Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра проектирования информационно-компьютерных систем

|  |
| --- |
| *К защите допустить*: |
| Заведующий кафедрой ПИКС |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И.Н.Цырельчук |

|  |
| --- |
| Пояснительная записка |
| по курсовому проекту |
| на тему |
| **СИСТЕМА ОХРАНЫ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ**  **С** **ОПОВЕЩЕНИЕМ ПО GSM КАНАЛУ** |
|  |
| БГУИР КП 1-39 03 01 008 ПЗ |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент |  | А. П. Деревнюк |
| Руководитель |  | И. Н. Богатко |
| Консультанты: |  |  |
| *ассистент* |  | И. Н. Богатко |
| *доцент* |  | В. Ф. Алексеев |
| *ассистент* |  | Г. А. Пискун |

**РЕФЕРАТ**

БГУИР КП 1-39 03 01 008 ПЗ

**Деревнюк, А. П.** Система охраны стационарных объектов с оповещением по GSM каналу: пояснительная записка к курсовому проекту / А. П. Деревнюк. – Минск: БГУИР, 2014. – 71 с.

Пояснительная записка 71 с., 1 рис., 12 табл., 23 источников, 4 приложения.

Система охраны, оповещение по gsm каналу, схемотехнический анализ, условия эксплуатации, радиоэлектронное средство, проектная часть, РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ.

*Цель проектирования*: разработать универсальное устройство, дающее возможность удобной работы с системой охраны стационарных объектов в комплексе со средствами сигнализации и оповещения. Кроме этого, необходимо произвести расчет конструктивно-технологических параметров изделия.

*Методология проведения работы*: в процессе решения поставленных задач использованы принципы системного подхода, теория схемотехнического и конструкторско-технологического проектирования радиоэлектронных средств, аналитические и физико-математические методы и методы компьютерной обработки экспериментальных данных.

*Результаты работы*: выполнен анализ патентных исследований, рассмотрено общетехническое обоснование разработки устройства; сделан схемотехнический анализ радиоэлектронного средства; рассчитаны параметры проектируемого изделия; осуществлено моделирование физических процессов, протекающих в проектируемом устройстве, разработана графическая часть проекта.

Система охраны стационарных объектов с оповещением по каналу GSM – это универсальный контроллер охраны различных стационарных объектов от несанкционированного доступа и последующего оповещения по каналу GSM в случае проникновения.

*Область применения результатов*: могут быть использованы при проектировании различных устройств, входящих в состав систем охраны и сигнализации.

СОДЕРЖАНИЕ

[Введение 6](#_Toc406603303)

[1 Анализ литературно-патентных исследований 8](#_Toc406603304)

[2 Общетехническое обоснование разработки устройства 9](#_Toc406603305)

[2.1 Анализ исходных данных 9](#_Toc406603306)

[2.2 Формирование основных технических требований к разрабатываемой конструкции 9](#_Toc406603307)

[2.3 Схемотехнический анализ проектируемого средства 10](#_Toc406603308)

[3 Разработка конструкции проектируемого устройства 11](#_Toc406603309)

[3.1 Выбор конструкторских решений, обеспечивающих удобство ремонта и эксплуатации устройства 11](#_Toc406603310)

[3.2 Выбор типа электрического монтажа, элементов крепления и фиксации 12](#_Toc406603311)

[3.3 Выбор способов защиты устройства от внешних воздействий 14](#_Toc406603312)

[3.4 Выбор способов обеспечения нормального теплового режима устройства 16](#_Toc406603313)

[3.5 Выбор и обоснование элементной базы, конструктивных элементов, установочных изделий, материалов конструкции и защитных покрытий, маркировки деталей и сборочных единиц 17](#_Toc406603314)

[3.6 Обеспечение требований стандартизации, унификации и технологичности конструкции устройства 18](#_Toc406603315)

[4 Расчет конструктивно-технологических параметров проектируемого изделия 23](#_Toc406603316)

[4.1 Расчет объемно компоновочных характеристик устройства 23](#_Toc406603317)

[4.2 Расчет теплового режима 25](#_Toc406603318)

[4.3 Проектирование печатного модуля 28](#_Toc406603319)

[4.4 Расчет механической прочности и системы виброударной защиты 31](#_Toc406603320)

[4.5 Расчет параметров лицевой панели. Анализ и учет требований эргономики и технической эстетики 33](#_Toc406603321)

[4.6 Полный расчет надежности 35](#_Toc406603322)

[4.7 Расчет электромагнитной совместимости 41](#_Toc406603323)

[5 Технология Применения средств автоматизированного проектирования при разработке конструкторской документации 43](#_Toc406603324)

[5.1 Обоснование выбора пакетов прикладного программного обеспечения для моделирования и проектирования устройства 43](#_Toc406603325)

[5.2 Технология применения средств автоматизированного проектирования при разработке конструкторской документации 44](#_Toc406603326)

[Заключение 46](#_Toc406603327)

[Список использованных источников 47](#_Toc406603328)

[Приложение А (обязательное) Справка об исследовании патентной литературы 49](#_Toc406603329)

[Приложение Б (обязательное) Техническое задание 52](#_Toc406603330)

[Приложение В (справочное) Результаты расчёта эксплуатационной интенсивности отказов элементов 56](#_Toc406603340)

[Приложение Г (обязательное) Графическая часть 59](#_Toc406603341)

# Введение

До недавнего времени основным недостатком систем охранной и пожарной сигнализации (ОПС) было использование проводных телефонных линий для централизованной охраны объектов. К основным недостаткам этих систем можно отнести недостаточно устойчивую работу городских телефонных линий, их низкую физическую защищенность, отсутствие возможности охраны нетелефонизированных объектов. Поэтому в качестве альтернативы проводным охранным системам появились радиоканальные охранные системы.

Преимущества радиоканальных охранных систем:

* отсутствие зависимости от телефонной линии и качества работы телефонной сети;
* простота монтажа;
* возможность охраны любого объекта (в пределах зоны действия радиоканальной сети);
* универсальность - из простых элементов можно построить достаточно сложную систему;
* высокая скорость монтажа и запуска в эксплуатацию;
* возможность оперативного изменения конфигурации,
* мобильность охранного пульта;
* возможность сосуществования нескольких пультов.
* нет принципиальных ограничений для подключения в случае необходимости к существующей системе охраны.

Первоначально беспроводные системы не получили широкого распространения из-за низкой надежности. Но в настоящее время появился широкий спектр различных дополнительны устройств, активно используются новые поколения беспроводных систем связи.

Возможности, предоставляемые операторами сотовой связи все активнее используются в системах охраны. На сегодняшний день беспроводные охранные системы на базе GSM получили широкое распространение благодаря их относительно невысокой стоимости и простоте установки и эксплуатации. Сотовая сеть стандарта GSM-900/1800 обеспечивает хорошее качество связи и уже развернута в большинстве городов Беларуси и стран СНГ.

И, конечно, очень перспективным представляется использование новых протоколов и сетей 3G, специально предназначенных для корпоративных клиентов - виртуальные корпоративные сети передачи данных с имитостойкостью и защитой информации.

Однако существенным недостатком подобных систем является низкая помехозащищенность. Не секрет, что GSM-канал легко подавить, "GSM глушилки" находятся сегодня в свободной продаже, да и работа сети GSM не всегда отличается высокой стабильностью и может отказать в самый неподходящий момент. Хотя последние разработки позволяют полностью контролировать GSM-канал, оперативно менять частоты, что заметно повышает помехозащищенность.

Оптимально использовать GSM-канал в качестве дублирующего или дополнительного к проводным или другим радиоканальным системам. Огромный плюс GSM-систем - возможность самим клиентом контролировать состояние объекта и управлять его охраной.

# Анализ литературно-патентных исследований

Целью литературного обзора является исключение неоправданного дублирования исследований и разработок, глубокое изучение и широкое ис­пользование последних достижений науки и техники в отрасли, обеспечение конкурентоспособности и высокого технического уровня объектов техники.

Выбор пути оптимального решения задачи предполагает отбор лучших технических разработок, которые могут быть использованы в качестве прото­типа или в виде прямого использования в собственной разработке. За­имствование иностранной разработки дает возможность сократить время и средства на проведение исследований и позволяет наиболее простым путем достичь поставленной цели.

Проведению литературно-патентного обзора предшествует просмотр патентной и научно-технической литературы [1].

Определяя тему исследований, намечаются возможные направления по­иска и в соответствии с классификационной рубрикой находятся нужные индексы разрабатываемого изделия по Международной патентной классификации.

Основной задачей литературно-патентного обзора является выяснение того, как решаются аналогичные вопросы у нас в стране и за рубежом, а также в каком направлении следует проводить исследования в данной области техники.

С учётом темы курсового проекта организация поиска проводилась по тематике достижений в области радиотехники и радиоэлектроники.

Результаты патентного поиска сведены в справку и представлены в приложении Б.

# Общетехническое обоснование разработки устройства

## Анализ исходных данных

Исходя из темы проекта курсового проектирования, необходимо спроектировать систему охраны стационарных объектов с оповещением по GSM каналу.

В качестве исходных данных была взята схема электрическая принципиальная устройства [2].

Системы охраны стационарных объектов с оповещением по GSM каналу – это универсальный контроллер, позволяющий контролировать текущее состояние и задавать новые программы управления системами доступа, охраны и сигнализации, а также позволяющий подключить другие устройства, как входящие в данную систему, так и сторонние. Устройство контроля, управления и оповещения о состоянии объекта с помощью мобильного телефона, используя GSM-сеть сотовой связи. Технические данные и основные параметры:

* электрическое питание прибора подается извне и подключение осуществляется через разъем XS1. Напряжение питания прибора в пределах 13,4 В±10%;
* режим работы – непрерывный;
* габаритные размеры – 110×70×25 мм;
* коэффициент заполнения по объему, не менее Кз= 0,5;
* масса прибора должна быть не более 1,5 кг.
* годовая программа выпуска, не менее 1000 шт.

## Формирование основных технических требований к разрабатываемой конструкции

Требования к надежности по ГОСТ 27.003 [3]. Выберем такие коэффициенты как: коэффициент готовности, среднюю наработку на отказ, среднее время восстановления для правильного внесения требований к надежности в техническое задание и исходных данных для расчетов.

По устойчивости к климатическим воздействиям прибор имеет исполнение УХЛ3.1 по ГОСТ 15150 [4].

По электромагнитной совместимости к радиооборудованию систем цифровой сотовой связи GSM по ГОСТ Р 52459.8 [5] прибор обеспечивает значение коэффициента ошибок на бит BER в пределах 1,6%.

По мерам защиты информации прибор имеет исполнение S2 по ГОСТ Р 52435[6].

## Схемотехнический анализ проектируемого средства

Основу проектируемого изделия составляет микроконтроллер 16F876A. К нему подключен кварцевый резонатор частотой 4 МГц. Цепь R11-C10 предназначена для сброса микроконтроллера в начальный момент включения питания. По выводам портов С0-С3 выполняется приём четырёхразрядного кода. Длительность опознавания кода задаётся цепью R15C5. Светодиод HL1 сигнализирует о приеме команды управления.

Микроконтроллер 16F876A имеет встроенный аппаратный USART, сигналы с которого подаются на интерфейсную микросхему МАХ232, обеспечивающую на выходе стандартные уровни RS-232. Это позволяет наиболее просто подключить к устройству различные GSM модули, например, SIM300D, SIM900D и т.д., обеспечив интерфейс управления на микросхеме МАХ3232. Отдельные модели GSM модемов могут подключаться непосредственно, без дополнительных преобразователей уровня, т.к. имеют в своем составе стандартный порт RS-232.

Блок питания построен по стандартной схеме – входное постоянное напряжение стабилизируется на уровне 15В при помощи микросхемы DA1. Диоды VD5 и VD6 не допускают дополнительно разряда резервного аккумулятора через стабилизатор и кроме того, ограничивают уровень напряжения до 13,2В которое предназначено для питания электромагнитного реле. Далее стабилизатор DA2 выдает напряжение +5В для питания микроконтроллера и остальных элементов схемы.

# Разработка конструкции проектируемого устройства

## Выбор конструкторских решений, обеспечивающих удобство ремонта и эксплуатации устройства

Применение унифицированных материалов в конструкции, ограничение номенклатуры применяемых деталей позволяет уменьшить себестоимость разрабатываемого изделия, улучшить производственную и эксплуатационную технологичность. Изготовление деталей конструкции типовыми технологическими процессами также позволяет снизить затраты при серийном выпуске изделий в промышленности.

Для изготовления корпуса необходимо использовать фенопласт, который имеет достаточную прочность, устойчив к коррозийным процессам, обладает малой массой, является диэлектрическим материалом, что обеспечивает закрепление модулей устройства непосредственно на его поверхность.

Материал для изготовления ПП должен иметь следующие показатели (в заданных условиях эксплуатации РЭС): большую электрическую прочность, малые диэлектрические потери, обладать химической стойкостью к действию химических растворов, используемых в техпроцессах изготовления платы. Для изготовления плат общего применения в РЭС наиболее широко используется стеклотекстолит. Фольгированный стеклотекстолит представляет собой слоистый прессованный материал, изготовленный на основе ткани из стеклянного волокна, пропитанной термореактивным связующим на основе эпоксидной смолы, и облицованный с одной стороны медной электролитической оксидированной или гальваностойкой фольгой (изготавливают листами толщиной: до 1 мм - не менее 400×600мм; от 1,5 и более - не менее 600×700мм). На основании вышеприведенного, для изготовления ПП может использоваться СФ 2-35Г-1,5 ГОСТ 10316[7] –стеклотекстолит фольгированный гальваностойкий предназначен для изготовления ПП с повышенными диэлектрическими свойствами.

Покрытие ПП лаком устраняет возникновение окислительных процессов дорожек платы. Поэтому для покрытия платы должен применяться лак «Цапон» универсальный зеленого цвета бензостойкий.

## Выбор типа электрического монтажа, элементов крепления и фиксации

Электрическая схема считается технологичной [8], если содержит максимальное количество унифицированных узлов и серийно выпускаемых ЭРЭ, и ее можно разбить на отдельные функциональные узлы. Каждый из этих узлов выполняется на плате печатного монтажа, унифицированного размера, основание платы изготавливается по типовому технологическому процессу, освоенному в производстве. Оценку монтажной схемы следует начинать с обоснования выбора электромонтажа: объемный или печатный.

Электромонтаж конструкции РЭУ должен:

* обеспечивать нормальную ее работу в заданных условиях механических и климатических воздействий;
* соответствовать техническим условиям, принципиальным и электромонтажным схемам, таблицам соединения;
* обеспечивать высокую надежность электрического соединения;
* допускать удобную и быструю замену вышедших из строя элементов;
* обеспечивать удобную и безопасную работу обслуживающего персонала при эксплуатации машины и ее ремонте;
* допускать возможность контрольно-измерительной аппаратуры к любой точке схемы;
* быть технологичным и выполненным с максимальным использованием автоматизации;
* иметь минимально короткие длины связей и малый уровень наводимых помех.

Электрическое соединение (паяное, сварное, изготовленное методом накрутки и т.д.) в микроэлектронных схемах должно:

* иметь прочность не ниже прочности соединяемых элементов;
* иметь минимальное омическое сопротивление;
* не изменяться со временем;
* при выполнении не вносить изменения в соединяемые элементы;
* не иметь материалов, вызывающих коррозию;
* контролироваться простыми и надежными средствами.

Для электрического соединения микросхем часто используется печатный монтаж. Однако в ряде случаев, например, при создании дорогой неремонтируемой многослойной печатной платы, использование такого монтажа становится экономически невыгодным. Это привело к разработке и применению методов объемного монтажа, легко поддающегося автоматизации с помо щью ЭВМ и обладающего возможностью внесения коррекции в готовый монтаж.

К методам монтажа относят монтаж:

* мягкий однопроводный и жгутовой;
* жесткий (струнный);
* накруткой;
* с помощью пружинных захватов;
* запрессовкой проводников;
* приваркой проводников;

Применение печатного монтажа в радиоаппаратуре повышает ее надежность и обеспечивает повторяемость параметров от образца к образцу, способствует механизации и автоматизации производственных процессов.

Сущность печатного монтажа заключается в том, что все контактные соединения, предназначенные для пайки, выведены в одну плоскость и роль монтажных проводов выполняет проводящий металлический рисунок, закрепленный на изоляционной плате в соответствии с принципиальной схемой.

Недостатки печатного монтажа: затруднено внесение изменений в схему, сложные схемы требуют большой площади платы.

Достоинства: обеспечивает возможность механизации и автоматизации производственных процессов, повышенная прочность отдельных блоков, стабильность и идентичность взаимовлияний электрических параметров.

Технология монтажа в отверстия также называемая иногда штырьковым монтажом, является родоначальником подавляющего большинства современных технологических процессов сборки электронных модулей.

Данная технология широко применяется в условиях единичного и мелкосерийного многономенклатурного производства, где из-за частой смены выпускаемых моделей автоматизация процессов неактуальна, а также в силовых устройствах, блоках питания, высоковольтных схемах устройств.

Технология установки компонентов относительно проста, хорошо отработана, допускает ручные и автоматизированные методы сборки, хорошо обеспечена сборочным оборудованием и технологическим оснащением.

В связи с вышеизложенным, производство плат с монтажом в отверстия становится выгодным в мелкосерийном производстве.

При воздействии вибрации возможно отвинчивание крепежных элементов (винтов), для предотвращения которого используют гроверы, покрывают крепеж лаком или краской и пр. При выборе методов фиксации крепежных элементов должны учитываться следующие соображения: обеспечение прочности соединения при заданных нагрузках и климатических воздействий, быстрота выполнения соединения, его стоимость, срок службы.

Исходя из вышеизложенного в разрабатываемом устройстве будет использована двухсторонняя печатная плата, в объемном исполнении, закрепленная на винтах.

## Выбор способов защиты устройства от внешних воздействий

Герметизация – обеспечение практической непроницаемости корпуса РЭУ для жидкостей и газов с целью защиты ее элементов от влаги, плесневых грибков, пыли, песка, грязи и механических повреждений. Она является наиболее радикальным способом защиты элементов РЭУ. Различают индивидуальную, общую, частичную и полную герметизацию.

Для частичной герметизации применяют пропитку, обволакивание и заливку как компонентов РЭУ, так и всю РЭУ лаками, пластмассами или компаундами на органической основе.

Герметизация корпуса разрабатываемого устройства не требуется, но частичная герметизация подходит для защиты платы и ЭРЭ, и подходит для условий эксплуатации системы записи телефонных разговоров. А корпус нуждается в защите с помощью эмали.

Практический диапазон частот вибрации, действующей на РЭУ, имеет широкий предел. В некотором диапазоне частот разрушение испытывает само устройство, а в некотором диапазоне – изменяются электрические параметры устройства. Необходимо учитывать все моменты.

Покрытие платы лаком не только обеспечивает защиту платы и элементов печатного рисунка от коррозии, но и создает дополнительные точки крепления элементов к плате, что улучшает виброзащищенность.

Эффективной защитой от воздействия электрических полей является экранирование, которое снижает энергию внешнего электромагнитного поля, а также помехи и влияние прибора на внешнюю среду, что обеспечивает ЭМС устройств друг с другом. Причинами паразитных наводок на прибор являются внешние источники помех, а также образование межкаскадных связей под влиянием электростатических и электромагнитных полей.

Экранирование – локализация электромагнитной энергии в определенном пространстве за счет ограничения распространения ее всеми возможными способами. Под понятие экранирования подходят как детали механической конструкции, так и электротехнические детали фильтрующих цепей и развязывающих ячеек, только их совместное действие дает необходимый результат.

Электростатическое экранирование – вид экранирования, заключающийся в шунтировании большей части паразитной емкости емкостью корпуса. Заземление корпуса непосредственно связано с его экранирующей функцией и должно быть обеспечено в первую очередь.

Электромагнитное экранирование. Переменное высокочастотное электромагнитное поле при прохождении через металлический лист либо перпендикулярно, либо под некоторым углом к его плоскости, наводит в этом листе вихревые токи, поле которых ослабляет действие внешнего поля. Металлические листы кожуха и основания корпуса устройства в данном случае являются электромагнитными экранами. Часть электромагнитной энергии отражается от поверхности экрана, а часть проникает в него. В свою очередь, определенная доля энергии, проникшая в экран, отражается от его другой стенки, остальная энергия проходит экран насквозь. Достигаемое при этом ослабление поля является экранирующим действием.

Внутриблочное экранирование и электромагнитная совместимость элементов и узлов сводится к применению медных островков на печатной плате в качестве экрана, а также к расчету электромагнитной совместимости элементов РЭУ.

Применение частей корпуса из немагнитных материалов позволяет еще боле улучшить электромагнитные условия, в которых работает разрабатываемое устройство.

Оптимальное размещение компонентов также играет важную роль в обеспечении ЭМС. Для этого аналоговая и цифровая части схем должны быть разнесены на плате, отделены разделительными конденсаторами, иметь независимое питание.

При разработке печатной платы следует учитывать следующие рекомендации:

* проводники питания (VCC, GND) должны иметь минимальное сопротивление и длину;
* «сигнальные» проводники должны иметь минимальные участки, где они проходят параллельно;
* размещение проводников на разных сторонах печатной платы желательно перпендикулярно или под углом 45°.

ЭМС также обеспечивает принцип разнесения на некоторое расстояние модулей питания от электронной части устройства.

Разрабатываемое устройство не нуждается в обеспечении дополнительной защиты элементов схемы от внешних электромагнитных полей, за исключением применения металлического корпуса заземленного корпуса, а также входных и выходных проводов устройства. Их рекомендуется брать экранированными, чтобы защитить устройство от наводок, поступающих извне.

Для герметизации устройства выбираем лак Цапонлак бесцветный, ТУ 6-21-090502-2-90. При проектировании печатной платы проводники были разнесены на некоторое расстояние, которое обеспечивает минимальную паразитную емкость и обеспечивает ЭМС.

## Выбор способов обеспечения нормального теплового режима устройства

На ранней стадии конструирования в распоряжении имеется ТЗ, причем, как правило, необходимые сведения о требуемом тепловом режиме РЭУ заключены в картах тепловых характеристик блоков. Для выбора способа охлаждения, прежде всего, требуются следующие данные [9]:

* суммарная мощность *Р*, рассеиваемая в блоке;
* диапазон возможного изменения температуры окружающей среды *Тсmax*, *Тсmin*;
* пределы изменения давления окружающей среды *рмах, рмин*;
* время непрерывной работы *τ*;
* допустимые температуры элементов *Тi*;
* коэффициент заполнения по объему *Кз*.

Коэффициент заполнения устройства характеризует степень полезного использования объема и является одним из главных показателей качества конструкции. Коэффициент заполнения указан в ТЗ (*Кз*=0,5). Основные размеры корпуса можно определить прикидочными расчетами компоновки РЭУ.

Эти исходные данные недостаточны для детального расчета теплового режима, но их можно использовать для предварительной оценки. Выбор способа охлаждения на ранней стадии конструирования часто имеет вероятностный характер, т.е. дает возможность оценить вероятность обеспечения, заданного по ТЗ теплового режима РЭУ при выбранном способе охлаждения, а также те усилия, которые нужно затратить при разработке будущей конструкции РЭУ с учетом обеспечения теплового режима.

Выбор способа охлаждения РЭУ можно сделать с помощью графиков в соответствии с рисунком 4.1, характеризующих области целесообразного применения различных способов охлаждения. Эти области строятся по результатам обработки статистических данных для реальных конструкций, тепловых расчетов и данных испытания макетов. Для удобства пользования графиками необходимо из перечисленных выше исходных данных получить ряд комплексных показателей.

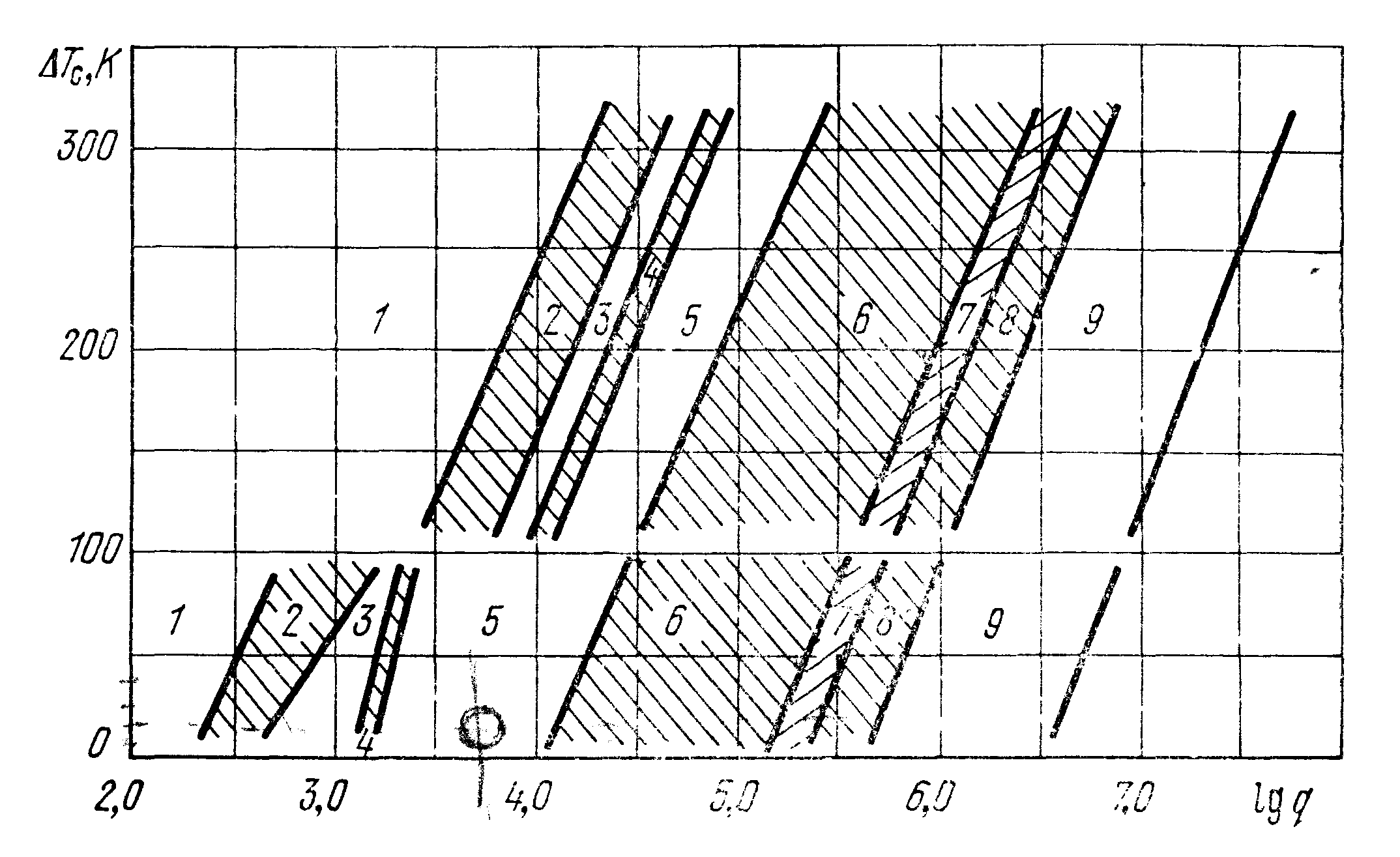


Рисунок 3.1 - Области применения различных способов охлаждения

Нижние кривые на рисунке 4.1 применяются для выбора способа охлаждения блоков, стоек и т.п., выполненных на дискретных и микроминиатюрных элементах. Поэтому области целесообразного применения различных способов воздушного охлаждения в верхней части графика не являются продолжением соответствующих кривых в нижней части. Последнее вызвано также и тем, что при охлаждении разветвленных поверхностей больших элементов можно получить более высокие эффективные коэффициенты теплоотдачи.

## Выбор и обоснование элементной базы, конструктивных элементов, установочных изделий, материалов конструкции и защитных покрытий, маркировки деталей и сборочных единиц

Выбор элементной базы проводится на основе схемы электрической принципиальной с учетом требований, изложенных в техническом задании.

Эксплуатационная надежность элементной базы во многом определяется правильным выбором типа элементов при проектировании и использовании в режимах, не превышающие допустимые. Следует отметить, что ниже рассматриваются допустимые режимы работы и налагаемые при этом ограничения в зависимости от воздействующих факторов лишь с точки зрения устойчивой работы самих элементов, не касаясь схемотехники и влияния параметров описываемых элементов на другие элементы [10].

Влияние ЭДС шумов, коэффициентов нелинейности, паразитных емкости и индуктивности и др., должны учитываться дополнительно исходя из конкретных условий применения [10].

Для правильного типа элементов необходимо на основе требований к установке в части климатических, механических и др. воздействий проанализировать условия работы каждого элемента и определить:

* эксплуатационные факторы (интервал рабочих температур, относительную влажность окружающей среды, атмосферное давление, механические нагрузки и др.);
* значения параметров и их допустимые изменения в процессе эксплуатации (номинальное значение, допуск, сопротивление изоляции, шумы, вид функциональной характеристики и др.);
* допустимые режимы и рабочие электрические нагрузки (мощность, напряжение, частота, параметры импульсного режима и т.д.);
* показатели надежности, долговечности и сохраняемости;
* конструкцию выбираемого элемента, способ монтажа, габаритные размеры и массу.

## Обеспечение требований стандартизации, унификации и технологичности конструкции устройства

Технологичность конструкции изделия оценивают количественно с помощью системы показателей, которая включает:

* базовые (исходные) значения показателей технологичности, являющиеся предельными нормативами технологичности, обязательными для выполнения при разработке изделия;
* значения показателей технологичности, достигнутые при разработке;
* показатели уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия.

Базовые значения показателей технологичности указываются в техническом задании на разработку изделия, а по отдельным видам изделий, номенклатура которых устанавливается отраслями, – в отраслевых стандартах.

Базовые и достигнутые показатели уровня технологичности конструкции изделия должны вноситься в карту технического [уровня и качества](http://www.znaytovar.ru/new540.html) продукции по ГОСТ 2.116 [11].

Данные об уровне технологичности конструкции должны использоваться в процессе оптимизации конструктивных решений на стадиях разработки конструкторской документации, при принятии решения о производстве изделия, анализе технологической подготовки производства, разработке мероприятий по повышению уровня технологичности конструкции изделия и эффективности его производства и эксплуатации, при государственной, отраслевой и заводской аттестации качества изделия и определении технико-экономических показателей производства, эксплуатации и ремонта изделия в порядке, установленном отраслевой нормативно-технической документацией.

Необходимость количественной оценки технологичности конструкции изделий, а также номенклатура показателей и методика их определения устанавливаются в зависимости от вида изделий, типа производства и стадии разработки конструкторской документации отраслевыми стандартами или стандартами предприятия.

Количество показателей должно быть минимальным, но достаточным для оценки технологичности [12].

При проведении отработки конструкции изделия на технологичность следует учитывать:

* вид изделия, степень его новизны и сложности, условия изготовления, технического обслуживания и ремонта, а также монтажа вне предприятия-изготовителя;
* перспективность изделия, объем его выпуска;
* передовой опыт предприятия-изготовителя и других предприятий с аналогичным производством, новые высокопроизводительные [методы](http://www.znaytovar.ru/s/Metody_i_razdely_tovarovedeniya.html) и процессы изготовления;
* оптимальные условия конкретного производства при рациональном использовании имеющихся средств технологического оснащения и производственных площадей и планомерном внедрении новых передовых технологических методов и средств производства;
* связь достигнутых показателей технологичности с другими [показателями качества](http://www.znaytovar.ru/new806.html) изделия.

Технологичность конструкции специфицируемого изделия рассматривают относительно всего изделия, учитывая технологичность составных частей, сборки, испытаний, монтажа вне предприятия-изготовителя, технического обслуживания и ремонта.

Обработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать на основе достижения технологической рациональности и оптимальной конструктивной и технологической преемственности конструкции изделия решение следующих основных задач:

* снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и его монтаже вне предприятия-изготовителя;
* снижение трудоемкости, стоимости и продолжительности технического обслуживания и ремонта изделия;
* снижение важнейших составляющих общей материалоемкости изделия - расхода металла и топливно-энергетических ресурсов при изготовлении, монтаже вне предприятия-изготовителя, техническом обслуживании и ремонте.

Определение понятий «конструктивная и технологическая преемственность» по ГОСТ 14.004 [13].

Комплекс работ по снижению трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и его монтаже вне предприятия-изготовителя в общем случае включает использование:

* повышения серийности изделия и его составных частей при изготовлении (обработка, сборка, испытание) посредством стандартизации, унификации и обеспечения конструктивного подобия;
* ограничения номенклатуры составных частей, конструктивных элементов и применяемых материалов;
* освоенных в производстве конструктивных решений, соответствующих современным требованиям;
* высокопроизводительных и малоотходных технологических решений, основанных на типизации процессов и других прогрессивных формах их организации;
* высокопроизводительных стандартных средств технологического оснащения, обеспечивающих оптимальный уровень механизации и автоматизации труда в производстве;
* конструктивных решений, позволяющих снизить затраты на обеспечение доступа к составным частям установки и съема составных частей изделия; обеспечивающих возможность транспортирования изделия в собранном виде или в виде законченных составных частей, не требующих при монтаже разборки для расконсервации, ревизии, а также операций по подгонке; облегчающих и упрощающих условия изготовления и монтажа вне предприятия-изготовителя для ограничения требований к квалификации изготовителей и монтажников.

Комплекс работ по снижению трудоемкости, стоимости и продолжительности технического обслуживания и ремонта изделия в общем случае включает применение:

* конструктивных решений, позволяющих снизить затраты на проведение подготовки к использованию по назначению, технического контроля, технического диагностирования и на транспортирование изделия; позволяющих снизить затраты на обеспечение доступа к составным частям замены составных частей изделия такими же частями при сохранении установленного качества изделия в целом; установки и съема составных частей изделия; восстановления геометрических характеристик и качества поверхности детали; облегчающих и упрощающих условия технического обслуживания и ремонта для ограничения требований к квалификации персонала, осуществляющего техническое обслуживание и ремонт;
* повышения требований по [унификации и стандартизации](http://www.znaytovar.ru/new2636.html) составных частей изделия;
* ограничения числа сменяемых составных частей изделия, номенклатуры материалов, инструмента, вспомогательного оборудования и приспособлений;

Комплекс работ по снижению материалоемкости изделия включает:

* применение рациональных [сортаментов](http://www.znaytovar.ru/new814.html) и марок материалов, рациональных способов получения заготовок, методов и режимов упрочнения деталей;
* разработку и применение прогрессивных конструктивных решений, позволяющих повысить ресурс изделия и использовать малоотходные и безотходные технологические процессы;
* разработку рациональной компоновки изделия, обеспечивающей сокращение расхода материала при монтаже вне предприятия-изготовителя;
* внедрение научно обоснованных запасов прочности металлоконструкций, типовых методов расчетов и испытаний изделия.

Отработка конструкции изделия на технологичность производится совместно разработчиками конструкторской и технологической документации, предприятиями-изготовителями изделия и представителями заказчика (специалистами по техническому обслуживанию и ремонту техники). Для изделий типа «сборочная единица» или «комплекс», подлежащих монтажу вне предприятия-изготовителя, в отработке конструкции изделия на технологичность должны участвовать представители организаций, назначаемых министерством, осуществляющим монтажные работы. В необходимых случаях к отработке конструкции изделия на технологичность должны привлекаться специализированные технологические институты.

Организация отработки конструкции изделий на технологичность должна быть установлена отраслевыми стандартами или стандартами предприятия.

Отработку конструкции изделия на технологичность при выполнении опытно-конструкторских работ проводят в общем случае на основе комплексного использования специальных методов, обеспечивающих технологическую рациональность и конструктивно-технологическую преемственность изделия, таких как методы:

* типизации конструктивных схем и компоновок изделия и его составных частей;
* унификации, агрегатирования и взаимозаменяемости изделия и его составных частей;
* блочно-модульного построения систем и устройств;
* функционально-стоимостного анализа изделий и его составных частей;
* экономико-математического моделирования взаимосвязей основных функциональных и конструктивно-технологических характеристик изделия, влияющих на затраты труда и материалов при разработке, изготовлении, техническом обслуживании и ремонте, с показателями эффективности производства и (или) эксплуатации изделия;
* оптимизационных методов выбора физико-химических и механических свойств материалов и видов исходных заготовок, назначения точности и шероховатости поверхностей детали, выбора формы и расположения поверхностей деталей и видов соединений их с сопрягаемыми деталями;
* размерного анализа конструктивных исполнений деталей и сборочных единиц;
* заимствования и [симплификации](http://www.znaytovar.ru/new2637.html) составных частей, конструктивных элементов и материалов изделия [14].

Выполнение всех вышеизложенных условий является обязательным при разработке изделий радиоэлектроники, так как стандартизация, технологичность и унификация устройств является наиболее важным критерием при проектировании измерителя-регулятора нормированных сигналов.

# Расчет конструктивно-технологических параметров проектируемого изделия

## Расчет объемно компоновочных характеристик устройства

Расчет площади ПП *Sпп*, мм2 по формуле (4.1):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.1) |

где *Кs* – коэффициент запаса, *Ks* = 2;

*Kv* – коэффициент использования площади, *Kv* = 2;

*S*уст*i* – установочная площадь *i*–го элемента, мм2;

*Ki*– количество радиоэлементов *i*–го типоразмера;

*n* – число используемых типоразмеров.

При расчете двухсторонней платы общая площадь всех элементов делится пополам. Количество и установочная площадь применяемых ЭРЭ приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Количество и установочная площадь применяемых ЭРЭ.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование элемента | Тип | Количество K*i* | Установочная площадь  S*устi*, мм2 |
| Резисторы | SMD 0805; 0,125Вт | 12 | 2,5 |
| 3214G-1-502E | 1 | 15,5 |
| Конденсаторы | SMD 0402 | 14 | 0,5 |
| SMD 0603 | 2 | 1,27 |
| UWT1A102MNL1GS | 2 | 106,1 |
| Светодиод | АЛ 307 | 2 | 9,4 |
| Микросхемы | КР142ЕН; TO-220 | 2 | 50,88 |
| SC1602BULT-XH-GS | 1 | 5550 |
| PIC16F876A | 1 | 184,78 |
| MAX232ACSE | 1 | 111,6 |
| Кнопки | TS-1143S-WP | 2 | 52 |
| Стабилитрон | КС133А | 1 | 49,05 |
| КС147А | 1 | 49,05 |
| Диоды | KBP210 | 1 | 126 |
| RLS4148 | 2 | 19 |
| 1N4007 | 2 | 18,8 |
| Транзистор | КТ972; DPAK | 1 | 42,2 |
| Реле | TRD-12VDC-FB-AL | 1 | 294,5 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Продолжение таблицы 5.1 | | | |
| Наименование элемента | Тип | Количество K*i* | Установочная площадь  S*устi*, мм2 |
| Резонатор | LF XTAL003071 | 1 | 55,68 |
| Розетки | XS1 | 1 | 13,33 |
| XS2 | 1 | 25 |
| XS3 | 1 | 26,025 |
| XS4 | 1 | 482 |

Площадь платы *S*пп, равна 15153,23 мм2.

Выбираем необходимую длину и ширину ПП:

* длина платы: 155 мм;
* ширина платы: 105 мм.

Расчет коэффициента заполнения объема устройства *Kv* по формуле (4.2):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2) |

где *Vуст* – установочный объем устройства, мм3, *Vуст*= 391704 мм3;

*Vустi*– установочный объем *i*–го типоразмера, мм3.

Количество и установочный объем применяемых ЭРЭ приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Количество и установочный объем применяемых ЭРЭ.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование элемента | Тип | Количество K*i* | Установочный объем Vустi, мм3 |
| Резисторы | SMD 0805; 0,125Вт | 12 | 1 |
| 3214G-1-502E | 1 | 59,05 |
| Конденсаторы | SMD 0402 | 14 | 0,275 |
| SMD 0603 | 2 | 1,125 |
| UWT1A102MNL1GS | 2 | 1082,2 |
| Светодиод | АЛ 307 | 1 | 199,2 |
| Микросхемы | КР142ЕН; TO-220 | 2 | 1119 |
| SC1602BULT-XH-GS | 1 | 77770 |
| PIC16F876A | 1 | 461,95 |
| MAX232ACSE | 1 | 262,26 |
| Кнопки | TS-1143S-WP | 2 | 223,6 |
| Продолжение таблицы 4.2 | | | |
| Наименование элемента | Тип | Количество K*i* | Установочный объем Vустi, мм3 |
| Стабилитрон | КС133А | 1 | 220,73 |
| КС147А | 1 | 220,73 |
| Диоды | KBP210 | 1 | 3639,7 |
| RLS4148 | 2 | 75,05 |
| 1N4007 | 2 | 50,76 |
| Транзистор | КТ972; DPAK | 1 | 100,2 |
| Реле | TRD-12VDC-FB-AL | 1 | 4417,5 |
| Резонатор | LF XTAL003071 | 1 | 239,4 |
| Розетки | XS1 | 1 | 113,26 |
| XS2 | 1 | 100 |
| XS3 | 1 | 221,21 |
| XS4 | 1 | 5784 |

Коэффициент заполнения равен . Исходя из сделанных расчетов, можно считать, что устройство разработано корректно.

## Расчет теплового режима

Реальное устройство представляет собой совокупность различных по конфигурации, материалам и сложным образом расположенных в пространстве элементов. Переход к простой геометрической структуре, например, параллелепипедов, позволяет разработать тепловую модель радиоаппарата, расчет которой намного упрощается.

Тепловой расчет всегда носит проверочный характер.

Наиболее распространена тепловая модель РЭС с нагретой зоной. Под нагретой зоной понимается часть объема внутри аппарата, где сосредоточены выделяющие тепло элементы – плата и шасси. В первом приближении за нагретую зону можно принять параллелепипед, площадь основания которого совпадает с площадью платы, а высота равно средней высоте смонтированных на плате деталей. Модель может состоять из нескольких нагретых зон. Второй составной частью рассматриваемой модели является корпус. Ограничивающие нагретые зоны и корпус поверхности принимаются изотермическими. Расчет теплового режима РЭС заключается в определении по исходным данным температуры нагретой зоны и температур поверхностей теплонагруженных радиоэлементов и сравнения полученных значений с допустимыми для каждого радиоэлемента в заданных условиях эксплуатации [9].

Исходными данными для проведения теплового расчета являются:

* мощность, рассеиваемая в блоке, 12 Вт;
* размеры корпуса блока, 107×157×36 мм;
* коэффициент заполнения блока 0,7;
* температура окружающей среды 40 °С;
* давление окружающей среды, 101 кПа;
* минимальная верхняя предельная температура элемента, 45 С.

Тепловой режим РЭС в корпусе будем рассчитывать в следующем порядке. Рассчитаем:

* площадь поверхности корпуса блока по формуле (4.3):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.3) |

* площадь условной поверхности нагретой зоны по формуле (4.4):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.4) |

* удельную мощность корпуса блока (где *Р* – мощность, рассеиваемая в блоке) по формуле (4.5):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.5) |

* удельную мощность нагретой зоны блока по формуле (4.6):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.6) |

* коэффициент θ1 в зависимости от удельной мощности корпуса по формуле (4.7):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.7) |

* коэффициент θ 2 в зависимости от удельной мощности зоны по формуле (4.8):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.8) |

* коэффициент k1 в зависимости от давления вне корпуса (Н1, Па) по формуле (4.9):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.9) |

* коэффициент k2 в зависимости от давления в корпусе (Н2, Па) по формуле (4.10):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.10) |

* перегрев корпуса блока по формуле (4.11):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.11) |

* перегрев нагретой зоны по формуле (4.12):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.12) |

* средний перегрев воздуха в блоке по формуле (4.13):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.13) |

* температуру корпуса по формуле (4.14):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.14) |

* температуру нагретой зоны по формуле (4.15):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.15) |

* температуру воздуха в корпусе по формуле (4.16):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.16) |

При заданных условиях эксплуатации разрабатываемого устройства обеспечивается нормальный тепловой режим применяемых в нем радиоэлементов в процессе эксплуатации, т.е. рабочие температуры не превышают предельно допустимых величин. Таким образом, выбранная конструкция перфорированного корпуса и система естественного воздушного охлаждения выбрана правильно и не нуждается в изменении и применении в ней других способов охлаждения.

## Проектирование печатного модуля

Выбирая конструкцию ПП, рассчитывая параметры линий связи и подготавливая технологическое оборудование для изготовления ПП, мы должны определить такие параметры ПП, как ширина и шаг трассировки печатных проводников; диаметр контактных площадок; число проводников, которое можно провести между двумя соседними отверстиями; диаметр отверстий в плате до и после металлизации.

При расчете ПП необходимо учитывать и особенности производства, допуски на всевозможные отклонения параметров элементов печатного монтажа, установочные характеристики корпусов ЭРЭ [15].

Класс точности определяет наименьшие минимальные значения основ­ных размеров конструктивных элементов (ширина проводника, расстояния между центрами 2-х проводников (контактных площадок), ширина гарантий­ного поя­ска металлизации контактной площадки и др.). ГОСТ 23751 [16] оп­ределяет 5 классов точности. Минимальные размеры конструктивных элементов уменьшаются с 1 по 5-й классы точности (таблица 4.3).

Таблица 4.3 — Классы точности ПП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Класс точности | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Минимальная ширина  проводника t, мм | 0,75 | 0,45 | 0,25 | 0,15 | 0,10 |
| Минимальное расстояние между  центрами провод­ников S, мм | 0,75 | 0,45 | 0,25 | 0,15 | 0,10 |
| Минимальная ширина гарантийного пояска B, мм | 0,30 | 0,20 | 0.10 | 0,05 | 0,025 |
| Отношение диаметра минимального отверстия к толщине ПП (γ) | 1:2 | 1:2,5 | 1:3 | 1:4 | 1:5 |

Расчет печатного монтажа состоит из трех этапов: расчет по постоянному и переменному току и конструктивно-технологический расчет.

Исходя из технологических возможностей производства выбирается метод изготовления и класс точности. ПП изготавливаем методом металлизации сквозных отверстий. По точности выполнения элементов конструкции проектируемая ПП относится к 3-му классу точности.

Быстродействие, установочные размеры, эксплуатационные характеристики, технологические особенности, автоматизация и тому подобное влияют на выбор размеров и конфигурации ПП.

Толщину ПП определяют в зависимости от механических нагрузок на ПП и используемых материалов. Так же определяется диаметром отверстий. Обычно выполняется правило (4.17):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.17) |

где *Н* – толщина ПП;

*do* – минимальный диаметр отверстий.

В результате расчета получили толщину ПП равной 1,5 мм, что удовлетворяет условию (4.17).

Определяем минимальную ширину печатного проводника по постоянному току для цепей питания и заземления в мм по формуле (4.18):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.18) |

где *Imax* – максимальный постоянный ток через проводник, (определяется из анализа электрической схемы);

*jдоп* – допустимая плотность тока, выбирается в зависимости от метода изготовления ПП (таблица 4.4);

*t* – толщина фольги, мм.

Таблица 4.4 — Допустимая плотность тока в зависимости от метода изготовления

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод изготовления | Толщина фольги t, мкм | Допустимая плотность тока jдоп, А/мм2 | Удельное сопротивление ρ, Ом∙мм /м |
| Металлизированных отверстий | 14  36  52  70 | 75  63  48  38 | 0,0175 |

Результат вычислений по формуле (4.18): .

Определяем номинальное значение диаметров монтажных отверстий по формуле (4.19):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.19) |

где *dэ* — максимальный диаметр вывода, устанавливаемого ЭРЭ, мм;

∆*dH.O* - нижнее предельное отклонение от номинального диаметра монтажного отверстия (определяется классом точности ПП и диаметром отверстия), мм. Для 4 класса точности 0,13 мм (для отверстий диаметром до 1мм);

*r* — разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода устанавливаемого элемента, ее выбирают в пределах 0,1...0,4 мм. Равно 0,2 мм.

Диаметры монтажных и переходных отверстий, металлизированных и не металлизированных должны соответствовать ГОСТ 10317. Предпочтительные размеры монтажных отверстий выбирают из ряда 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0 мм [17].

Подставив данные о диаметрах выводов элементов в формулу (4.19) получим .

Рассчитываем диаметр контактных площадок. Минимальный диаметр контактных площадок для ДПП и наружных слоев МПП, изготовляемых комбинированным позитивным методом рассчитывается по формуле (4.20):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.20) |

где *d*B – верхнее предельное отклонение диаметра отверстия;

*b* – гарантийный поясок наружного слоя (принимается равным 0,1 мм).

*d* – номинальное значение диаметра контактных площадок;

*tв, tн* – верхнее и нижнее предельные отклонения диаметра контактной площадки. Для 3 класса точности ±0,1мм;

*Xd* – значение позиционного допуска расположения осей отверстий. В нашем случае равно 0,05 мм;

*Xр* – значение позиционного допуска расположения центров контактных площадок. Для рассматриваемой платы равно 0,15 мм.

В результате подстановки данных в формулу (4.20) получим следующие значения:

Определим ширину проводников. Номинальное значение ширины проводника *tном* в миллиметрах рассчитывается по формуле (4.21):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.21) |

где *t* – минимально допустимая ширина проводника (0,15 мм для третьего класса точности);

*t*н – нижнее предельное отклонение ширины проводника (*t*н= ‑0,05мм).

Расчет по формуле (4.21) имеет вид:

Определяем номинальное расстояние между проводниками проводящего рисунка по формуле (4.22):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.22) |

где *S* – минимально допустимое расстояние между соседними элементами проводящего рисунка;

*tв*– верхнее предельное отклонение ширины проводника, из *tB*=0,05 мм.

В результате расчета по формуле (4.22) получили расстояние между проводниками проводящего рисунка равным 0,2 мм.

## Расчет механической прочности и системы виброударной защиты

К основным динамическим характеристикам аппаратуры и ее элементов относят значения собственных (резонансных) частот, собственные формы колебаний, значения коэффициентов динамичности и коэффициентов демпфирования.

Значения собственных частот конструктивных элементов аппаратуры (элементов рамных конструкций, пластин и т.д.) определяются по формулам, известным из курса классической механики.

Значение первой собственной частоты ПП, закрепленной по углам в четырех точках можно определить, воспользовавшись выражением (4.23).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.23) |

где *D* – цилиндрическая жесткость платы (расчет по формуле (4.24));

– распределенная по площади масса платы и элементов, размещенных на плате (расчет по формуле(4.25));

*E* – модуль упругости материала платы;

*h* – толщина платы, см;

*а* – длина платы , см;

*m –* масса платы с элементами (ЭРЭ и т.д.);

*b* – ширина платы;

*γ* – коэффициент Пуассона для материала платы.

Расчет величин, входящих в выражение (4.23), приведен далее.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.24) |
|  | (4.25) |

Расчет по формуле (4.23) имеет вид:

При вибрациях на частотах менее 400 Гц наиболее опасными являются амплитуды поперечных колебаний в силу того, что происходит разрушение выводов в местах пайки. На частотах выше 400 Гц виброскорости вызывают в элементах усталостные явления. Для предупреждения таких отказов при функционировании электронного устройства необходимо выполнить условия: амплитуда изгибных колебаний не должна превышать 3⋅10-4*м*, в свою очередь, виброскорость – 0,8 *м с*‑1.

В данном случае устройства виброзащита не требуются.

## Расчет параметров лицевой панели. Анализ и учет требований эргономики и технической эстетики

Согласно требованиям инженерной психологии, для удобного и успешного взаимодействия оператора с панелью управления, последняя должны соответствовать определенным инженерно-психологическим требованиям. Для обеспечения их выполнения проведем расчеты максимальных и минимальных допустимых размеров панели управления, которые связаны с особенностями зрения человека [18].

В силу того, что как таковая панель управления в разрабатываемом устройстве отсутствует, то дальнейшие расчеты касаются только элементов управления и контроля, расположенных с лицевой стороны устройства, к которым есть доступ.

Максимальная длина, высота и площадь панели управления определяются по формулам (4.26), (4.27) и (4.28) соответственно.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.26) |
|  | (4.27) |
|  | (4.28) |

где *l* – расстояние до панели управления (принимается равным 500 мм);

*α*г – горизонтальный угол периферического зрения (принимается равным 90°);

*α*в – вертикальный угол периферического зрения (принимается равным 75°).

Для расчета минимально допустимых размеров панели управления, определяемых объемом оперативной памяти и центральным полем зрения оператора, используем формулу (4.29):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.29) |

где *N* – количество компонентов, расположенных на панели управления (*N =*4);

*SП.З.* – площадь оперативного поля зрения оператора, определяется по формуле (4.30):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.30) |

где *h* и *α*П.З. – линейный и угловой размеры оперативного поля зрения (принимается *α*П.З. = 4°).

Тогда результат расчета по формуле (4.29): *SП.У.min*  = 812 мм2.

Для успешного взаимодействия оператора с панелью управления, то есть для осуществления управления, параметры индикации должны быть таковыми, чтобы обеспечивать наибольшую возможную степень комфорта. Таким образом, размеры компонентов, надписей, индикаторов должны обеспечивать их надежное распознавание в заданных условиях работы.

Минимально допустимая высота знака определяется по формуле (4.31):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.31) |

где *l* – расстояние до панели управления;

*α*П.З. – допустимый (минимальный) угловой размер знака (для расчета примем *α*П.З. =15' для простых знаков и *α*П.З. =30' для сложных).

Таким образом, по формуле (4.31) минимально допустимая высота простого знака равна:

сложного знака:

Минимально допустимую ширину знака определим по формуле (4.32):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.32) |

где *F* – формат знака (обычно F=2/3, 3/5, 5/7).

По формуле (4.32) для простого знака минимальная ширина равна:

а для сложного знака:

Расстояние между знаками по горизонтали и по вертикали принимаются равными половине размера знака по горизонтали и по вертикали соответственно. Значения расстояний между знаками представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расстояния между знаками

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Расстояние между знаками по горизонтали, мм | Расстояние между знаками по вертикали, мм |
| Простой знак | 0,73 | 1,1 |
| Сложный знак | 1,45 | 2,2 |

## Полный расчет надежности

### Метод расчёта показателей безотказности радиоэлектронного устройства

Расчет показателей безотказности делят на предварительный (приближенный или ориентировочный) и окончательный (уточненный). Предварительный расчёт выполняют на ранних стадиях проектирования, окончательные – на стадии технического проекта. На практике в основном используют различные разновидности приближенного расчета. В данном случае электрический режим, температура, другие параметры окружающей среды и факторы, влияющие на эксплуатационную безотказность элементов, учитываются приближенно с помощью обобщенного эксплуатационного коэффициента *KЭ.ОБ*. Значение этого коэффициента зависит от вида РЭУ и условий его эксплуатации. Уточненный расчет проводится с использованием различных поправочных коэффициентов [19].

Выполнение расчёта показателей безотказности производят при следующих допущениях:

* элементы и компоненты РЭУ, с точки зрения надёжности, соединены последовательно;
* для элементов справедлив экспоненциальный закон надёжности, в соответствии с которым *λэлем(комп)* принимается постоянной величиной;
* принимаются во внимание только элементы электрической схемы, вид электрического монтажа и вид соединения элементов;
* при предварительном расчёте электрический режим, условия работы элементов и их особенности учитываются приближённо.

Суммарную интенсивность отказов РЭУ с учётом электрического режима и условий эксплуатации ΛРЭУ определяют по формуле (4.33):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.33) |

где *λоj* – среднегрупповое значение интенсивности отказов элементов *j*-й группы, найденное с использованием справочников, *j* = 1, …, *k*;

*k* – число сформированных групп однотипных элементов;

*nj* – количество элементов в *j*-й группе, *j* = 1, …, *k*.

Другие показатели безотказности подсчитывают по следующим принятым формулам для экспоненциального распределения времени до отказа РЭУ. Формулы представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет показателей безотказности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель безотказности | Расчётная формула | Пояснение параметров расчетных формул |
| Наработка на отказ |  | ΛРЭУ – суммарная интенсивность отказов РЭУ с учетом электрического режима и условий эксплуатации  tз – заданное время работы РЭУ |
| Среднее время безотказной работы (формула справедлива только в случае экспоненциального распределения времени до отказа) |  |
|  |  |
| Продолжение таблицы 4.6 | |  |
| Показатель безотказности | Расчётная формула | Пояснение параметров расчетных формул |
| Вероятность безотказной работы устройства за заданное время |  | γ – процент изделий, у которых в течение суммарной наработки Tγ, не возникнет отказ. |
| Гамма-процентная наработка до отказа |  |

При уточненном расчете суммарная эксплуатационная интенсивность отказов РЭУ рассчитывается по математической модели (4.34):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.34) |

где *λБ j*– исходная (базовая) интенсивность отказов j-й части изделия, *j* = 1, …, *n*;

*n* – количество составных частей изделия;

*Кi(j)* – коэффициент, учитывающий влияние *i-*го фактора для *j*-й части изделия; *i* = 1, …, *m*; *j* =1, …, *n*;

*mj* – количество факторов, учитываемых для i-й части изделия.

### Модели прогнозирования эксплуатационной интенсивности отказов элементов

Модели прогнозирования для элементов и компонентов, входящих в состав печатного узла представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Математические модели определения значений λЭ

|  |  |
| --- | --- |
| Класс (группа) элементов | Вид математической модели |
|
| Конденсаторы керамические | λЭ=λБКРКСКЭКП |
| Светодиоды | λЭ=λБКРКЭКП |
| Интегральные микросхемы | λЭ=λБКРКИСКкорпКVКЭКП |
|  |  |
| Продолжение таблицы 4.7 | |
| Класс (группа) элементов | Вид математической модели |
| Диоды | λЭ=λБКРКФКДКUКЭКП |
| Биполярные транзисторы | λЭ=λБКРКФКДКUКЭКП |
| Источники питания | λЭ=λБКРКЭКП |
| Кнопочные переключатели | λЭ=(λ(к.н)БКККF+λ(вкл)БNFКP)КЭКП |
| Соединители (разъемы) | λЭ=λБКРКККnКЭКП |
| Резонаторы | λЭ=λБКtКЭКП |
| ПП с МО | λЭ=λБ (N1Ксл+N2(Ксл+13) КtКЭКП |
| Соединения пайкой волной | λЭ=λБКtКЭКП |
| Кабели, шнуры, монтажные провода | λЭ=λБLКTКЭКП |

В таблице 4.8 представлены пояснения параметров, входящих в состав моделей в таблице 4.7.

Таблица 4.8 – Пояснение параметров входящих в модели

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Пара-метр | | Пояснение | |
| λБ | | Базовая интенсивность отказов элементов данной группы (или конкретного типа), отвечающая температуре окружающей среды +25°С и номинальной электрической нагрузке, т.е. значению коэффициента электрической нагрузки КН=1. | |
| КР | | Коэффициент режима работы, зависящий от электрической нагрузки (коэффициента КН) и температуры корпуса элемента. | |
| Кt | | Коэффициент, зависящий от температуры корпуса элемента (компонента). | |
| КЭ | | Коэффициент эксплуатации, зависящий от жёсткости условий эксплуатации РЭУ. | |
| КП | | Коэффициент приёмки, учитывающий степень жёсткости требований к контролю качества и правила приёмки элементов (компонентов РЭУ) в условиях производства. | |
| КИС | | Коэффициент, учитывающий количество элементов в ИМС или бит (для ИМС памяти) | |
| Ккорп | | Коэффициент, учитывающий тип корпуса | |
| КV | | Коэффициент, учитывающий напряжение питания для КМОП ИМС | |
| КФ | | Коэффициент, учитывающий функциональный режим работы прибора. | |
| Продолжение таблицы 4.8 | | |
| Пара-метр | Пояснение | |
| КД | Коэффициент, зависящий от значения максимально допустимой по ТУ нагрузки по мощности (или току). | |
| КU | Коэффициент, зависящий от отношения рабочего напряжения к максимально допустимому по ТУ (коэффициента нагрузки по напряжению). | |
| КС | Коэффициент, зависящий от значения номинальной ёмкости. | |
| КR | Коэффициент, зависящий от значения номинального сопротивления. | |
| КF | Коэффициент, учитывающий число коммутаций в час | |
| КM | Коэффициент, зависящий от значения номинальной мощности (для металлодиэлектрических резисторов) | |
| КΔ | Коэффициент, зависящий от значения допуска на сопротивление (для металлодиэлектрических резисторов) | |
| Кn | Коэффициент, зависящий от количества сочленений-расчленений n | |
| КК | Коэффициент, зависящий от количества задействованных контактов. | |
| N1 | Количество сквозных отверстий, пропаянных способом «пайка волной». | |
| N2 | Количество сквозных отверстий, пропаянных ручным способом. | |
| L | Длина кабельного изделия в РЭУ, м | |

Результаты расчётов интенсивностей отказов приведены в таблице В.1 приложения В.

### Коэффициенты электрической нагрузки элементов

Определим значения коэффициента электрической нагрузки *Кн.* Расчёт произведём на примере транзистора VT1. Расчёт осуществим по формуле (4.35):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.35) |

В качестве характеристики *F* выбирают такую, которая оказывает наибольшее существенное влияние на реальный уровень надёжности элемента. Для транзистора в данном случае этой характеристикой является напряжение, что известно по результатам моделирования схемы в программе NI Multisim. Следовательно, формула, указанная выше, приобретает вид (4.36):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.36) |

Исходя из электрического режима работы, известно, что напряжение *Uкэ.раб* равно 10,13 В. В результате расчета по формуле (4.36) имеем:

Значения коэффициента электрической нагрузки для других элементов рассчитаем согласно данным моделирования схемы. Результаты представлены в таблице В.1 приложения В.

### Определение показателей безотказности печатного узла

Используя данные, полученные в пункте, рассчитаем прогнозные значения показателей надёжности печатного узла. Для этого, сперва, посчитаем эксплуатационную интенсивность отказов модуля . Для этого просуммируем значения, приведённые в последнем столбце таблицы В.1. Получаем:

Далее, в предположении экспоненциального закона надёжности находим значения показателей безотказности.

Наработка на отказ рассчитывается по формуле (4.37):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.37) |

В силу того, что мы предполагаем экспоненциальный закон надёжности, то *T0=Tср=*9 742,79 ч., где *Tср –* среднее время безотказной работы.

Вероятность безотказной работы за время *tз*= 1000 ч рассчитывается по формуле (4.38) и составляет:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.38) |

Гамма-процентная наработка до отказа при *ϒ*=95% рассчитывается по формуле (4.39) и составляет:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.39) |

Вероятность безотказной работы *P(tз)* за время *tз=*1000 часов составляет 0,90. Это означает, что 90% устройств проработают без отказа 1000 часов.

Значение гамма-процентной наработки до отказа при *ϒ*=95% составляет 500 часов. Это значит, что у 95% устройств при суммарной наработке, равной 440 часов, отказа не возникнет.

Наработка на отказ *T0*, как видно, равна 9 742,79 часам. Данная величина в данной конкретной ситуации имеет смысл, т.к. её значение вписывается в критерий *T0<(20..30)* тысяч часов.

Следовательно, мы имеем право использовать данный показатель надёжности. Если бы значение *T0* было больше этих значений, то оно не имело бы физического смысла, а было бы чисто расчётным, и, значит, использование этого показателя надёжности было бы неправомерным.

## Расчет электромагнитной совместимости

В радиоэлектронных изделиях печатные проводники, электрически объединяющие те или иные элементы схемы, проходят на достаточно близком расстоянии друг от друга и имеют относительно малые размеры сечения. При большом времени переключения и малых тактовых частотах параметры печатных проводников, соединяющие вводы одних элементов со входами других, не оказывают существенного воздействия на быстродействие всей схемы в целом и на помехоустойчивость элементов.

С уменьшением времени переключения (в микроэлектронных изделиях оно составляет единицы наносекунд) большое значение имеют степени влия­ния линий связи (сопротивления, емкости, индуктивности и т.д.) друг на друга (паразитная емкость, взаимоиндуктивность и т.д.). Постоянный ток в печатных проводниках распределяется равномерно по его сечению при условии, что материал проводника однороден и не имеет локальных посторонних включений других веществ.

Паразитная емкость ПП вычисляется по формуле (4.40):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.40) |

где *ε* – диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

*h* – толщина платы (1,5 мм).

В результате расчета по формуле (4.40) паразитная емкость ПП составляет:

Паразитная поверхностная емкость между соседними проводниками определяется по формуле (4.41):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.41) |

где *k* – коэффициент, зависящий от ширины проводников и их взаимного расположения;

*ε* – диэлектрическая проницаемость материала платы;

*lП* – длина взаимного перекрытия проводников.

Величина паразитной взаимоиндуктивности между двумя параллельными печатными проводниками вычисляется по формуле (4.42):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.42) |

где *M* – взаимоиндукция (10-9Гн);

*l* – длина проводников, см;

*D* – расстояние между центрами (осями) проводников, см.

После расчета по формуле (4.42) получено *М* = 4 мГн.

Поскольку устройство не имеет защитного экрана, то расчет экранирования выполняться не будет.

# **Технология Применения средств автоматизированного проектирования при разработке конструкторской документации**

## Обоснование выбора пакетов прикладного программного обеспечения для моделирования и проектирования устройства

Проектирование РЭА и создание оптимального технического решения в сжатые сроки связано с трудностями, основными из которых являются: многофакторность проектирования и производства и большая трудоемкость и стоимость изготовления изделия.

В связи с совершенствованием элементной базы РЭС, а также конструктивно-технологических характеристик проектируемых модулей всех ти­пов, в несколько раз увеличилась трудоёмкость составления технической до­кументации. Всё это приводит к необходимости совершенствования методов конструкторского проектирования РЭС, основой которого является автома­тизация процесса проектирования.

Одним из путей преодоления этих трудностей является использование возможностей современных ЭВМ, которые позволяют заменить радиоэлектронный узел его математической моделью, а затем отработать данный узел на ЭВМ при помощи математического комплекса. С помощью компьютера возможно осуществление цикла сквозного проектирования, включающего в себя:

* синтез структуры и принципиальной схемы устройства;
* анализ его характеристик в различных режимах с учетом разброса параметров компонентов и наличия дестабилизирующих факторов и параметрическую оптимизацию;
* синтез топологии, включая размещение элементов на плате или кристалле;
* выпуск конструкторской документации.

Одной из важнейших задач конструирования РЭС является максимальное внедрение методов автоматизированного проектирования, что в итоге должно привести к минимальному участию человека в процессе созда­ния конструкции. В этом случае инженер на всём протяжении разработки конструкции составляет формализованное задание для ЭВМ, анализирует ре­зультаты и делает предположения о возможных причинах несоответствия получаемых характеристик требованиям технического задания. Основную работу по созданию конструкции проводит ЭВМ, оснащенная соответст­вующим информационным и программным обеспечением .

Правильное разделение функции между человеком и ЭВМ приводит к схеме автоматизированного проектирования, в котором человек выполняет задачи творческого характера, то есть анализирует ТЗ, управляет поиском требуемого решения, осуществляет трудно формализуемые задачи проектирования реальной РЭС задачи принятия решений. ЭВМ, в свою очередь, решает задачи синтеза отдельных типов конструирования на каждом иерархическом уровне, в результате чего реализуется ряд вариантов конструкции, для которых ЭВМ приводит расчёты характери­стик, анализ конструктивных решений и тому подобное.

В процессе проектирования возникает необходимость большого числа вычислений, обращения к стандартным алгоритмам решения типовых задач, увязки различных требований этапов функционального и конструкторского проектирования, а также проверки правильности результатов различных этапов проектирования. В связи с этим целесообразно объединить отдельные алгоритмы в единую автоматическую систему конструкторского проектирования, ориентированную на конкретную базу конструкций.

В общем случае САПР осуществляют проектирование, начиная от функциональной схемы и кончая всей необходимой технической документацией для изготовления, наладки и эксплуатации ЭВМ в целом. Проектирование модулей каждого уровня, начиная от интегральной микросхемы до РЭС в целом, выделяется в самостоятельные этапы.

## Технология применения средств автоматизированного проектирования при разработке конструкторской документации

В курсовом проекте при проектировании устройства были использованы следующие САПР:

* Altium Designer 14;
* AutoCAD 2013;
* SolidWorks 2014.

Схемотехническое моделирование и разработка топологии ПП с размещением элементов на ПП и трассировкой соединний осуществляется в САПР Altium Designer 14.

Данное САПР выполняет полный цикл проектирования ПП [20], а именно:

* графический ввод электрических схем;
* смешанное аналого-цифровое моделирование на основе ядра SPICE;
* упаковку схемы в печатную плату;
* интерактивное размещение компонентов;
* интерактивную и автоматическую трассировку проводников;
* контроль ошибок в схеме и печатной плате;
* выпуск документации;
* анализ целостности сигналов и перекрестных искажений;
* подготовку файлов Gerber и NC Drill для производства ПП.
* подготовку библиотек символов, топологических посадочных мест и моделей компонентов.

В современной разработке и проектировании РЭУ большую роль играют САПР, так как они обеспечивают быстроту и точность проектирования различных устройств, устраняют допущение ошибок при проектировании, ускоряют процесс обработки данных и разработки конструкторской документации. Все вышеизложенное упростило работу над разработкой измерителя-регулятора нормированных сигналов.

Проводим трассировку проводников.

AutoCAD 2013 использовался для создания следующих чертежей:

* схема электрическая структурная;
* чертёж печатной платы;
* сборочный чертеж изделия;
* чертежи сборочных единиц;
* чертежи нестандартных изделий;
* сборочного чертежа устройства.

Для оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД схема электрическая принципиальная и плата печатная экспортируются из Altium Designer в AutoCAD с помощью формата «.dxf» [21].

# Заключение

Разработанную систему охраны стационарных объектов с оповещением по GSM каналу выгодно использовать, как для личных целей, так и в комплексных централизованных системах охраны и мониторинга. Очень выгодно, а иногда единственно приемлемо, использование на объектах, где затруднена прокладка кабельных и телефонных сетей. Данная система охраны идеальна в случае домашнего использования с целью контроля человеческого трафика, а также с целью моментального оповещения о незаконном проникновении. Возможность извещения хозяев и/или правоохранительных органов о несанкционированных попытках проникновения на охраняемые объекты позволяет контролировать состояние объектов на удалении.

Устройство полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям, является простым, надежным и экономичным изделием, что подвержено рядом расчетов, представленных выше.

Список использованных источников

1. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам [Электронный ресурс]. – Режим допуска : <http://www.fips.ru>.
2. Охранная система Lock GSM [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. поп. журн. — Режим доступа: http://radiokot.ru/.
3. ГОСТ 27.003‑90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности [Текст]. Взамен РД 50‑650‑87 ; введ. 1992‑01‑01. – М. : Стандартинформ, 1997. – 76 с.
4. ГОСТ 15150-69. Исполнение для различных климатических районов [Текст]. Взамен; введ. 1971‑01‑01. – М. : Стандартинформ, 2010.  – 20 с.
5. ГОСТ Р 52459.8-2009. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства радиосвязи. Часть 8. Частные требования к базовым станциям системы цифровой сотовой связи GSM [Текст].; введ. 2009‑09‑14. – М. : Стандартинформ, 2010. – 20 с.
6. ГОСТ Р 52435-2005. Технические средства охранной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний [Текст].; введ. 2005‑12‑28. – М. : Стандартинформ, 2006. – 56 с.
7. ГОСТ 10316‑78. Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Технические условия [Текст]. Взамен ГОСТ 10316‑70 ; введ. 1979‑01‑01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 24 с.
8. Соболев С. Ф. Методические указания по разработка технологических процессов сборки приборов оптоэлектромеханотроники / С. Ф. Соболев. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2007. – 118 с.
9. Роткоп, Л. Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании РЭА / Л. Л. Роткоп, Ю. Е. Спокойные. – М. : Советское радио, 1976. – 232 с.
10. Князев, А. Д. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. / А. Д. Князев. – М: Радио и связь, 1989. – 221 с.
11. ГОСТ 2.116‑84. Карта технического уровня и качества продукции [Текст]. Взамен ГОСТ 2.116‑71 ; введ. 1985‑07‑01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 16 с.
12. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства : учебник / А. П. Достанко [и др.]. – Минск : Высшая школа, 2002. – 414 с.
13. ГОСТ 14.004‑83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий [Текст]. Взамен ГОСТ 14.004‑74 ; введ. 1983‑07‑01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 12 с.
14. Варламов, Р. Г. Компоновка радиоэлектронной аппаратуры – 2‑е изд., доп. и перераб. / Р. Г. Варламов. – М : Советское радио, 1975. – 352 с.
15. ГОСТ 2.417 Единая система конструкторской документации. Платы печатные. Правила выполнения чертежей [Текст]. Взамен ГОСТ 2.417‑78 ; введ. 1992‑07‑01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 8 с.
16. ГОСТ 23751‑86. Платы печатные. Основные параметры конструкции [Текст]. Взамен ГОСТ 23751-79 ; введ. 1987‑07‑01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 20 с.
17. ГОСТ 10317‑79. Платы печатные. Основные размеры [Текст]. Взамен ГОСТ 10317‑72 ; введ. 1980‑01‑01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 4 с.
18. Алефиренко, В. М. Инженерно-психологический анализ панелей управления РЭС. Методическое пособие по дисциплине «Инженерная психология» для студентов специальностей «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС», «Техническое обеспечение безопасности» заочной формы обучения / В. М. Алефиренко, С. М. Боровиков. – Минск : БГУИР, 2007. – 33 с.
19. Боровиков, С. М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств / С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян. – Минск : БГУИР, 2009. – 68 с. : ил.
20. Сабунин, А. Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств / А. Е. Сабунин. – М. : СОЛОН‑ПРЕСС, 2009. – 432 с.
21. Колбун, В. С. Системы автоматизированного проектирования РЭС: Лаб. практикум для студ. спец. «Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств» дневной формы обуч. : В 2 ч. / B. C. Колбун, С. М. Боровиков, В. И. Журавлёв. – Минск : БГУИР, 2005. – 72 с. : ил.
22. Патентный поиск в РФ. Новые патенты, заявки на патент. Библиотека патентов на изобретения [Электронный ресурс]. – Режим допуска : <http://www.freepatent.ru/patents/2416820>
23. Служба поиска патентов и изобретений, зарегистрированных в РФ и СССР [Электронный ресурс]. – Режим допуска : <http://www.findpatent.ru>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(обязательное)  
Справка об исследовании патентной литературы

Предмет поиска: система охраны стационарных объектов с GSM оповещением.

Страны поиска: Российская Федерация (РФ), Республика Беларусь (РБ).

Глубина поиска: 2001‑2013 гг.

Источники информации – фонды описания изобретений.

Результаты поиска сведены в таблицу Б.1.

Таблица Б.1 – Результаты патентного поиска

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название выявленных аналогов | № охранного документа, дата, страна | Признаки выявленных аналогов |
| Система передачи извещений для охраны группы сосредоточенных объектов недвижимости | 2416820  G08B25/10  15.04.2010, РФ | Изобретение относится к системам тревожной сигнализации и предназначено для использования при централизованной охране жилых помещений и офисов внутри зданий, домов и коттеджей в поселках, групп гаражей и автомобилей на стоянках. Каждая из установок охранной сигнализации размещена на соответствующем объекте недвижимости и включает в себя первый контроллер, модуль управления, охранные извещатели, оповещатели и объектовый приемопередающий модуль, который выполнен с возможностью двухсторонней связи с другими установками охранной сигнализации и передачи данных в пункт мониторинга. В состав объектового приемопередающего модуля входят приемопередатчик межобъектовой связи, |
|  |  |  |
| Продолжение таблицы Б.1 | | |
| Название выявленных аналогов | № охранного документа, дата, страна | Признаки выявленных аналогов |
|  |  | передатчик внешнего радиоканала, второй контроллер и управляемый антенный коммутатор. Пункт мониторинга включает в себя приемник внешнего радиоканала, пультовое оконечное устройство, пульт централизованного наблюдения и блок модемов, выполненный с возможностью подключения к стандартным сетям связи для обеспечения обмена информацией с органами реагирования [22] |
| Радиоканальная система тревожной сигнализации для централизованной охраны транспортных средств, недвижимости, людей и животных | 2201363  G08B25/08  27.03.2003. | Изобретение относится к системам охранной сигнализации с радиоканалами. Система содержит m установленных на охраняемых объектах недвижимости стационарных установок охранной сигнализации, содержащих блок стационарных охранных извещателей, стационарное объектовое оконечное устройство и объектовый ретрансляционный узел передачи данных, выполненный с возможностью приема кодовых сообщений от стационарных и возимых установок охранной сигнализации и от носимых объектовых оконечных устройств, селекции этих сообщений и их передачи по сотовой сети подвижной связи. На охраняемых транспортных средствах установлены установки охранной сигнализации, |
|  |  |  |
| Продолжение таблицы Б.1 | | |
| Название выявленных аналогов | № охранного документа, дата, страна | Признаки выявленных аналогов |
|  |  | включающие блок возимых охранных извещателей и возимое объектовое оконечное устройство. На охраняемых людях и животных находятся носимые объектовые оконечные устройства. Пользователи системы снабжены персональными приемниками. В систему входит центр сбора и обработки информации с пультовым оконечным устройством и пультом централизованного наблюдения. Система содержит также n территориальных ретрансляционных узлов микросотовой сети передачи данных, выполненных с возможностью приема и селекции сообщений от стационарных и возимых установок охранной сигнализации и от носимых объектовых оконечных устройств [21]. |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(обязательное)  
Техническое задание

Министерство образования Республики Беларусь

|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО | УТВЕРЖДЕНО |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
| «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. | «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |

СИСТЕМА ОХРАНЫ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ

С ОПОВЕЩЕНИЕМ ПО GSM КАНАЛУ

**Техническое задание**

4 листа

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Разработал студент группы 113201 |  | А. П. Деревнюк |
| Руководитель |  | И. Н. Богатко |
|  |  |  |

Введение

Настоящее техническое задание распространяется на разработку система охраны стационарных объектов с оповещением по каналу GSM, для охраны различных стационарных объектов от несанкционированного доступа и последующего оповещения по каналу GSM в случае проникновения

# Основание для разработки

Основанием для разработки является учебный план по дисциплине и положения о курсовом проектировании.

Наименование темы – «Система охраны стационарных объектов с оповещением по каналу GSM».

Тематическая карточка на разработку не предусматривается.

# Технические требования

## Состав изделия

Система охраны стационарных объектов с оповещением по каналу GSM – это универсальный контроллер охраны различных стационарных объектов от несанкционированного доступа и последующего оповещения по каналу GSM в случае проникновения. Устройство предназначено для использования в стационарных объектах, для контроля его состояния и сигнализации.

## Технические параметры (показатели)

Электрические параметры - Uном=220 В, f=50 Гц

Режим работы – непрерывный;

Габаритные размеры прибора должны быть не более 110×70×25 мм;

Масса прибора должна быть не более 1,5 кг.

Годовая программа выпуска, не менее 1000 шт.

## Требования к надежности

Наработка на отказ должна быть не менее 9 000 ч. Критерием отказа блока следует считать отклонение выходного напряжения и пульсаций выходного напряжения от допустимых значений.

Время восстановления после ремонта должно быть не более 1 ч.

Средний срок службы должен быть не менее 3 лет. Испытания на срок службы не проводят.

## Конструктивные требования

### Конструктивные требования к изделию в целом и его составным частям

Прибор должен обеспечивать беспрепятственное подключение к сопрягаемому оборудованию, другим устройствам системы охраны, а также к электронной вычислительной техники посредствам соответствующих кабелей и проводов.

Габаритные размеры прибора должны быть не более 110×70×25 мм.

Масса прибора должна быть не более 1,5 кг.

### Требования эргономики и технической эстетики

Форма, компоновка и внешний вид должны соответствовать его функциональному назначению и обеспечивать удобство обслуживания при ремонте и эксплуатации.

## Условия эксплуатации

Вид климатического исполнения прибора – УХЛ3.1 по ГОСТ 15150.

## Требования к упаковке, маркировке, транспортированию и хранению

Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение должны проводиться в соответствии с ГОСТ 22261. На каждом устройстве должна быть нанесена маркировка, содержащая:

– полное торговое наименование по ГОСТ 26794;

– товарный знак и (или) наименование предприятия-изготовителя;

– месяц и год выпуска;

– отметку ОТК предприятия-изготовителя;

– номинальное напряжение, частоту источника питания и потребляемую мощность при номинальных условиях.

Потребительская маркировка индивидуальной тары или наклеиваемая на нее этикетка должны содержать:

– полное торговое наименование по ГОСТ 26794;

– товарный знак и (или) наименование предприятия-изготовителя;

– месяц и год выпуска;

– отметку ОТК предприятия-изготовителя;

– номинальное напряжение и частоту источника питания;

– гарантийный срок хранения;

– массу устройства;

Маркировка транспортной тары должна соответствовать требованиям ГОСТ 14192 с нанесением манипуляционных знаков.

Устройства должны быть упакованы в индивидуальную (потребительскую) тару, обеспечивающую их сохранность при транспортировании и хранении.

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(справочное)  
Результаты расчёта эксплуатационной интенсивности отказов элементов

Таблица В.1 – Расчёт эксплуатационной безотказности элементов модуля

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Позиционное обозначение | Количество | Кн | λБ·10-6 | Вид математической модели расчета λэ | Значение поправочного коэффициента | | | | | | | | | | | | | | | | | ∏ Кi | Λэj·nj  ·10-6 1/ч |
| КИС | КР | Кt | Ккорп | КV | КФ | КД | КU | КC | КF | КR | КM | КΔ | КК | Кn | КЭ | КП |
| С1-С18 | 18 | 0,47 | 0,173 | λЭ=λБКРКСКЭКП |  | 0,84 |  |  |  |  |  |  | 0,49 |  |  |  |  |  |  | 1.2 | 5 | 40,4 | 17,5884 |
| DA1, DA2 | 2 | - | 0,028 | λЭ=λБКРКИСКкорпК*V*КЭКП | 4,25 |  | 2,82 | 3 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 5,5 | 395,5 | 11,07 |
| DD1 | 1 | - | 0,023 | λЭ=λБКРКИСКкорпК*V*КЭКП | 1.96 |  | 2,57 | 3 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 5,5 | 166,2 | 22,9 |
| DD2 | 1 | - | 0,023 | λЭ=λБКЭКП |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 5,5 | 11 | 22,9 |
| DD3 | 1 | - | 0,023 | λЭ=λБКРКИСКкорпК*V*КЭКП | 1.96 |  | 2,57 | 3 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 5,5 | 166,2 | 22,9 |
| HL1 | 1 | 0,4 | 0,034 | λЭ=λБКРКЭКП |  | 0,775 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1,1 | 5 | 166,2 | 22,9 |
| K1 | 1 | 0,45 | 0,0304 | λЭ=(λ(L)БК(L)рКFК(L)п+λ(ком)БFКPКпКк)КЭ |  | 0,646 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 12,8 | 1,22 | 1,2 | 2,5 | 30,26 | 0,824 |
| R1-R16 | 16 | 0,57 | 0,044(1/ком) | λЭ=λБКРКRКMКΔКЭКП |  | 0,862 |  |  |  |  |  |  |  |  | 0.7 | 0.7 | 1 |  |  | 1.2 | 3 | 1,52 | 8,2293 |
| SB1,SB2 | 2 | 0.2 | 0,16/0,009 (1/вкл) | λЭ=(λ(к.н)БКККF+λ(вкл)БNFКP)КЭКП |  | 0,646 |  |  |  |  |  |  |  | 0.5 |  |  |  | 0.25 |  | 1.5 | 3 |  | 4,756 |
| VD1 | 1 | 0,4 | 0,021 | λЭ=λБКРКФКДКUКЭКП |  | 0,219 |  |  |  | 1,0 | 0,6 | 0,7 |  |  |  |  |  |  |  | 1.2 | 5.5 | 0,61 | 1,1091 |
| VD2, VD3 | 2 | 0,4 | 0,025 | λЭ=λБКРКФКДКUКЭКП |  | 0,219 |  |  |  | 1,0 | 0,6 | 0,7 |  |  |  |  |  |  |  | 1.2 | 5.5 | 0,61 | 1,2445 |
| VD4,VD7 | 2 | 0,2 | 0,0041 | λЭ=λБКРКЭКП |  | 0,229 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1.2 | 5.5 | 0,264 | 0,4771 |
| VD5,VD6 | 2 | 0,4 | 0,091 | λЭ=λБКРКФКДКUКЭКП |  | 0,219 |  |  |  | 1,0 | 0,6 | 0,7 |  |  |  |  |  |  |  | 1.2 | 5.5 | 0,61 | 1,7542 |
| VT1 | 1 | 0,25 | 0,044 | λЭ=λБКРКФКДКUКЭКП |  | 0,809 |  |  |  | 0,7 | 0,5 | 0,66 |  |  |  |  |  |  |  | 1.2 | 5.5 | 1,23 | 4,4501 |
| XS1-XS4 | 4 | 0,2 | 0,0041 | λЭ=λБКРКККnКЭКП |  | 6.317 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 12.8 | 1.22 | 1.2 | 2.5 | 295,9 | 4,8533 |
| ZQ1 | 1 | - | 0,026 | λЭ=λБК*t*КЭКП |  |  | 1,97 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1,7 | 9 | 30,1 | 0,784 |
| ПП с МО | N1=220  N2=6 | - | 0.000017 | λЭ=λБ(N1Ксл+N2(Ксл+13) КtКЭКП |  |  | 2.51 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 5 | 15,05 | 0,2676 |
| Соединения пайкой волной | 832 | - | 0.000069 | λЭ=λБКtКЭКП |  |  | 2.51 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 5 |  | 0,8642 |
| Кабели, шнуры, монтажные провода |  |  | 0.0577 (1/м) | λЭ=λБ*L*КTКЭКП |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 2 |  |  |

В последнем столбце значение , где *i* указывает учитываемый фактор, *j* – группу однотипных элементов.

В таблице В.2 приведены примеры получения каждого из поправочных коэффициентов.

Таблица В.2 – Получение значений поправочных коэффициентов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование и позиционное обозначение элемента | Модель прогнозирования λэ | Математическое выражение определения коэффициентов | Значения величин, входящих в модель расчёта коэффициентов | Числовые значения поправочных коэффициентов |
| Конденсаторы керамические | λЭ=λБКРКСКЭКП | Кс таблица 5.12 [19]. | A=5,909\*10-7;  B=14,3; NT=398; G=1; Ns=0,3; H=3; Кн=0,6; tокр=25°С. | Кp=0,104;  Кс=0,527;  Кэ=1,1;  Кп= 5. |
| Светодиоды | λЭ=λБКРКЭКП |  | Ea=0,6 эВ  k=8.625·10-5 эВ/град | Кp=0,775;  Кэ=1,1;  Кп= 5. |
| Резисторы | λЭ=λБКРКRКMКΔКЭКП | КR таблица 5.15 [19];  КM таблица 5.14 [19];  КΔ пункт 5.6 [19]. | A=0,260; B=0,5078; NT=343; G=9,278; Кн=0,57; Ns=0,878; J=1; H=0,886; tокр=25°С. | Кp=0,862;  КR=0,7; КM=0,7; КΔ=1,0; Кэ=1,2;  Кп=3. |
| Диоды | λЭ=λБKPKФКДКUKЭКП | Кф таблица 5.8 [19]; КД таблица 5.9 [19];  КU таблица 5.10 [19]. | A=44,1025; NT=-2138; TM=448; L=17,7;  ∆t=150; Кн=0,4; tокр=25°С. | Кp=0,219; Кф=1,0; КД=0,6; КU=0,7; Кэ=1,2;  Кп=5,5. |
| Транзисторы биполярные | λЭ=λБKPKФКДКUKЭКП | Кф таблица 5.8 [19];  КД таблица 5.9 [19];  КU таблица 5.10 [19]. | A=5,2; NT=-1162; TM=448; L=13,8;  ∆t=150; Кн=0,25; tокр=60°С. | Кp=0,229; Кф=0,7; КД=0,5; КU=0,5; Кэ=1,2; Кп=5,5. |
| Кнопка | λЭ=(λ(к.н)БКККF+λ(вкл)БNFКP)КЭКП | КK таблица 5.17 [19]; КF по 5.14 [19]. | КН=0,2; | Кp=0,646; КF=0,5; КК=0,25; КЭ=1,5; КП=3 |
| Продолжение таблицы В.2 | | | | |
| Наименование и позиционное обозначение элемента | Модель прогнозирования λэ | Математическое выражение определения коэффициентов | Значения величин, входящих в модель расчёта коэффициентов | Числовые значения поправочных коэффициентов |
| Соединители | λЭ=λБКРКЭКПКККn |  | tп=20;  tокр=20°С;  Кн=0,2;  tраб=65;  N=96;  n=500. | Кp=6,317; КК=12,8;  Кn=1,22;  КЭ=1,2;  КП=2,5. |
| ПП с МО | λЭ=λБ[N1Kсл+N2(KCЛ+13)]КtКЭКП | Ксл [19] | tокр=25°С. | Кt=2.51; Ксл=1;  КЭ=3; КП=5. |
| Соединение пайкой | λЭ=λБКtКЭКП | Ксл [19] | tокр=25°С. | Кt=2.51; Ксл=1;  КЭ=3; КП=5. |
| Кабели, шнуры, монтажные провода | λЭ=λБ*L*КTКЭКП |  | tp=25°С. | КЭ=2;  КП=2. |

ПРИЛОЖЕНИЕ Г  
(обязательное)  
Графическая часть