Министерстве труда ТР.

Основными задачами комитета по инспекции труда являются:

- осуществление государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде и требований нормативных правовых актов по охране труда;

- профилактика, выявление и пресечение нарушений законодательства о труде, правил по охране труда, в том числе с применением санкций к нанимателям и должностным лицам, допустившим также нарушения;

- координация деятельности других специально уполномоченным государственных органов надзора и контроля, специализированных и отраслевых инспекций по охране труда и технике безопасности;

- проведение расследований несчастных случаев на производстве и контроль за соблюдением нанимателями положения о расследовании несчастных случаев на производстве;

- сбор и анализ информации о несчастных случаях на производстве и профессиональных заболеваниях, нарушений законодательства о труде и требований нормативных актов по охране труда, подготовка предложений по их предупреждению;

- участие в подготовке законодательных и нормативных актов о труде по вопросам, входящим в его компетенцию.

Комитет по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике при Министерстве по чрезвычайным ситуациям РБ.

Санитарно-эпидемиологическая служба Министерства здравоохранения РБ.

Главная государственная инспекция по надзору за техническим состоянием машин и оборудования Министерства сельского хозяйства и продовольствия РБ.

Государственный энергетический надзор в РБ.

Комитет по надзору за ведением работ в строительстве при Министерстве архитектуры с строительства РБ.

Главное управление пожарной службой в системе МВД РБ.

Государственный комитет по стандартизации, метрологии и сертификации РБ.

Государственная экспертиза условий труда РБ как специально уполномоченный орган контроля Минтруда за правильностью применения списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на пенсию за работу с особыми условиями труда и т.п.

Трудовым Кодексом РБ (ст. 400,465) установлено, что работники обязаны соблюдать установленные нормы по охране труда, выполнять письменные и устные распоряжения и инструкции нанимателя в соответствии с предоставленными ему полномочиями.

За нарушение норм, правил, инструкций и иных нормативных актов по охране труда работники несут дисциплинарную, материальную, административную и уголовную ответственности.

Дисциплинарная ответственность-это применение нанимателем к работнику мер воздействия, предусмотренных статьей 465 ТК РБ.

Установлены следующие дисциплинарные взыскания: замечание, выговор, увольнение.

Работник может быть привлечен к материальной ответственности за ущерб, причиненный нанимателю виновными действиями или бездействием при исполнении трудовых обязанностей.

Административная ответственность заключается в наложении штрафов на должностных лиц, виновных в нарушении законодательства о труде.

Уголовная ответственность за нарушение правил охраны труда предусмотрена Уголовным кодексом РБ. Должностное лицо, в зависимости от тяжести последствий допущенного нарушения, наказываются лишением свободы, или исправительными работами, или штрафом, или увольнением от должности.

8.2 Организация безопасности эксплуатации проектируемого устройства

Следствием научно-технического прогресса явилось превращение различных форм труда в операторскую деятельность. К операторам относятся лица, управляющие сложными техническими комплексами, машинами и системами. В деятельности операторов на первое место выступают функции слежения, контроля, регуляции и ответственности за работу системы. Наряду с оперативным руководством процессами специфичной для деятельности операторов является работа в различных условиях микроклимата.

Для обеспечения комфортных условий труда в помещениях необходимы определенные микроклиматические условия.

Под микроклиматическими условиями производственной среды понимают сочетание температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и запылённости. Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье и на надёжность работы средств вычислительной техники.

С целью создания нормальных условий для персонала ВЦ установлены нормы производственного микроклимата (ГОСТ 12.1.005-88). Эти нормы устанавливают оптимальные и допустимые значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха с учётом тяжести выполняемой работы и сезонов года.

Микроклиматические условия в комнатах должны соответствовать официальным требованиям. Нормирование микроклимата приведено в таблице 8.1

Таблица 8.1

Нормирование микроклимата

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Холодный период года | Теплый период года |
| Температура воздуха, 0С | 20-22 | 22-25 |
| Скорость движения воздуха, м/с | Не более 0,2 | 0,2-0,5 |
| Относительная влажность воздуха, % | 30-60 | 30-60 |

Наряду с регулируемой формой отопительной системы оптимальная температура в помещениях поддерживается интенсивностью естественной и искусственной вентиляции.

Уровень температуры в помещении реализуется с учетом тепла, выделяемого оборудованием. Предпочтение отдается оборудованию с малой электрической мощностью. Следует избегать напольных отопительных систем.

Для оздоровления воздушной среды необходимо применять ряд организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-профилактических мер. К организационно-техническим мерам относят: вентиляцию рабочей зоны; разработку технологических процессов, исключающих применение вредных веществ; совершенствование технологического оборудования; поддержка оборудования в исправном состоянии и т.п.

Технологический процесса сборки устройства управления газонатекателями включает следующие основные операции: установка комплектующих элементов на плату, пайка волной припоя, очистка, контрольно-регулировочные работы, маркировка, герметизация. К процессам наиболее загрязняющим относятся гальванические процессы, лакокрасочные, пайка, лужение, герметизация и пропитка узлов и радиокомпонентов аппаратуры.

Перечисленные технологические процессы приводит к локальным выделениям в воздушную среду помещений избыточного тепла, а также значительных количеств опасных и вредных веществ.

Гигиеническое нормирование вредных веществ в рабочей зоне устанавливается путем введения величины ПДК. ПДК это такая концентрация вредного вещества, которая при ежедневном воздействии в течении восьми часов или при другой продолжительности (до 48 ч. в неделю), если такое воздействие осуществляется на протяжении всего стажа человека и оно не приводит к ухудшению здоровья человека и последующих поколений.

Нормативным документом, устанавливающем величины ПДК ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Рабочая зона — пространство высотой до двух метров от уровня пола в помещении или площадки на которой постоянно или временно прибывает работающий.

В целях ограничения поступления загрязняющих веществ в воздух рабочей зоны, помещений и снижения их концентрации в зоне дыхания работающих. Обязательным является оборудование машин, технологических линий или рабочих мест средствами местной вытяжной вентиляции.

Наряду с оперативным руководством процессами специфичной для деятельности операторов является работа с различными видами дисплеев (видеотерминалов).

Помимо напряжённого нервно-эмоционального характера труда, специфических условий зрительной работы, вынужденной рабочей позы, недостатка подвижности и физической активности. Работающие за дисплеями подвергаются воздействию электромагнитных и электростатических полей, шума, неудовлетворительного освещения и микроклимата.

Для снижения вероятности воздействия вредных и опасных факторов необходимо правильно организовать рабочее место, а также обучить радиомонтажника безопасным приемам и методам работы.

Для предупреждения поражения электрическим током необходимо обеспечить:

-надежное заземление всех частей оборудования, которые могут оказаться под напряжением;

-металлорукава для защиты изоляции наружной электропроводки от механических повреждений;

-выполнение «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором 12 апреля 1969г.

Для предупреждения травмирования необходима:

-защита подвижных частей кожухами;

-блокировка привода при ручном повороте вклеивающего колеса.

Для предупреждения воздействия шума необходимо установить прокладки из звукопоглощающего материала на крышках узлов приводов вырезки.

К работе на установке допускаются лица обученные по профессии и прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с радиоэлектронным оборудованием с настоящей инструкцией по эксплуатации, пультом управления и способами аварийного отключения.

В случае временного прекращения подачи напряжения в сети и возобновление его подачи на автомат не должно произойти самопроизвольного включения механизмов, связанного с опасностью или поражением обслуживающего персонала электрическим током, независимо от положения органов управления.

При коротком замыкании должно автоматически выключатся напряжение питания автомата.

При подаче на автомат напряжения питания в пульте включения автомата должна загораться красная лампа «Сеть».

На задней стенке стола электрооборудования должен быть нанесен предупреждающий знак, соответствующий ГОСТ 12.4.026.

Освещение на рабочем месте должны быть такими, чтобы работающий мог без напряжения зрения выполнить свою работу. Утомляемость органов зрения зависит от ряда причин- недостаточность освещенности, чрезмерная освещенность, неправильное направление света.

В зависимости от специфики технологического процесса освещенность на рабочих местах регламентируется Отраслевыми нормами освещенности Н-743-73.

8.3 Режим рабочего времени и времени отдыха обслуживающего персонала

Рабочим считается время, в течении которого работник выполняет или должен выполнять свои трудовые обязанности под руководством и контролем нанимателя. Нормирование продолжительности рабочего времени работников осуществляется нанимателем с учетом ограничений, установленных законодательством о труде и коллективным договором.

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю (статья 42 Конституции РБ). Продолжительность ежедневной работы, время ее начала и окончания, перерыв для отдыха и питание могут определяться графиками сменности, утверждаемыми нанимателем по согласованию с профсоюзом. О начале и об окончании работы, а также о перерыве в работе работники должны извещаться соответствующими сигналами или другим способом. Наниматель обязан организовать учет явки а работу и ухода с работы.

При пятидневной рабочей неделе продолжительность ежедневной работы (смены) определяются правилами внутреннего трудового распорядка или графиками сменности с соблюдением установленной продолжительности рабочей недели (статья 46 Конституции РБ).

Накануне праздничных дней продолжительность работы работников сокращается на один час как при пятидневной, так и при шестидневной рабочей неделе (статья 47 Конституции РБ).

Время начала и окончания ежедневной работы предусматриваются правилами внутреннего трудового распорядка и графиками сменности в соответствии с законодательством (статья 50 Конституции РБ).

Работникам предоставляется перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов. Перерыв не включается в рабочее время (статья 57 Конституции РБ).

При пятидневной рабочей неделе работникам предоставляется два выходных дня в неделю, а при шестидневной рабочей неделе – один день (статья 58 Конституции РБ).

Все работники имеют право на ежегодный отпуск с сохранением места работы (должности) и среднего заработка (статья 66 Конституции РБ). Очередность предоставления отпусков устанавливается графиком, утвержденным нанимателем совместно с профсоюзом. График утверждается на каждый календарный год.

На государственных предприятиях в рабочее время запрещается:

а) отвлекать работников от их непосредственного выполнения работы или общественного задания и проведения мероприятий не связанных с производственной деятельностью;

б) созывать собрание, заседания и совещания по общественным делам.

Для того чтобы оператор работающий на разрабатываемой устройстве управления газонатекателями, мог без напряжения выполнять свою работу, освещения производственного помещения в котом находится установка должно иметь следующие значения:

общая освещенность - 300 лк;

местная освещенность – 700 лк;

комбинированная освещенность –1000 лк;

естественная освещенность –10 лк.

Для обеспечения безопасной работы с устройством управления и снижения вредного влияния вышеперечисленных факторов необходимо придерживаться следующих требований безопасности:

1. По способу защиты человека от поражения электрическим током дисплеи должны быть изготовлены в соответствии с 1-м классом защиты.

2. Допустимый уровень шума (эквивалентный уровень звука) на рабочем месте оператора не должен превышать 60 дБ.

3. Мощность дозы рентгеновского излучения в любой точке пространства на расстоянии 5 см от поверхности экрана дисплея не должна превышать 0,03 мкР/м при 41-часовой рабочей неделе.

4. Напряжённость электромагнитного поля в диапазоне частот 60 кГц- 300 мГц на рабочем месте оператора в течении рабочего дня не должна превышать значений, установленных ГОСТом.

5. Плотность потока ультрафиолетового излучения не должна превышать 10 Вт/м⋅м.

6. Эксплуатационная документация должна содержать указания по безопасным приёмам работ при техническом обслуживании дисплеев и требования к обслуживающему персоналу.

7. На видных местах дисплеев в виде предупредительных надписей и знаков безопасности должны быть указаны необходимые сведения.

Для создания условий труда, отвечающих требованиям санитарно-гигиенических норм, должен проводится систематический контроль параметров всех вредных факторов, влияющих на операторов, а также требований эргономики. Для правильного обоснования доплат за условия труда и разработку мероприятий по их улучшению необходима вся картина, а не оценка отдельных, наиболее доступных показателей, таких как шум, микроклимат, освещение.

Заключение

В ходе дипломного проектирования на тему “ Устройство управления газонатекателями при магнетронном распылении”, было разработано новое устройство управления газонатекателями обладающего большими достоинствами по сравнению с существующими устройствами управления.

Разработка данного устройства велась по исходным данным в качестве которых являлись: техническое задание, условие эксплуатации на проектирование и электрическая принципиальная схема.

Основываясь на эти исходные данные провели анализ технического задания, в результате которого окончательно выяснили назначение и общую характеристику прибора, а также определили требования, которые будут предъявляться к устройству входе его эксплуатации.

Из анализа электрической принципиальной схемы выяснили, что при таком ее построении будут обеспечиваться необходимые параметры точности и работоспособности проектируемого устройства.

В ходе конструкторских расчетов определили, что:

- разработанное устройство является функционально законченным устройством, состоящим из электронного блока выполненного в отдельном корпусе и газонатекателя, в состав которого входит электромагнит. Газонатекатель с помощью кабелей и разъемов подключаются к электронному блоку;

- его размеры при коэффициенте заполнения по объему , на основании компоновочного расчета, следующие: 260х270х65 мм.

- корпус выполнен без перфорации и охлаждается путем естественной конвекции, при этом перегрев корпуса блока не будет превышать, а перегрев поверхности элемента - .

- устройство изготовленное на основе современной элементной базы обеспечит заданные параметры надежности, при этом его средняя наработка на отказ равна T = 12397,8 час, а вероятность безотказной работы Р(t) = 0,98;

- печатная плата имеет размеры 140х140 мм, и вследствие того, что она двусторонняя - изготавливается химическим методом по 2-му классу точности;

- при этом разработанная печатная плата будет на 67% защищена от воздействия вибраций в диапазоне от 30 до 120Гц.

Также был произведен расчет технологичности разработанного устройства и выбрана технологическая схема сборки платы управления газонатекателями.

На основании технико-экономических расчетов определили, что чистая прибыль эффективности внедрения устройства составила 2006.2 тыс. руб., все затраты окупятся уже к концу первого года выпуска изделия.

В разделе охраны труда и экологической безопасности рассмотрели организацию безопасности проектируемого устройства.

Таким образом в дипломном проекте был разработана плата управления газонатекателями и газонатекатель, соответствующих заданному техническому заданию и условиям его эксплуатации.