

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Литературный обзор .....	8
2 Анализ исходных данных и основных технических требований к разрабатываемому устройству .....	10
2.1 Анализ схемы электрической принципиальной .....	10
2.2 Анализ условий эксплуатации и дестабилизирующих факторов .....	14
3 Выбор и обоснование элементной базы, унифицированных узлов, установочных изделий и материалов конструкции .....	16
4 Выбор и обоснование компоновочной схемы и метода конструирования..	23
5 Выбор и обоснование способов и средств обеспечения теплового режима, герметизации, виброзащиты и электромагнитной совместимости.....	26
6 Расчёт конструктивно-технологических параметров разрабатываемого устройства .....	31
6.1 Компоновочный расчёт печатной платы .....	31
6.2 Компоновочный расчёт устройства .....	33
6.3 Расчёт конструктивно-технологических параметров печатной платы. Выбор и обоснование метода изготовления печатной платы .....	34
6.4 Оценка теплового режима и выбор способа охлаждения .....	39
6.5 Расчёт механической прочности и системы виброударной защиты .....	43
6.6 Обеспечение электромагнитной совместимости .....	46
6.7 Оценка надёжности устройства .....	48
6.8 Обеспечение требований эргономики и инженерной психологии .....	51
7 Оценка технологичности проектируемого устройства .....	55
7.1 Расчёт конструкторского-технологических показателей. Комплексный показатель технологичности .....	55
7.2 Разработка технологической схемы сборки платы устройства.....	59
8 Выбор программного обеспечения САПР при проектировании электронного средства .....	62
9 Технико-экономическое обоснование разработки и производства дистанционной системы управления климатом дома .....	66
9.1 Характеристика нового изделия .....	66

9.2 Расчёт стоимостной оценки результата .....	66
9.2.1 Расчёт себестоимости и отпускной цены нового изделия .....	66
9.2.2 Расчёт чистой прибыли .....	71
9.3 Расчёт инвестиций в производство нового изделия.....	72
9.4 Расчёт показателей экономической эффективности проекта.....	74
10 Рекомендации по обеспечению электрической и экологической безопасности при эксплуатации и производстве устройства .....	77
11 Требования к хранению, маркировке, упаковке и транспортировке устройств.....	79
11.1 Требования к хранению.....	79
11.2 Требования к маркировке.....	79
11.3 Требования к упаковке .....	80
11.4 Требования к транспортировке.....	81
Заключение .....	83
Список использованных источников .....	84
Приложение А .....	86
Приложение Б .....	90
Приложение В.....	92

## ВВЕДЕНИЕ

В наши дни микропроцессорная техника стремительно наращивает обороты. Благодаря современным технологическим производствам мы получаем большое количество разнообразных микропроцессорных средств и систем.

С помощью микропроцессорных средств можно эффективно определять физические процессы и принимать решения как в повседневной жизни, так и на производствах.

Микропроцессорные средства применяются во многих областях – от бытовой жизни до военной техники и крупных предприятий.

С развитием информационных технологий, увеличением доступности элементной базы для электронных устройств и с ростом их удешевления, жители загородных домов, дач и квартир стремятся оптимизировать потребление энергии на подогрев, уровень влажность и освещенности различных помещений своих домов. Основной тенденцией является возможность управления климатом помещений удалённо. Такая функция является востребованной основываясь на фактах, что жители дач хотят перед приездом в свой дом отопить его, а жители коттеджей и загородных домов, живущие там на постоянной основе, уезжают в крупный город на работу, и могут регулировать подогревание или остывание дома на время своего отсутствия. Этого можно достичь, используя удалённую систему управления климатом.

Такие системы являются дорогостоящими и повышается актуальность производства более дешёвых и специализированных решений. Целью данного дипломного проекта является разработка специализированной и универсальной дистанционной системы управления климатом дома.

Разработка данного электронного средства в дипломном проекте сделан в соответствии с техническим заданием, по требованием которого выполнены патентные исследования. Техническое задание представлено в приложении А. Отчет о проведении патентного исследования представлен в приложении Б.

Отчёт о проверке на заимствования представлен в приложении В. Результат проверки на заимствования составил 89,84%.

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Рассмотрим принцип работы оборудования, регулирующее климат помещений. Обычно для работы подобных систем используется главная панель, которая является приёмником и распределителем команд элементам контроля климата. К ней подсоединяются датчики для мониторинга состояния помещения, и она же выдаёт информацию о состоянии температуры, влажности и освещённости в помещениях.

Основными элементами системы управления есть:

- блок управления с платой и микроконтроллером внутри;
- терморегулятор, который отвечает за поддержание указанной температуры в помещении;
- термостат, которым управляет терморегулятор;
- датчики для контроля температуры воздуха или иных показателей;
- сервоприводы, которые приводят в движение регуляторы или управляют клапанами отопительного оборудования;
- органы управления, такие как пульта дистанционного управления, настенные сенсорные или кнопочные панели.

К приборам, оказывающими влияние на климат, относятся:

- радиаторы;
- конвекторы;
- полы с подогревом;
- котлы;
- кондиционеры;
- устройства, обеспечивающие вентиляцию;
- увлажнители воздуха;
- различные устройства освещения.

Климатическая система способна самостоятельно измерять температуру в помещениях, наблюдать за влажностью и освещённостью, и основываясь на предпочтениях конечного потребителя регулировать основные параметры климата под его нужды.

Пример работы системы: если температура опустилась ниже установленной нормы, то система подаст сигнал:

1. кондиционеру о прекращении работы;
2. отопительному прибору о необходимости увеличить температуру.

Помимо удалённого управления, основной целью является то, что владельцам частного дома или квартиры после установки нужных параметров не придется задумываться о поддержании оптимального климата. Это

утверждение актуально для любых ситуаций, независимо от состава системы управления климатом и сложности изменения процессов.

К примеру, в многокомнатной квартире электроника способна обеспечивать отличающиеся режимы работы климатического оборудования в различных комнатах, ванной, коридоре. Что позволит поддерживать оптимальный климат для любого из перечисленных помещений.

Одной из важных особенностей климат-контроля в спальне является то, что засыпать можно при пониженной температуре, а просыпаться при более высокой, что является полезным и приятным для организма человека.

Для кладовых помещений, где хранятся заготовки на зиму или собранные фрукты и овощи, поддержание оптимальной холодной температуры очень важным для дачников. Таким образом можно достичь большей сохранности продуктов питания при оптимальном энергопотреблении и сравнительно небольших затрат на систему климатического контроля.

Стандартные режимы для жилых помещений зачастую делятся на:

1. Гостевой – очищает помещение эффективнее, заполняя пространство новым потоком воздуха. Однако, прогрев в нем не на приемлемом уровне;
2. Комфорт – используется, когда в помещении один или пару человек. Поддерживать чистоту воздуха проще, когда в комнате немного человек плюс затраты электроэнергии минимальные;
3. Эконом – вариант поддержки комфортных условий при минимальных тратах электроэнергии. Часто используется для поддержания климат-контроля до появления человека в комнате. Особенно, если отсутствие человека длительное, система самостоятельно переходит в спящий режим с экономией до 40% электроэнергии.

## 2 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗРАБАТЫВАЕМОМУ УСТРОЙСТВУ

### 2.1 Анализ схемы электрической принципиальной

Схема электрическая принципиальная системы представлена на рисунке 2.1. Схема электрическая принципиальная питания системы представлена на рисунке 2.2.

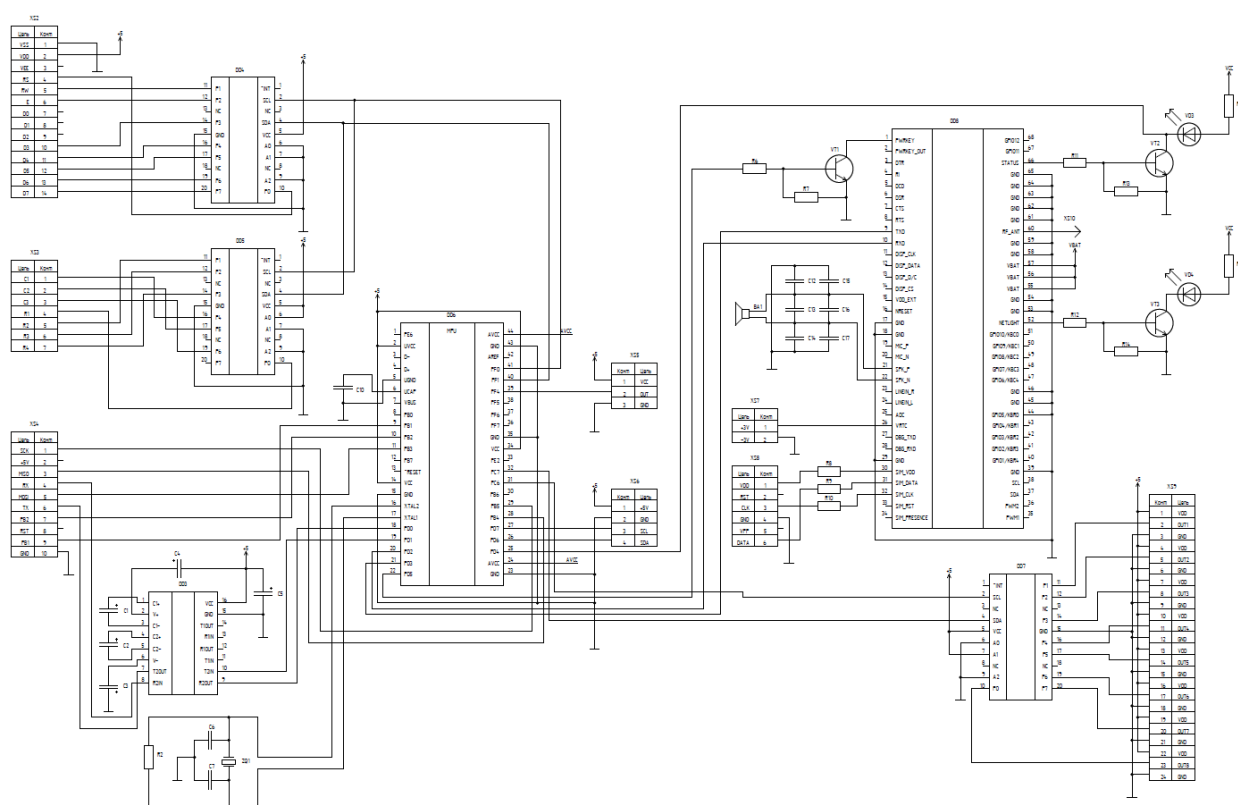


Рисунок 2.1 – Схема электрическая принципиальная системы

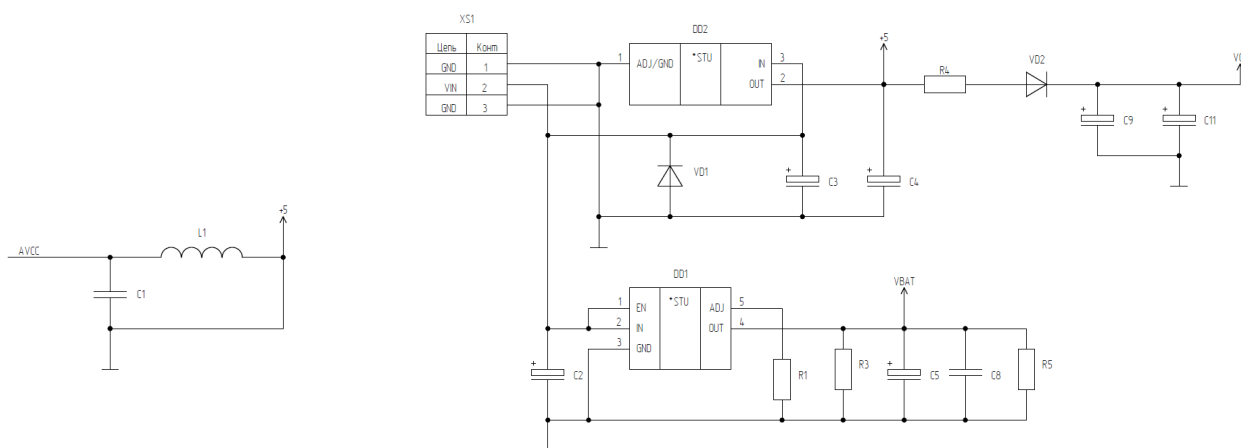


Рисунок 2.2 – Схема электрическая принципиальная питания системы

Принцип работы заключается в считывании показаний датчиков и принятия решения на основании программы управления, защитой в микроконтроллере ATmega32U4 (DD6). Передача микроконтроллером управляющего сигнала осуществляется через разъём USB Type-A (XS6). В ходе разработки схемотехнической документации было принято решение о режиме работы микроконтроллера на его предельной частоте – 16 МГц. Так как встроенный кварцевый резонатор способен выдавать частоту лишь 8 МГц требуется подключить внешний кварцевый резонатор ко входам XTAL1 и XTAL2 микроконтроллера, два других вывода кварцевого резонатора заземлить, второй конец параллельных резонатору цепей также заземлить, но перед подключением земли расположить по ёмкости малого номинала. Для этого был выбран конденсатор многослойный керамический с номиналом 33 пФ (Murata GRM21).

Главной управляющей микросхемой дистанционной системы управления климатом дома является микроконтроллер DD6. К нему через расширители портов ввода/вывода подключаются различные элементы управления и индикации системы, а также датчики, которые выполняют роль считывателей состояния помещения. Также напрямую к микроконтроллеру DD6 подключается микросхема SIM900A (DD8), обеспечивающая управление системой контроля климата через СМС-сообщения. Сигналы, которые микроконтроллер DD6 передаёт внешним системам исполнения, отправляются через XS6. Взаимодействие с человеком (прошивка, отладка системы) осуществляется через разъём типа RS-232 (XS4).

Дистанционная система управления климатом дома имеет разъём для подключения датчиков температуры и влажности – TSW-108-08-T-T-LA

(XS10), и позволяет подключить до 8 проводных датчиков. В свою очередь разъём XS10 подключается к DD6 через расширители портов ввода/вывода для шины I<sup>2</sup>C – PCF8574A (DD8). Выводы разъёма OUT1-OUT8 подключаются к выводам P0-P7 расширителя DD8. Так как DD8 является единственным расширителем, подключаемым к портам PC6, PC7 микросхемы DD6, то адресные выводы A0-A2 заземляются, их логические уровни равны 0. Для питания DD8 используется питающее напряжение цепи +5В.

Для предоставления информации о состоянии климата помещений пользователю в систему подключается дисплей. Через разъём 14-контактный разъём TSW-107-05-G-D (XS2) подключается LCD-модуль Winstar WH2004B размером 20 на 4. Для обеспечения питания дисплея на контакт 2 (VDD) разъёма XS2 подаётся питающее напряжение +5В, контакт 1 (VSS) заземляется. К управляющей микросхеме DD6 разъём XS2 подключается через расширитель портов ввода/вывода PCF8574A (DD4). Так как в цепи подключения к портам PF0 и PF1 будет подключён ещё один расширитель портов, то заземлим адресные выводы A0-A2, и получим логический сигнал “000”.

Для предоставления пользователю возможности взаимодействия с системой через главную панель будет использоваться клавиатура АК-304-N-BBW. Она оборудована кнопками от 0 до 9 и знаками \* и #. Клавиатура подключается к системе через 7-контактный разъём TSW-107-05-G-S (XS3). На выводы расширителя портов P0-P6 подаются сигналы с клавиатуры через разъём XS3, который пронумерован для правильного подключения клавиатуры. Разъём XS3 подключается к DD6 с использованием расширителя портов ввода/вывода PCF8574A (DD5). Так как в цепи подключения к портам PF0 и PF1 уже подключён расширитель портов DD4, то заземлим адресные выводы A1-A2 и подадим питание на вывод A0, чтобы получить логический сигнал “001”.

Взаимодействие разработчиков с системой происходит через коммуникационный последовательный интерфейс XS4. Он является довольно распространённым и имеет большое число преобразователей в USB, Ethernet, силовые разъёмы и прочие. Управляющий микроконтроллер DD1 обеспечивает работу шины I<sup>2</sup>C через стандартный интерфейс. Коммуникационный разъём XS4 содержит выводы интерфейса SPI, который может быть использован для ISP-программирования. Последовательный коммуникационный интерфейс подключён через микросхему преобразователя уровней MAX232 (DD3). Для согласования уровней DD6 и XS4, к DD3 подключаются поляризованные конденсаторы ёмкостью 1мкФ к выводам C1+, C1-, C2+, C2-, V-. Для питания DD3 используется напряжение +5В.



Для взаимодействия пользователя с системой на коротких дистанциях был использован инфракрасный пульт НХ1838 с приёмником VS1833В, который подключается через разъём XS5. Приёмник питается напряжением +5В. Пульт, также как и клавиатура, оборудован кнопками от 0 до 9 и знаками \* и #, а также имеет стрелки вверх-вниз вправо-влево и кнопку “ОК”.

Для взаимодействия пользователя с системой на дальних дистанциях была использована микросхема SIM900А (DD7). Эта микросхема является двухдиапазонным модулем GSM/GPRS работающим на частотах EGSM 900 МГц и DCS 1800 МГц. Для автономного питания микросхемы DD7 используется батарейка CR2032, устанавливаемая в разъём ВН600 (XS7), который подключается к выводу микросхемы VRTC. Для того, чтобы аутентифицировать систему в сети и прислать ей СМС-команду с мобильного телефона, к выводам SIM\_VDD, SIM\_DATA, SIM\_CLK микросхемы DD7 подключается сим карта через разъём SIM7200 (XS8) с использованием резисторов номиналом 22 Ома. К микросхеме DD7 подключается пьезодинамик CVS-1508 через конденсаторы номиналом 10пФ и номиналом 33пФ для оповещения пользователя о пришедшей СМС-команде или включении/выключении устройства. Вывод PWRKEY GSM-модуля подключается к выводу PD5 управляющего микроконтроллера DD6 для подачи им сигнала включения микроконтроллеру DD7. Приём внешних сигналов GSM-модулем осуществляется через антенну, которая выводится за пределы корпуса и подключается к разъёму 901-9894-RFX (XS9). Разъём XS9 в свою очередь подключается к выводу RF\_ANT микроконтроллера DD7. Цепь, идущая от коллектора транзистора VT2 к выводу PD4 микроконтроллера DD6 добавлена для дополнительной страховки и нужна для того, чтобы следить, включен ли модуль СМС-управления устройством. Так как порог выключения у SIM900А составляет 3,2 В то даже при незначительной просадке напряжения модуль автоматически выключится, тогда как микроконтроллер продолжит работать и выполнять программу. Такое поведение основывается на том, что порог сброса у АТmega32U4 равен 2,7В. В рабочем состоянии в этой цепи находится низкий уровень напряжения. Если микроконтроллер DD6 обнаружит, что на этой линии высокий уровень напряжения, выполнится функция повторного запуска GSM-модуля. Вывод NETLIGHT GSM-модуля используется для отображения состояния сети. Рабочие состояния вывода представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Рабочие состояния вывода NETLIGHT [1]

Состояние	Функция SIM900А
-----------	-----------------

Выключен	Микросхема не в рабочем состоянии
64мс включено/800мс выключено	Микросхема не нашла сеть
64мс включено/3000мс выключено	Микросхема нашла сеть
64мс включено/300мс выключено	Связь по GPRS

Опишем схему питания системы, представленную на рисунке 2.2. Разъём DCJ200-10 является входным портом, на который подаётся внешнее питание от блока питания 12В. С помощью стабилизаторов напряжения NCP1117ST50T3G (DD2) и MIC29302WT (DD1) напряжение 12В преобразуется в 5В и 3,3В соответственно. Напряжение питания 3,3В используется для питания GSM-модуля, 5В используется для питания микроконтроллера ATmega, преобразователя уровня MAX232, расширителя портов PCF8574A и для подачи питания на разъёмы для подключения внешних устройств. Также в микроконтроллере ATmega для питания порта AVCC через перемычку в виде L1 и C1 подключается напряжение питания 5В.

## 2.2 Анализ условий эксплуатации и дестабилизирующих факторов

Дистанционная система управления климатом дома эксплуатируется в диапазоне температур от -15 до +30°C и относительной влажности до 80%.

Изделия должны храниться на стеллажах в вентилируемых помещениях при температуре окружающей среды от +15 до +40°C и относительной влажности не более 80%. при этом в окружающей среде должны отсутствовать агрессивные примеси.

Основным назначением дистанционной системы управления климатом дома является эксплуатация в районе с умеренным климатом и экономически нецелесообразно их использование вне пределов этого района.

Так как система сама создаёт умеренный климат в домах, а если они ещё не отоплены, то температура в них с учётом теплоизоляции помещений будет не ниже -15°C, была выбрана следующая категория размещения: для эксплуатации в помещениях (объемах) с искусственно регулируемые климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного

воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги) “помещение категории 4” [2].

Сочетание исполнения, категории и группы для нашей дистанционной системы управления климатом дома используем следующее: вид климатического исполнения УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150-69.

Таблица 2.2 – Характеристики вида климатического исполнения УХЛ 4.2 [2]

Значение температуры воздуха при эксплуатации, °С				Относительная влажность	
Рабочее		Предельное рабочее		Среднегодовое значение	Верхнее значение
верхнее	нижнее	верхнее	нижнее	При 20°С	при 25 °С
+35	+10	+40	0	60%	80%

### 3 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ, УНИФИЦИРОВАННЫХ УЗЛОВ, УСТАНОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ И МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИИ

Выбор элементной базы должен обеспечить надежность, ремонтпригодность и экономичность. При этом необходимо стремиться к выбору недорогих элементов, имеющих широкое применение в современных электронных средствах, добиваться максимальной простоты сборки и электрического монтажа, регулировки и испытаний.

Характеристики изделий электронной техники приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Элементы, входящие в систему, и их характеристики

Позиционное обозначение	Тип	Примечание	Корпус
1	2	3	4
BA1	CVS-1508	$U_{\text{пит}}$ не более 5В; Диапазон температуры (-20...+55) $^{\circ}\text{C}$	
C1, C14	GRM	Конденсатор многослойный керамический поверхностного монтажа; $C = 1\text{мкФ}$ ; $U_{\text{раб}} = 16\text{В}$ ; Диапазон температур (-55...+125) $^{\circ}\text{C}$	SMD 0805
C2, C8	JRB	Конденсатор электролитический поляризованный сквозного монтажа; $C = 100\text{мкФ}$ ; $U_{\text{раб}} = 100\text{В}$ ; Диапазон температур (-40...+105) $^{\circ}\text{C}$	
C3, C7	JRB	Конденсатор электролитический поляризованный сквозного монтажа; $C = 10\text{мкФ}$ ; $U_{\text{раб}} = 100\text{В}$ ;	

		Диапазон температур (-40...+105) <sup>0</sup> C	
C4-C6, C9, C13	JRB	Конденсатор электролитический поляризованный сквозного монтажа; C = 1мкФ; U <sub>раб</sub> = 100В; Диапазон температур (-40...+105) <sup>0</sup> C	
C10	GRM	Конденсатор многослойный керамический поверхностного монтажа; C = 0,1мкФ; U <sub>раб</sub> = 100В; Диапазон температур (-55...+125) <sup>0</sup> C	SMD1206
C15-C17	GRM	Конденсатор многослойный керамический поверхностного монтажа; C = 10пФ; U <sub>раб</sub> = 50В; Диапазон температур (-55...+125) <sup>0</sup> C	SMD 0805
C11, C12, C18-C20	GRM	Конденсатор многослойный керамический поверхностного монтажа; C = 33пФ; U <sub>раб</sub> = 50В; Диапазон температур (-55...+125) <sup>0</sup> C	SMD 0805
DD1	MIC29302WT	U <sub>пит</sub> не более 26В; Диапазон температур (-40...+125) <sup>0</sup> C	TO-263-5
DD2	NCP1117ST50T3G	U <sub>пит</sub> не более 20В; Диапазон температур (-55...+150) <sup>0</sup> C	SOT-223
DD3	MAX232	U <sub>пит</sub> не более 5,5В; Диапазон температур (-40...+85) <sup>0</sup> C	DIP-16

DD4, DD5, DD8	PCF8574A	U <sub>пит</sub> не более 7В; Диапазон температур (-40...+85) <sup>0</sup> С	DIP-16
DD6	ATmega32U4-AU	U <sub>пит</sub> не более 5,5В; Диапазон температур (-40...+85) <sup>0</sup> С	TQFP-44
DD7	SIM900A	U <sub>пит</sub> не более 4,5В; Диапазон температур (-40...+85) <sup>0</sup> С	SMD-68
L1	B82432-A1103-K	Индуктивность поверхностного монтажа; L = 10мкГн Диапазон температур (-55...+125) <sup>0</sup> С	SMD 1812
R1-R15	RC	Бескорпусные толстопленочные резисторы; R = 22Ом, 510Ом, 4,7кОм, 47кОм, 100кОм, 1МОм; P <sub>ном.</sub> = 0,125 Вт; U <sub>раб</sub> = 200В; Диапазон температуры (-55...+125) <sup>0</sup> С	SMD 0805
VD1, VD2	M7	Диод универсальный	SMA
VD3	GNL-3012HD	Светодиод красный	
VD4	GNL-3014BC	Светодиод синий	
VT1-VT3	BC547A	Транзистор nnp типа Макс. напр. к-б при заданном обратном токе к и разомкнутой цепи э.(U <sub>кбо макс</sub> ) = 50В Макс. напр. к-э при заданном токе к и разомкнутой цепи б.(U <sub>кэо макс</sub> ) = 45В I <sub>к макс</sub> = 0.1А P = 0.5В Диапазон температуры (-55...+150) <sup>0</sup> С	TO-92
XS1	DCJ200-10	Разъём питания для системы	

		Диапазон температуры (-20...+70) <sup>0</sup> C	
XS2	TSW	Разъём для подключения дисплея, 14 контантов Диапазон температуры (-40...+105) <sup>0</sup> C	TSW-107-05-G-D
XS3	TSW	Разъём для подключения клавиатуры, 7 контантов Диапазон температуры (-40...+105) <sup>0</sup> C	TSW-107-05-G-S
XS4	TE-5-102570-3	Разъём для подключения RS-232 Диапазон температуры (-40...+105) <sup>0</sup> C	HDR-10
XS5	TSW	Разъём для подключения ИК-приёмника, 3 контантов Диапазон температуры (-55...+140) <sup>0</sup> C	TSW-103-05-G-S
XS6	USB-A	Разъём для передачи команд внешним исполнительным устройствам Диапазон температуры (-40...+60) <sup>0</sup> C	USB-A-SMD
XS7	BH600	Разъём для батареи типа CR2032 Диапазон температуры (-25...+85) <sup>0</sup> C	
XS8	SIM7200	Разъём для СИМ-карты Диапазон температуры (-40...+85) <sup>0</sup> C	SMD
XS9	901-9894-RFX	Разъём для подключения антенны к GSM-модулю Диапазон температуры (-40...+90) <sup>0</sup> C	SMD
XS10	TSW	Разъём для подключения датчиков температуры и влажности, 24 контакта	TSW-108-08-T-T-LA

		Диапазон температуры (-55...+140) <sup>0</sup> С	
ZQ1	РПК01	Кварцевый резонатор Диапазон температуры (-20...+70) <sup>0</sup> С	НС-49S

Элементная база выбирается исходя из их назначения в схеме, объёма производства, экономической целесообразности применяемого способа изготовления изделия. Также материалы и элементы выбираются с учетом требований, предъявляемых к компоновке платы в целом, а также отдельных её элементов.

В стеклотекстолитах имеет структуру слоеного пластика, волокна которого чередуются с полимерным связующим веществом. В качестве полимера зачастую используют следующие вещества: бакелиту, эпоксидную смолу или полиэфирную смолу. Основой стеклотекстолита является стеклоткань. Этот материал обладает хорошим механическим и электрическим свойствами, химической инертностью, высокой стойкостью к перегревам (рабочая температура от -65<sup>0</sup>С до +155<sup>0</sup>С), обладает высокими гидрофобными свойствами.

Из недостатков можно выделить то, что листы стеклотекстолита имеют предельные запасы прочности и требуют соблюдения определенных условий хранения. При обработке они могут выделять токсичную пыль от смол, которая способна раздражать слизистую. Кроме того, при нагреве до высоких температур (от 400 <sup>0</sup>С) изделия выделяют токсичные пары, включая фенол и его производные. Также можно выделить сравнительно высокую стоимость. Для изготовления печатной плат выбран стеклотекстолит СФ-2-35Г-1,5.

Неметаллические покрытия на плате используются для защиты:

- печатных проводников и поверхности основания печатной платы от воздействия припоя;
- элементов проводящего рисунка от замыкания навесными радиоэлементами.

Для защиты печатных проводников и поверхности основания печатной платы от воздействия припоя используют диэлектрические защитные покрытия на основе эпоксидных смол, сухого пленочного резиста, холодных эмалей, оксидных пленок. Варианты конструктивных покрытий печатных плат приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Конструктивные покрытия печатных плат [3]



Вид покрытия	Толщина, мкм	Назначение покрытия
Серебряное	6 – 12	Улучшение электрической проводимости
Сплав серебро-сурьма	6 – 12	Улучшение электрической проводимости и повышение износоустойчивости переключателей и концевых контактов
Золотое и его сплавы	0,5 – 3,0	Улучшение электрической проводимости, снижение переходного сопротивления и повышение износоустойчивости
Палладиевое	1 – 5	Снижение переходного сопротивления и повышение износоустойчивости контактов переключателей и концевых контактов
Никелевое	3 – 6	Защита от коррозии, повышение износоустойчивости контактов переключателей и концевых контактов
Медное	25 – 30	Обеспечение электрических параметров, соединение проводящих слоев

В качестве конструктивного покрытия печатной платы выбираем сплав серебро-сурьма. Покрытие печатных проводников, контактных площадок и металлизированных отверстий сплавом ImmSn по ГОСТ Р 56427-2015.

На надежность электронных средств оказывает влияние выбор припоя для электрического монтажа. Для пайки выводных электрорадиоэлементов выбираем бессвинцовый припой ПОМ-3, ГОСТ 21931-76. Для пайки SMD элементов выбираем паяльную пасту Mechnic XP-50.

Позиционные обозначения ИЭТ выполняются краской МКЭ белая ОСТ4 ОСТ92-1586-89, шрифт 2.0-ПРЗ по СТБ 992-95 методом шелкографии ГОСТ 2.304-81.

Месяц и год изготовления маркируются краской МКЭ белая ОСТ4 ОСТ92-1586-89 в свободном месте платы методом шелкографии по ГОСТ 2.304-81 шрифтом 3,5 или 5 тип А по СТБ 992-95.

После установки элементов покрываем печатную плату лаком Plastik 71.

Перед пайкой электрорадиоэлементов необходимо подготовить посадочные места – очистить от окислов. Для этого применяется флюс.

Флюс – вещество органического и неорганического происхождения, предназначенные для удаления оксидов с паяемых поверхностей, снижения

поверхностного натяжения, улучшения растекания жидкого припоя и/или защиты от действия окружающей среды.

Рассмотрим принцип действия паяльных флюсов. Для облегчения соединения деталей и печатной платы требуется нагрев металла. При этом на его поверхности образуется оксидная пленка, снижающая способность припоя соединяться с металлическими деталями. Решить проблему позволяет флюс для пайки. При комнатной температуре данное химическое соединение остается инертным, а для получения полезных свойств требуется его интенсивный нагрев. Флюсы могут добавляться в припой или наноситься непосредственно на металлические поверхности для предотвращения нежелательного окисления.

Таким образом выполняются сразу три задачи:

- растворение оксидной пленки, образовавшейся на поверхности обрабатываемого металла;
- роль кислородного барьера для предотвращения дальнейшего окисления;
- улучшение смачивания поверхностей, подлежащих пайке.

Одним из главных требований к флюсам является способность выдерживать высокие температуры, сохраняя при этом все полезные эксплуатационные свойства.

Для химической очистки соединяемых поверхностей и обеспечивающий прочность связи в области пайки, выбираем флюс Kester 959T.

## 4 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ И МЕТОДА КОНСТРУИРОВАНИЯ

Компоновочная схема изделия определяется количеством и габаритами элементной базы, объёмом монтажных соединений, способом защиты от электростатических и магнитных полей, ремонтпригодностью, механическими воздействиями.

Компоновочные схемы делятся на 2 типа [4]:

- централизованная;
- децентрализованная.

При централизованной компоновке все элементы сложной системы располагаются в одном отсеке на специальных этажерочных конструкциях или шкафах, длина и количество межблочных соединений сведены к минимуму, ремонт и демонтаж наиболее удобны, легче выполнить качественные системы охлаждения и амортизации [4].

Децентрализованная компоновочная схема обеспечивает относительно большую легкость размещения элементов изделия на объекте, не требуется тщательная экранировка отдельных блоков, при соответствующих схемных решениях может быть более надежной, сохраняя частичную работоспособность при выходе из строя отдельных элементов изделия. Недостатком является значительная длина межблочных соединений, затруднен полный демонтаж системы, для каждого отдельного блока необходимо предусматривать автономные системы охлаждения, виброзащиты [4].

При проектировании данного устройства будет использована централизованная компоновочная схема, так как все элементы будут находиться на одной плате и в одном корпусе.

При компоновке элементов на печатную плату необходимо учитывать элементы, которые будут размещаться на передней панели. Для этого необходимо заранее выбрать их место размещение, что повлияет на форму устройства.

Компоновка РЭС осуществляется уже на этапе технического предложения, поскольку необходимо учесть требования по габаритам и массе, которые определены в техническом задании. На последующих стадиях проектирования происходит корректировка и уточнение компоновочных параметров. Как правило, при компоновке необходимо определить площадь и объем, массу конструкции. В том случае, если результаты расчетов не будут соответствовать требованиям ТЗ, то по согласованию с заказчиком в технически обоснованных

случаях в ТЗ могут быть внесены соответствующие корректировки.

При компоновке дистанционной системой управления климатом дома должны быть учтены следующие основные требования:

- оптимальность, устойчивость и стабильность функциональных межблочных связей;
- требования по жесткости и прочности;
- эргономика, удобство ремонта;
- оптимальное размещение комплектующих элементов в модулях всех уровней с учетом коэффициента заполнения по объему и удобству для осмотра и ремонта;
- сосредоточение центра тяжести ближе у опорной поверхности;
- наличие достаточного пространства для межблочных соединений.

При проектировании платы дистанционной системы управления климатом дома, необходимо учитывать влияние паразитных электромагнитных связей. Учет и анализ этих связей на ранней стадии проектирования позволит в значительной степени снизить затраты на производство всего изделия, сократить сроки проектирования, добиться более устойчивой работы.

Способом решения этой проблемы является исключение с самого начала конструирования схемы дистанционной системы управления климатом причин, порождающих помехи. При этом необходимо: понять, какие виды помех наиболее вероятны в данной схеме и выбрать и разместить печатные платы, кабели и другие структурные составляющие системы таким образом, чтобы исключить как можно больше причин, вызывающих помехи, и обеспечить при этом возможность подключения подавляющих помехи компонентов.

Помехи бывают двух типов: постоянные и перецеживающиеся. Постоянные помехи имеют один и тот же характер. Поэтому можно легко выявить их причину. Однако могут возникнуть трудности при ее устранении, но если она устранена, то окончательно. Перецеживающиеся помехи появляются время от времени. Такой характер помех сильно затрудняет выявление их источника.

Проблемы возникновения помех и наводок можно свести к минимуму, изолируя чувствительные части схемы от источника помех, устраняя паразитные индуктивные и емкостные связи. Для этого необходимо:

- располагать маломощные (чувствительные) схемы поблизости от источника сигнала;
- размещать мощные схемы (в которых велика вероятность возникновения помех) вблизи нагрузок;
- располагать маломощные и мощные схемы как можно дальше друг от

друга;

- стараться свести к минимуму длину проводников;
- использовать максимально короткие контуры прохождения тока.

## **5 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА, ГЕРМЕТИЗАЦИИ, ВИБРОЗАЩИТЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ**

Вопрос охлаждения изделий электронной техники является одним из важных этапов конструирования электронных средств в связи с широким использованием в электронных средствах элементов, выделяющих при работе тепло. Проблема отвода тепла от изделий электронной техники в первую очередь должна решаться на этапе разработки электронных средств. Выделяемое изделиями тепло может быть отведено от поверхности прибора и передано за пределы аппаратуры несколькими методами, применяемыми отдельно или в сочетании друг с другом. В зависимости от характера и назначения электронных средств применяют следующие методы отвода тепла от индивидуальных изделий электронной техники или групп изделий [5]:

- естественное охлаждение (воздушное);
- принудительное воздушное охлаждение;
- принудительное жидкостное (без кипения или с поверхностным кипением);
- охлаждение, основанное на изменении агрегатного состояния вещества;
- термоэлектрическое охлаждение.

Эффективность того или иного метода охлаждения определяется значением коэффициента теплоотдачи, то есть интенсивностью протекающих процессов теплоотдачи.

Выбор метода охлаждения определяется следующими факторами интенсивностью (плотностью) теплового потока, условиями теплообмена с окружающей средой, условиями эксплуатации (возможностью демонтажа или замены элементов), нормами эксплуатации (уровень шума, токсичностью хладагентов), специальными условиями работы (стационарными или кратковременными режимами, работой против сил тяготения и так далее), затратами электроэнергии на привод нагнетателей и другими [5].

Анализируя схему электрическую принципиальную дистанционной системы управления климатом дома, тип корпуса устройства и техническое задание, можно сделать предположение о возможности применения естественного воздушного охлаждения.

При естественном охлаждении отвод тепла происходит за счет теплопроводности, естественной конвекции окружающего воздуха и излучения.

Герметизация – это обеспечения полной непроницаемости для газов и жидкостей стен и поверхностей, ограничивающих внутренние части и объёмы аппаратов и машин, помещений и сооружений, а также их стыков и соединений. Следует различать понятия герметизации и герметичности. Герметизация широко применяется в науке и технике. Способ герметизации выбирается в зависимости от конкретных целей и условий. Для герметизации используют пайку, сварку и холодное газодинамическое напыление соединений и течей металлических деталей и изделий, специальные герметизирующие материалы (герметики), составы и уплотнения [6].

Воздействие влаги на материал корпуса дистанционной системы управления климатом дома и изоляционные материалы имеет разную природу, но одинаковый конечный результат – разрушение исходной структуры материала. В фенопласте это происходит за счет разрушение структурной решетки, в изоляционных материалах – за счет влагопоглощения.

Наличие влаги – причина электрохимической коррозии, реакции которой идут при низких температурах.

Разрушение структурной может быть равномерной (по всей поверхности изделия), и неравномерной (например, за счет механического повреждения поверхности алюминия и затем образования отверстий в нем).

Влияние влаги на материалы, входящие в состав дистанционной системы управления климатом дома, может быть очень значительным из-за отсутствия изоляционных материалов. Но разрабатываемая система относится к классу аппаратуры, которая будет эксплуатироваться в закрытом помещении.

Исходя вышеперечисленных факторов можно сделать вывод, что окружающая среда помещения, где будет использоваться дистанционная система управления климатом дома, не повлияет на него.

В данном разделе решается вопрос о необходимости виброзащиты устройства и выборе, при необходимости, способа ее осуществления.

В процессе эксплуатации и транспортировки дистанционная система управления климатом дома подвергается различным видам механических воздействий в виде вибраций (основные параметры: частота вибраций  $f$ , и возникающее при этом ускорение  $g$ ), ударов (основные параметры: ускорение и длительность) и линейных ускорений.

Под вибропрочностью понимают способность электронных средств противостоят разрушающему действию вибрации в заданных диапазонах частот и при возникающих ускорениях в течение срока службы, а под

виброустойчивостью аппаратуры - способность выполнения всех функций в условиях вибрации в заданных диапазонах частот и возникающих при этом ускорений.

Известно, что в приборах, не защищенных от вибрации и ударов, узлы, чувствительные к механическим перегрузкам, выходят из строя. Делать такие узлы настолько прочными, чтобы они выдерживали максимальные (действующие) динамические перегрузки, нецелесообразно, так как увеличение прочности в конечном счете приводит к увеличению массы, а вследствие этого и к неизбежному возрастанию динамических перегрузок. Поэтому считают более целесообразным использовать другие средства для снижения воздействия перегрузок [4].

При проектировании электронных средств прежде всего следует выяснить, нужны ли вообще защитные мероприятия. С этой целью сравнивают оговоренные в технических условиях причины допустимых механических воздействий для предназначенных к использованию элементов (микросхем, резисторов и так далее) с величинами механических действий на объекте установки радиоэлектронных средств. При этом величины воздействующих механических факторов следует скорректировать с учетом возможного резонансного усиления колебаний по пути их распространения с места установки блока до конкретного рассматриваемого элемента. В случае, если уровни воздействующих механических факторов превышают допустимые, предусматривают защитные мероприятия с оценкой их эффективности [4].

Защитные системы от наиболее распространенных видов механических помех, к которым относятся вибрации и удары, могут быть пассивными и активными. Пассивные виброзащитные системы, по сравнению с активными, более просты в исполнении и не требуют для выполнения своих функций затрат дополнительной энергии.

Существуют три пассивных способа виброзащиты аппаратуры:

- увеличение жесткости конструкции;
- демпфирование;
- использование виброизоляторов.

Плату дистанционной системы управления климатом дома можно представить, как колебательную систему с равномерно распределенной нагрузкой. Она характеризуется собственной частотой. Поведение колебательной системы при воздействии на нее извне вибраций зависит от отношения частоты этих вибраций к резонансной частоте. Собственная частота колебаний плат зависит от формы, размеров, характера материала и условий закрепления [4].



Для обеспечения электромагнитной совместимости необходимы ликвидация или максимальное ослабление влияния помех, источников нежелательных сигналов на элементы конструкции. Помехой является непредусмотренный при проектировании электронных средств сигнал, способный вызвать нежелательное воздействие, выраженное в виде нарушения функционирования, искажения передаваемой информации. Помехами могут быть напряжения, токи, электрические заряды, напряженность поля и др. Источники помех весьма многообразны по физической природе и подразделяются на внутренние и внешние [4].

Внутренние помехи возникают внутри электронных средств. Источниками электрических помех являются блоки питания, цепи распределения электроэнергии, термопары, потенциалы, возникающие при трении.

Источниками магнитных помех являются трансформаторы и дроссели. При наличии пульсаций выходного напряжения вторичных источников электропитания цепи распределения электроэнергии, тактирующие и синхронизирующие цепи следует рассматривать как источники электромагнитных помех. Значительные помехи создают электромагниты, электрические двигатели, реле и электромеханические исполнительные механизмы устройств ввода и вывода информации электронных средств. Внутренними помехами являются помехи от рассогласования волновых сопротивлений линий связи с входными и выходными сопротивлениями модулей, которые эти линии соединяют, а также помехи, возникающие по земле [7].

Внешними помехами являются помехи сети электропитания, сварочных аппаратов, щеточных двигателей, передающей радиоэлектронной аппаратурой и пр., а также помехи, вызванные разрядами статического электричества, атмосферными и космическими явлениями, ядерными взрывами. Действие на аппаратуру внешних помех по физической природе аналогично действию внутренних помех [7].

Приемниками помех являются высокочувствительные усилители, линии связи, магнитные элементы, характеристики которых изменяются под действием полей рассеивания источников помех. Помехи могут проникать в ЭС непосредственно по проводам или проводникам (гальваническая помеха), через электрическое (емкостная помеха), магнитное (индуктивная помеха) или электромагнитное поле. Многочисленные проводники, входящие в состав любой аппаратуры, можно рассматривать как приемопередающие антенные устройства, принимающие или излучающие электромагнитные поля [7].

Гальваническая связь возникает в результате протекания токов и падения напряжений на электрических соединениях конструкций. Радикальным

способом устранения гальванической помехи является устранение цепей, по которым проходят совместные токи питания и земли как чувствительных к помехам схем, так и сравнительно не чувствительных мощных схем. Таким образом, по проводам, связывающим модули в систему, передаются как полезные сигналы, так и сигналы помехи. Эффективным схемным средством селективного ослабления помехи при отсутствии ослабления и искажения сигнала является использование помехоподавляющих фильтров [8].

Экраны включаются в конструкцию для ослабления нежелательного возмущающего поля в некотором ограниченном объеме до приемлемого уровня. Возможны два варианта защиты. В первом случае экранируемые средства размещаются внутри экрана, а источник помех - вне его, во втором - экранируется источник помех, а защищаемая от помех аппаратура располагается вне экрана. Первый вариант используют при защите от внешних помех, второй - внутренних. В обоих вариантах в качестве экранов используются металлические оболочки [9].

При выполнении линий передачи схемы печатным способом вводятся экранирующие трассы, коммутируемые с шиной нулевого потенциала и выполняющие функции экранов проводов. Если источник помехи расположен на соседней плате, то защита схемы экранирующей трассой невозможна.

В проектируемой дистанционной системе управления климатом дома, учитывая используемую элементную базу, значительных внутренних помех, оказывающих влияние на работоспособность устройства, не должно возникать. Внешние помехи также не должны возникать. Следовательно, дополнительных средств, снижающих количество помех, не нужно устанавливать на печатную плату [9].

## 6 РАСЧЁТ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА

### 6.1 Компонировочный расчёт печатной платы

Для определения размеров печатной платы и габаритных размеров корпуса электронного средства выполняются компоновочные расчеты. Рассчитываются установочные площади типоразмеров элементов, устанавливаемых на печатные платы. Установочные габаритные размеры ИЭТ платы рекомендуется сводить в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Габаритные параметры ИЭТ

Элемент	Кол- во, шт.	Установочная площадь, мм <sup>2</sup>	Объем, мм <sup>3</sup>
1. Пьезодинамик CVS-1508	1	176,715	1325,359
2. Конденсатор керамический серии GRM - SMD 0805	10	2,5	3,25
3. Конденсатор керамический серии GRM - SMD 1206	2	5,12	7,68
4. Конденсатор электролитический серии JRB, 100мкФ	2	78,54	1570,8
5. Конденсатор электролитический серии JRB, 10мкФ	2	31,172	374,064
6. Конденсатор электролитический серии JRB, 1мкФ	5	19,635	215,985
7. Микросхема MIC29302WT, TO-263-5	1	169,355	778,524
8. Микросхема NCP1117ST50T3G, SOT-223	1	48,91	88,038
9. Микросхема MAX232, DIP-16	1	170	867
10. Микросхема PCF8574A, DIP-16	3	162,639	826,208
11. Микросхема ATmega32U4-AU, TQFP-44	1	144	172,8
12. Микросхема SIM900A, SMD-68	1	576	1728
13. Катушка индуктивности B82432-A1103-K, SMD 1812	1	14,4	46,08

14. Резистор серии RC, SMD 0805	15	2,5	1,25
15. Диод универсальный M7, SMA	2	45,5	72,8
16. Светодиод GNL-3012HD	1	11,946	75,259
17. Светодиод GNL-3014BC	1	11,946	75,259
18. Транзистор BC547A, TO-92	3	16,619	76,448
19. Разъём DCJ200-10	1	128,7	1415,7
20. Разъём TSW-107-05-G-D	1	90,702	472,56
21. Разъём TSW-107-05-G-S	1	45,541	237,27
22. Разъём HDR-10	1	321,569	3267,141
23. Разъём TSW-103-05-G-S	1	19,735	101,042
24. Разъём USB-A	1	314,88	2172,672
25. Разъём BH600	1	466,659	3910,598
26. Разъём SIM7200	1	276	483
27. Разъём 901-9894-RFX	1	64	883,2
28. Разъём TSW-108-08-T-T-LA	1	334,264	3048,488
29. Кварцевый резонатор HC-49S	1	51,15	214,83

Суммарная установочная площадь всех элементов  $S_{уст}$ , мм<sup>2</sup>, вычисляется по формуле:

$$S_{уст} = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot n) = 4455,585 \text{ мм}^2 \quad (6.1)$$

где  $S_i$  – значение установочной площади  $i$ -го элемента;  $n$  – количество элементов.

Для получения суммарной установочной площади платы, значения установочной площади и объема ИЭТ, в мм, подставляются из вышеуказанной таблицы. Таблица формируется на основании справочных данных.

Площадь печатной платы  $S_{ПП}$ , мм<sup>2</sup>, вычисляется по формуле:

$$S_{ПП} = \frac{S_{уст}}{m \cdot k_3} = \frac{4455,585}{1 \cdot 0,5} = 8911,17 \text{ мм}^2 \quad (6.2)$$

где  $k_3$  – коэффициент заполнения платы;  $m$  – количество сторон монтажа.

Исходя из полученной площади и с учётом крепёжных отверстий для платы, а также с учётом отступа от края плата выбираем размеры платы 80 х

120 мм. Площадь такой печатной платы равна 9600 мм<sup>2</sup>, что полностью удовлетворяет запросам по размеру монтажной зоны. Окончательные габариты получи в результате размещения элементов и трассировки печатной платы.

По таблице вычисляем суммарный установочный объем всех элементов системы управления климатом  $V_{уст}$ , мм<sup>3</sup>, вычисляется по формуле:

$$V_{уст} = \sum_{i=1}^n (V_i \cdot n) = 29252,651 \text{ мм}^3 \quad (6.3)$$

где  $V_i$  – значение установочного объема  $i$ -го элемента.

Объем заполнения печатной платы  $V_{реал}$ , мм<sup>3</sup>, определяется по формуле:

$$V_{реал} = \frac{V_{уст}}{k_3} = \frac{24361,33}{0,5} = 58505,302 \text{ мм}^3 \quad (6.4)$$

где  $k_3$  – коэффициент заполнения по объему.

## 6.2 Компоновочный расчёт устройства

В основном корпус содержит модуль управления и модули, перечисленные в таблице. Поэтому компоновочный расчет устройства мы используем расчет из раздела 6.1 и добавим еще объемы заполнения модулей из таблицы 6.2.

Таблица 6.2 – Установочные объёмы остальных модулей дистанционной системы управления климатом дома

Модуль	Кол-во, шт.	Установочный объём, мм <sup>3</sup>
1. LCD-модуль WB2004B	1	79968
2. Клавиатура АК-304-N-BBW	1	25785,6

По таблице 6.2 и результатам расчётов из раздела 6.1 вычисляем суммарный установочный объем всех модуля управления  $V_{уст}$ , мм<sup>3</sup>, вычисляется по формуле:

$$V_{\text{корп}} = V_{\text{реал}} + \sum_{i=1}^n (V_{mi} \cdot n) = 58505,302 + 105753,6 = 164258,902 \text{ мм}^3 \quad (6.5)$$

где  $V_{mi}$  – площадь каждого модуля в отдельности.

Исходя из полученного объема и объема изделий электронной техники электронного средства с учётом элементов коммутации определяется размер корпуса 150 x 130 x 40 мм.

Окончательный вывод о размерах корпуса электронного средства делается с учетом элементов коммутации, если они присутствуют в корпусе.

### 6.3 Расчёт конструктивно-технологических параметров печатной платы. Выбор и обоснование метода изготовления печатной платы

Будет использоваться печатная плата 2-ой группы жесткости по ГОСТ 23752-79. В нашем случае печатная плата должна удовлетворять условиям эксплуатации по ГОСТ 15150-69 УХЛ 4.2.

Печатные платы 2-ой группы жесткости имеют диапазон рабочих температур от -40 до +85°C и обеспечивают надежную работу при относительной влажности до 98% при температуре +35°C. Помимо этого, характеризуются стойкостью к повышенному давлению [10].

Класс точности определяет наименьшее минимальное значение основных размеров конструктивных элементов. ГОСТ 23751-86 определяет 5 классов точности. Параметры классов точности представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Классы точности печатных плат [11]

Параметр	Класс точности				
	1	2	3	4	5
Мин. ширина проводника, t, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
Мин. расстояние между центрами проводников, S, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
Мин. ширина гарантийного пояса, B, мм	0,30	0,20	0,1	0,05	0,025

Отношение диаметра мин. отверстия к толщине ПП ( $\gamma$ )	1:2,5	1:2,5	1:3	1:4	1:5
---	-------	-------	-----	-----	-----

Исходя из технологических возможностей производства выбирается комбинированный позитивный метод изготовления печатной платы. Разработка печатной платы ведется по 3-му классу точности, так как используется двусторонняя печатная плата с односторонним монтажом. Допуски на расположение отверстий и контактных площадок для 3-го класса точности ПП приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Допуски на расположение отверстий и контактных площадок для 3-го класса точности ПП [11]

Параметры, мм	Значение допуска
1	2
Допуск на отверстие $\Delta d$ без металлизации, $d \leq 1$ мм	$\pm 0,05$
То же, $d > 1$	$\pm 0,1$
Допуск на отверстие $\Delta d$ с металлизацией и оплавлением, $d \leq 1$ мм	$+0,00$ $-0,13$
То же, $d > 1$	$+0,05$ $-0,18$
Допуск на ширину печатного проводника, контактной площадки, концевой печатного контакта, экрана $\Delta b$ без покрытия	$\pm 0,05$
То же, с покрытием	$\pm 0,1$
Допуск на расположение осей отверстий $\delta d(T_d)$ , при размере платы по большей стороне менее 180	0,08
Допуск на расположение центров контактных площадок $\delta p(T_D)$ , при размере платы большей стороне менее 180	0,15
Допуск на расположение центров (осей) проводников $\delta l(T_l)$ относительно центра (оси) любого другого элемента проводящего рисунка, при размере платы большей стороне менее 180	0,03
Минимальное значение гарантийного пояса, $b$	0,1

Диаметры контактных площадок и монтажных отверстий выбираются в соответствии с ГОСТ 10317-79.

Расчет конструктивно-технологических параметров печатной платы:

1. При выборе толщины печатной платы следует учитывать, что с увеличением ее толщины и уменьшением диаметра отверстий усложняется технология нанесения металлизации, поэтому рекомендуется выбирать толщину ПП согласно пропорции  $\gamma$  представленной в таблице 6.3:

$$\frac{d_0}{H_{\text{п}}} \geq \frac{1}{4} \quad (6.6)$$

где  $H_{\text{п}}$  – толщина печатной платы;  $d_0$  – минимальный диаметр металлизированных отверстий.

Следовательно, толщина печатной платы 1,5 мм.

2. Определяем минимальную ширину печатного проводника по постоянному току для цепей питания и заземления

$$b_{1\min} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} * h_{\text{ф}}} \quad (6.7)$$

где  $I_{\max}$  – максимальный постоянный ток, протекающий в проводниках, А;  $j_{\text{доп}}$  – допустимая плотность тока, выбирается в зависимости от метода изготовления печатной платы ( $j_{\text{доп}} = 48 \text{ А/мм}^2$  для комбинированного позитивного метода);  $h_{\text{ф}}$  - толщина проводника (фольги), мм.

$$b_{1\min} = \frac{0,54264}{48 * 0,035} = 0,323 \text{ мм}$$

3. Определяем номинальное значение диаметров монтажных отверстий по формуле 6.8:

$$d = d_{\text{э}} + |d_{\text{н.о.}}| + r \quad (6.8)$$

где  $d_{\text{э}}$  – максимальное значение диаметра вывода навесного ИЭТ, устанавливаемого на печатную плату. Для прямоугольного вывода за диаметр берется диагональ его сечения;  $d_{\text{н.о.}}$  – нижнее предельное отклонение от номинального диаметра монтажного отверстия (определяется классом точности печатной платы и диаметром отверстия), мм;  $r$  – разница между минимальным диаметром отверстия и максимальным диаметром вывода ИЭТ, её выбирают



в пределах 0,1...0,4 мм. Примем  $r = 0,1$  мм.

Диаметры монтажных и переходных отверстий металлизированных и не металлизированных должны соответствовать ГОСТ 10317-79. Предпочтительные размеры монтажных отверстий выбирают из ряда 0,4; 0,5; 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 [12].

Подставим данные о диаметрах выводов элементов в формулу 6.8:

CVS-1508:

$$d_1 = 0,8 + 0,05 + 0,1 = 0,95 \sim 1 \text{ мм}$$

JRB 100 mkF:

$$d_2 = 0,6 + 0,05 + 0,1 = 0,75 \sim 0,8 \text{ мм}$$

JRB 1, 10 mkF:

$$d_3 = 0,5 + 0,05 + 0,1 = 0,65 \sim 0,7 \text{ мм}$$

MAX232:

$$d_4 = 0,559 + 0,05 + 0,1 = 0,709 \sim 0,8 \text{ мм}$$

PCF8574A:

$$d_5 = 0,586 + 0,05 + 0,1 = 0,736 \sim 0,8 \text{ мм}$$

BC547A:

$$d_6 = 0,55 + 0,05 + 0,1 = 0,7 \text{ мм}$$

TSW connectors:

$$d_7 = 0,905 + 0,05 + 0,1 = 1,055 \sim 1,1 \text{ мм}$$

HDR-10:

$$d_8 = 0,898 + 0,05 + 0,1 = 1,048 \sim 1,1 \text{ мм}$$

РПК01:

$$d_9 = 0,6 + 0,05 + 0,1 = 0,75 \sim 0,8 \text{ мм}$$

Светодиоды:

$$d_{10} = 0,5 + 0,05 + 0,1 = 0,65 \sim 0,7 \text{ мм}$$

Антенна C901-9894-RFX:

$$d_{10} = 1,27 + 0,1 + 0,1 = 1,47 \sim 1,5 \text{ мм}$$

$$d_{11} = 1,442 + 0,1 + 0,1 = 1,642 \sim 1,7 \text{ мм}$$

BH600:

$$d_{12} = 1,52 + 0,1 + 0,1 = 1,72 \sim 1,8 \text{ мм}$$

$$d_{13} = 0,978 + 0,05 + 0,1 = 1,128 \sim 1,2 \text{ мм}$$

USB:

$$d_{14} = 1,2 + 0,1 + 0,1 = 1,4 \text{ мм}$$

#### 4. Рассчитаем диаметры контактных площадок

Наименьшее номинальное значение диаметра контактной площадки  $D_{\min}$ , мм под выбранное отверстие рассчитывается по формуле:

$$D_{\min} = (d + \Delta d_{\text{во}}) + 2 * b + \Delta t_{\text{во}} + 2 * \Delta d_{\text{тр}} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{но}}^2} \quad (6.9)$$

где  $d$  – номинальное значение монтажного отверстия;  $b$  – размер гарантийного пояса;  $\Delta d_{\text{во}}$  – верхнее предельное отклонение диаметра отверстия;  $\Delta d_{\text{тр}}$  – величина подтравливания диэлектрика, которая для МПП принимается равной 0,03 мм, для ОПП, ДПП, ГПК – нулю;  $T_d$  – позиционный допуск расположения оси отверстия;  $T_D$  – позиционный допуск расположения центра контактной площадки;  $\Delta t_{\text{во}}$  – верхнее предельное отклонение диаметра контактной площадки;  $\Delta t_{\text{но}}$  – нижнее предельное отклонение диаметра контактной площадки.

$$D_{\min 1} (0,7) = 1,18 \text{ мм};$$

$$D_{\min 2} (0,8) = 1,28 \text{ мм};$$

$$D_{\min 3} (1,0) = 1,48 \text{ мм};$$

$$D_{\min 4} (1,1) = 1,63 \text{ мм};$$

$$D_{\min 5} (1,2) = 1,73 \text{ мм};$$

$$D_{\min 6} (1,5) = 2,03 \text{ мм};$$

$$D_{\min 7} (1,7) = 2,23 \text{ мм};$$

Максимальный диаметр контактной площадки:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02..0,06) \quad (6.10)$$

$$D_{\max 1} = 1,24 \text{ мм};$$

$$D_{\max 2} = 1,34 \text{ мм};$$

$$D_{\max 3} = 1,54 \text{ мм};$$

$$D_{\max 4} = 1,69 \text{ мм};$$

$$D_{\max 5} = 1,79 \text{ мм};$$

$$D_{\max 6} = 2,09 \text{ мм};$$

$$D_{\max 7} = 2,29 \text{ мм};$$

5. Определяем ширину проводников. Минимальная ширина проводников для ДПП, изготавливаемых комбинированным позитивным методом при фотохимическом способе получения рисунка

$$b_{min} = b_{1min} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 \quad (6.11)$$

где  $b_{1min}$  – минимальная эффективная ширина проводника. Для 3-го класса  $b_{1min} = 0,18$  мм;  $h_{\phi} = 0,035$  – толщина фольги, мм;

$$b_{min} = 0,18 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,2625 \text{ мм}$$

Максимальная ширина проводника:

$$b_{max} = b_{min} + (0,02..0,06) \quad (6.12)$$

$$b_{max} = 0,18 + 0,06 = 0,3225 \text{ мм}$$

После проведения вышеизложенных расчетов можно сделать вывод о том, что параметры печатного монтажа отвечают требованиям, предъявляемым к платам 3-го класса точности.

#### 6.4 Оценка теплового режима и выбор способа охлаждения

##### Переделать с новыми значениями

Проводим расчет теплового режима устройства контроля параметров качества электрической энергии:

##### 6.4.1 Определяем площадь поверхности корпуса:

$$S_K = 2 \cdot [L_1 \cdot L_2 + L_3 \cdot (L_1 + L_2)] \quad (6.15)$$

где  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  – габаритные размеры блока ( $L_1 = 0,100$  м,  $L_2 = 0,140$  м,  $L_3 = 0,040$  м).

$$S_k = 2 \cdot [0,1 \cdot 0,14 + 0,04 \cdot (0,1 + 0,14)] = 0,047 \text{ м}^2$$

6.4.2 Определяем поверхность нагретой зоны:

$$S_3 = 2 \cdot [L_1 \cdot L_2 + K_3 \cdot L_3 \cdot (L_1 + L_2)] \quad (6.16)$$

где  $L_1, L_2, L_3$  – размеры нагретой зоны;  $K_3$  – коэффициент заполнения ( $K_3 = 0,5$ ).

$$S_3 = 2 \cdot [0,1 \cdot 0,14 + 0,3 \cdot 0,04 \cdot (0,1 + 0,14)] = 0,038 \text{ м}^2$$

6.4.3 Определяем удельную мощность, рассеиваемую с поверхности нагретой зоны:

$$q_3 = \frac{P}{S_3} \quad (6.17)$$

где  $P$  - мощность источников тепла, рассеиваемая в аппарате.

$$P = K_{\text{нагруз.}} \cdot P_{\text{номр.}} \quad (6.18)$$

где  $P_{\text{номр.}}$  – мощность, потребляемая устройством;  $K_{\text{нагруз.}}$  – коэффициент нагрузки (0,4...0,8).

$$P_{\text{номр.}} = U \cdot I = 12 \cdot 1,5 = 18 \text{ Вт}$$

$$P = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ Вт}$$

$$q_3 = \frac{9}{0,038} = 239,362 \text{ Вт/м}^2$$

6.4.4 Определяем удельную мощность, рассеиваемую поверхностью корпуса:

$$q_K = \frac{P}{S_K} \quad (6.19)$$

$$q_K = \frac{9}{0,047} = 190,678 \text{ Вт/м}^2$$

6.4.5 Определяем коэффициент, являющийся функцией удельной мощности корпуса:

$$Q_1 = 0,1472 \cdot q_K - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot q_K^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot q_K^3 \quad (6.20)$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0,1472 \cdot 190,678 - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot 190,678^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot 190,678^3 \\ &= 19,466 \end{aligned}$$

6.4.6 Определяем коэффициент, являющийся функцией удельной мощности нагретой зоны:

$$Q_2 = 0,1390 \cdot q_3 - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot q_3^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot q_3^3 \quad (6.21)$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= 0,1390 \cdot 239,362 - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot 239,362^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot 239,362^3 \\ &= 27,221 \end{aligned}$$

6.4.7 Находим коэффициент, зависящий от давления окружающей среды:

$$K_{H1} = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot H_1} \quad (6.22)$$

где  $H_1 = 10^5 \text{ Па}$  – давление окружающей среды.

$$K_{H1} = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot 10^5} = 1,001$$

6.4.8 Определяем коэффициент, зависящий от давления внутри корпуса:

$$K_{H2} = 0,8 + \frac{1}{1,25 + 5,8 \cdot 10^{-5} \cdot H_2} \quad (6.23)$$

где  $H_2 = 10^5 \text{ Па}$  – давление внутри корпуса.

$$K_{H2} = 0,8 + \frac{1}{1,25 + 5,8 \cdot 10^{-5} \cdot 10^5} = 0,942$$

6.4.9 Определяем перегрев корпуса:

$$Q_K = Q_1 \cdot K_{H1} \quad (6.24)$$

$$Q_K = 19,466 \cdot 1,001 = 19,486^\circ C$$

6.4.10 Определяем перегрев нагретой зоны:

$$Q_3 = Q_k + (Q_2 - Q_1) \cdot K_{H2} \quad (6.25)$$

$$Q_3 = 19,486 + (27,221 - 19,466) \cdot 0,942 = 26,79^\circ C$$

6.4.11 Определяем температуру корпуса:

$$T_K = Q_K + T_C \quad (6.26)$$

где  $T_C = 40^\circ C$  - верхнее значение температуры окружающей среды

$$T_K = 19,486 + 40 = 59,486^\circ C$$

6.4.12 Определяем температуру нагретой зоны:

$$T_3 = Q_3 + T_C \quad (6.27)$$

$$T_3 = 26,79 + 40 = 66,79^\circ C$$

Полученные результаты свидетельствуют об удачно проведенном тепловом расчете, так как расчетные числовые значения температур меньше предельно допустимых значений, обеспечивающих безотказную работу генератора звуковых частот в течение заданного отрезка времени непрерывной работы.

При выборе типа корпуса в первую очередь нужно было опираться на габаритные размеры печатные платы, чтобы в дальнейшем удобно и

беспроблемно закрепить печатную плату. Так же нужно было учитывать габаритные размеры антенны, дисплея, клавиатуры и разъемов. На основе данных факторов и происходил выбор тип корпуса.

На основании расчётов и условий эксплуатации был выбран негерметичный корпус.

## **6.5 Расчёт механической прочности и системы виброударной защиты**

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

Так как дистанционную систему управления климатом дома предполагается использовать без виброизоляторов, то в этом случае печатная плата является единственной колебательной системой.

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

Печатная плата разрабатываемого прибора изготовлена из стеклотекстолита марки СФ2-35-1,5. Она имеют прямоугольную форму следующих размеров:  $a \times b \times h = 120 \text{ мм} \times 80 \text{ мм} \times 1,5 \text{ мм}$ .

Расчет собственной частоты колебания плат позволяет подобрать основные параметры их конструкции, исключая возможности появления резонанса. При расчете платы ее представляют в виде тонкой пластины, так как отношение толщины платы к наименьшему из двух размеров меньше, чем 1:10.

При расчете платы-пластины принимают следующие упрощения:

- 1) толщина платы постоянна;
- 2) ЭРЭ на плате располагаются равномерно на ее поверхности;
- 3) изгибные деформации при колебаниях малы, по сравнению с толщиной, упругие деформации подчиняются закону Гука;
- 4) материал пластины идеально упругий, однородный и изотропный;
- 5) “нейтральный” слой при поперечных колебаниях не подвержен деформациям растяжения (сжатия).

Для данного способа закрепления платы, поправочный коэффициент, учитывающий способ закрепления равен:

$$K_{\alpha} = 22,37 \cdot \sqrt{1 + 0,61 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{a}{b}\right)^4} \quad (6.28)$$

где  $a$  – длина большей стороны,  $b$  – длина меньшей стороны.

$$K_{\alpha} = 22,37 \cdot \sqrt{1 + 0,61 \cdot \left(\frac{120}{80}\right)^2 + \left(\frac{120}{80}\right)^4} = 60,997$$

Цилиндрическая жесткость платы равна:

$$D = \frac{E * h^3}{12 * (1 - \gamma)^2} \quad (6.29)$$

где  $E$  – модуль упругости материала платы  $E = 3,02 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$ ;  $h$  – толщина печатной платы,  $h = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;  $\gamma$  – коэффициент Пуассона для материала платы,  $\mu = 0,22$ .

$$D = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12 \cdot (1 - 0,22)^2} = 13,961$$

Распределенная по площади масса платы и ЭРЭ:

$$m'' = \rho * h + \frac{m_{\text{Э}}}{a * b} \quad (6.30)$$

где  $\rho$  – удельная плотность материала платы,  $\rho = 2,05 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;  $m_{\text{Э}}$  – масса элементов,  $m_{\text{Э}} = 0,04582 \text{ кг}$ .

$$m'' = 2,05 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} + \frac{0,04582}{0,12 \cdot 0,08} = 7,848 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Определим частоту собственных колебаний плат:

$$f_0 = \frac{K_{\alpha}}{2\pi \cdot a^2} \sqrt{\frac{D}{m''}} \quad (6.31)$$



$$f_0 = \frac{60,997}{2\pi \cdot 0,12^2} \sqrt{\frac{13,961}{7,848}} = 107,9 \text{ Гц}$$

Как упругая пластина печатная плата может подвергнуться усталостному разрушению при действии циклических нагрузок, в особенности при резонансе. В результате нарушаются контактные соединения в разъемах, разрушаются пленочные проводники, места пайки и т.д. Подобные отказы в работе радиоэлектронных средств в какой-то мере можно избежать, выполнив условие (6.32) и обеспечив тем самым достаточную усталостную долговечность платы в вибрационном поле.

$$f_0 \geq f_{min} \quad (6.32)$$

где  $f_{min}$  – минимальная частота собственных колебаний платы, которая рассчитывается по формуле:

$$f_{min} = \sqrt[3]{\left(\frac{\beta \cdot g \cdot n_{bmax}}{0,003 \cdot b}\right)^2} \quad (6.33)$$

где  $n_{bmax}$  – максимальные вибрационные перегрузки,  $g$ ;  $g$  – ускорение свободного падения, принимаем равным  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $\beta$  – безразмерная постоянная, выбираемая в зависимости от частоты собственных колебаний и воздействующих ускорений.

$$f_{min} = \sqrt[3]{\left(\frac{35 \cdot 9,81 \cdot 57}{0,003 \cdot 100}\right)^2} = 433,644 \text{ Гц}$$

Условие (6.32) выполняется:  $f_{min} = 433,644 \text{ Гц} > f_0 107,9 \text{ Гц}$ . Таким образом, плата будет обладать достаточной усталостной долговечностью при воздействии вибраций.

Амплитуда изгибных колебаний по формуле

$$A_z = \frac{n_{bmax}}{4 \cdot f_{min}^2} \leq 3 \cdot 10^{-4} \quad (6.34)$$

где  $n_{bmax}$  – максимальные вибрационные перегрузки, выраженные в единицах  $g$ ;  $f_{min}$  – минимальная частота собственных колебаний платы.

$$A_z = \frac{57}{4 \cdot 433,64^2} = 10^{-3}$$

Условия (6.32) и (6.34) выполняются, следовательно, проектируемая печатная плата будет иметь достаточную усталостную прочность при гармонических вибрациях.

## 6.6 Обеспечение электромагнитной совместимости

Рассчитаем сопротивление проводника по формуле

$$R = \frac{\rho \cdot l_n}{(b \cdot t_n)} \quad (6.35)$$

где  $\rho$  – удельное объемное электрическое сопротивление проводника,  $\rho = 0,0175$  мкОм/м – для медных проводников, полученных методом химического травления;  $l_n$  – длина проводника, мм;  $b$  – ширина проводника, мм;  $t_n$  – толщина проводника, мкм.

$$R1 = \frac{0,0175 \cdot 2200}{(0,29 \cdot 35)} = 3,793 \text{ Ом}$$

$$R2 = \frac{0,0175 \cdot 803}{(0,323 \cdot 35)} = 1,243 \text{ Ом}$$

Рассчитаем допустимый ток в печатном проводнике:

$$I_{max} = 10^{-3} \cdot \gamma_{доп} \cdot b \cdot t_n \quad (6.36)$$

где  $\gamma_{доп}$  – допустимая плотность тока, которая равна 48 А/мм<sup>2</sup>.

$$I_{max1} = 10^{-3} \cdot 48 \cdot 0,29 \cdot 35 = 0,4872 \text{ А}$$

$$I_{max2} = 10^{-3} * 48 * 0,323 * 35 = 0,54264 \text{ A}$$

Далее найдем паразитные емкости и индуктивности печатного монтажа в наиболее критических местах печатной платы. Для расчета паразитной ёмкости выбирается участок, где она наибольшая. Ёмкость между двумя выбранными проводящими элементами определяется по формуле:

$$C = \frac{0,12 \cdot \xi_r \cdot l_n}{\log_{10} \left[ \frac{2a}{b + t_n} \right]} \quad (6.37)$$

где  $l_n$  – длина участка, на котором проводники параллельны друг другу, мм;  $a$  – толщина диэлектрика, мм ( $a = 1,41$  мм);  $b$  – ширина проводника, мм;  $t_n$  – толщина проводника, мм;  $\xi_r$  – диэлектрическая проницаемость среды между проводниками, расположенных на наружных поверхностях платы, покрытой лаком, определяется по формуле:

$$\xi_r = 0,5 \cdot (\xi_{\Pi} + \xi_{\text{Л}}) \quad (6.38)$$

где  $\xi_{\Pi}$  и  $\xi_{\text{Л}}$  – диэлектрические проницаемости материала платы и лака (для стеклотекстолита  $\xi_{\Pi} = 6$ , для лака  $\xi_{\text{Л}} = 4$ ).

$$\xi_r = 0,5 \cdot (6 + 4) = 5$$

$$C1 = \frac{0,12 \cdot 5 \cdot 1000 * 10^{-3}}{\log_{10} \left[ \frac{2 * 0,5}{0,29 + 35} \right]} = 546,746 \text{ пФ}$$

$$C2 = \frac{0,12 \cdot 5 \cdot 500 * 10^{-3}}{\log_{10} \left[ \frac{2 * 0,5}{0,323 + 35} \right]} = 273,373 \text{ пФ}$$

Для расчета паразитной индуктивности проводников печатной платы, рассчитывается собственная индуктивность печатного проводника, по формуле:

$$L = 0,0002 \cdot l_n \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot l_n}{t_n + b} + 0,2235 \cdot \frac{t_n + b}{l_n} + 0,5 \right) \quad (6.39)$$

где  $l_n$  – длина участка проводника, мм;  $b$  – ширина проводника, мм;  $t_n$  – толщина проводника, мм.

$$L1 = 1,144 \text{ мкГн}$$

$$L2 = 0,61 \text{ мкГн}$$

Индуктивность двух параллельных печатных проводников, расположенных с одной стороны печатной платы с зазором и с противоположным направлением тока в них рассчитывается по формуле:

$$L = 0,0004 \cdot l_n \cdot \left( \ln \frac{a + b}{t_n + b} - \frac{a - b}{l_n} + 0,2235 \cdot \frac{t_n + b}{l_n} + 1,5 \right) \quad (6.40)$$

где  $l_n$  – длина участка, на котором проводники параллельны друг другу, мм;  $b$  – ширина проводника, мм;  $t_n$  – толщина проводника, мм;  $a$  – толщина диэлектрика, мм.

$$L1 = 0,348 \text{ мкГн}$$

$$L2 = 0,303 \text{ мкГн}$$

Полученные значения паразитной емкости и индуктивности малы и ими можно пренебречь и дополнительных мер по ее устранению предпринимать не следует.

## 6.7 Оценка надёжности устройства

Надёжность – это свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта и транспортирования. В общем случае надёжность – это свойство изделия сохранять способность выполнять заданные функции.

Надежность радиоэлектронных средств зависит от количества и качества входящих в него электрорадиоэлементов, качества сборки, условий эксплуатации и от своевременности обслуживания и ремонта.

Качественными характеристиками надежности являются:

- безотказность;
- ремонтпригодность;
- долговечность;
- сохраняемость.

Безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Ремонтпригодность – свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению возможных причин возникновения отказов, повреждений, и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при выполнении установленных требований по техническому обслуживанию и ремонту.

Сохраняемость – свойство изделия непрерывно находиться в исправном состоянии при хранении и транспортировании.

Предельное состояние – это состояние устройства, при котором его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена.

Расчет выполним для периода нормальной эксплуатации при следующих допущениях:

- отказы элементов случайны и независимы;
- учитываются только случайные отказы;
- имеет место экспоненциальный закон надежности устройства.

Исходными данными для расчета являются значения интенсивности отказов для всех электрорадиоэлементов, установленных на печатной плате.

Заданное время работы  $t_3$  составляет 1000 ч.

Составляем таблицу 6.5 интенсивности отказов отдельных элементов.

Таблица 6.5 – Значения интенсивности отказов отдельных элементов

Группа элементов	Количество элементов в группе, $n_i$	Интенсивность отказов для элементов группы $\lambda_{oj}, \cdot 10^{-6} (1/\text{ч})$	Произведение $n_i \cdot \lambda_{oj}, \cdot 10^{-6} (1/\text{ч})$
Пьезоэлектрический динамик	1	0,026	0,026

Конденсаторы твердотельные	12	0,002	0,024
Конденсаторы электролитические	9	0,00012	0,00108
Микросхема TO-263- 5	1	0,023	0,023
Микросхема SOT-223	1	0,023	0,023
Микросхема DIP-16	4	0,023	0,092
Микросхема TQFP- 44	1	0,023	0,023
Микросхема SMD-68	1	0,023	0,023
Индуктивность SMD 1812	1	0,01	0,01
Резисторы SMD 0805	15	0,044	0,66
Диоды универсаль- ные SMA	2	0,091	0,182
Светодиоды капле- видные	2	0,034	0,068
Транзисторы TO-92	3	0,044	0,132
Разъём питания DCJ200-10	1	0,0104	0,0104
Разъёмы TSW	4	0,0041	0,0164
Разъём HDR-10	1	0,0041	0,0041
Разъём USB-A-SMD	1	0,0041	0,0041
Разъём VH600	1	0,0041	0,0041
Разъём сим-карты	1	0,0041	0,0041
Кварцевый резона- тор HC-49S	1	0,026	0,026
Печатный монтаж	219	0,000017	0,003723
$\lambda_{\Sigma}$			1,36

Скорректируем  $\lambda_{\Sigma}$ , учитывая электрический режим и условия работы элементов ( $K_3 = 5$ )

$$\lambda_{\Sigma} (v) = 1,36 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 6,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

Наработка на отказ:

$$T_o = 1 / (6,8 \cdot 10^{-6}) = 147058,8 \text{ ч.}$$

Вероятность безотказной работы за время  $t_3$ :

$$P(t_3) = e^{-1000/147058,8} = 0,993$$

В результате расчёта надёжности получено, что вероятность безотказной работы за заданное время  $t_3$  превышает заданную 0,8

## 6.8 Обеспечение требований эргономики и инженерной психологии

Существуют следующие эргономические требования:

- гигиенические (освещенность, вентилируемость, температура, токсичность, шум, вибрация, напряженность электрического и магнитного полей);
- антропометрическое соответствие конструкции изделия размерам и форме тела человека и его частей (ног и рук), входящих в контакт с изделием;
- физиологические и психофизиологические (соответствие конструкции изделия силовым, скоростным, зрительным возможностям человека);
- психологические (соответствие конструкции изделия возможностям восприятия и переработки информации, закрепленным и вновь формируемым навыкам человека).

Размещение органов управления и индикации должно производиться по следующим правилам:

- по функциям;
- по важности;
- по удобству пользования;
- по последовательности использования;
- по частоте использования.

При компоновке панели соблюдают следующие правила:

- зрительный обзор панели должен создаваться основными функционально-конструктивными элементами, не должно быть лишних элементов, надписей, линий и др.;

- композиционная упорядоченность требует размещать внешние установочные изделия по четкой системе перпендикуляров и параллелей;
- органы управления и индикаторы должны быть расположены соответственно последовательности пользования: слева направо при расположении в одну линию по горизонтали и сверху вниз при размещении в одну линию по вертикали.

Компоновку лицевой панели следует начинать с анализа работы оператора с устройством. Для этого графически изображают все элементы панели и устанавливают взаимосвязь между ними и оператором.

Рабочие операции необходимо распределить между правой и левой рукой оператора. Для правой руки выделить органы управления, связанные с наиболее ответственными и точными операциями. Количество и траектории рабочих движений должны быть сокращены до минимума.

При размещении внешних установочных изделий следует выполнять общее правило: органы индикации располагают вверху, органы управления – в средней части и органы подключения – внизу лицевой панели.

Для разработки эффективной дистанционной системы управления климатом дома были выполнены следующие требования эргономики.

При компоновке панели соблюдены следующие правила [13]:

- зрительный обзор панели создаётся основными функционально-конструктивными элементами – для этого материал корпуса будет выполнен из непрозрачного пластика, будет видна только лицевая панель без содержимого корпуса;
- установочные изделия будут установлены по системе перпендикуляров и параллелей;
- так как орган управления только один (клавиатура), он располагается под дисплеем и справа от диодов, чтобы не разгаздать обзор пользователю.

Органы индикации располагают вверху, органы управления – в правой нижней части и органы подключения – с левой и правой части корпуса. Лицевая панель представлена на рисунке 6.1.



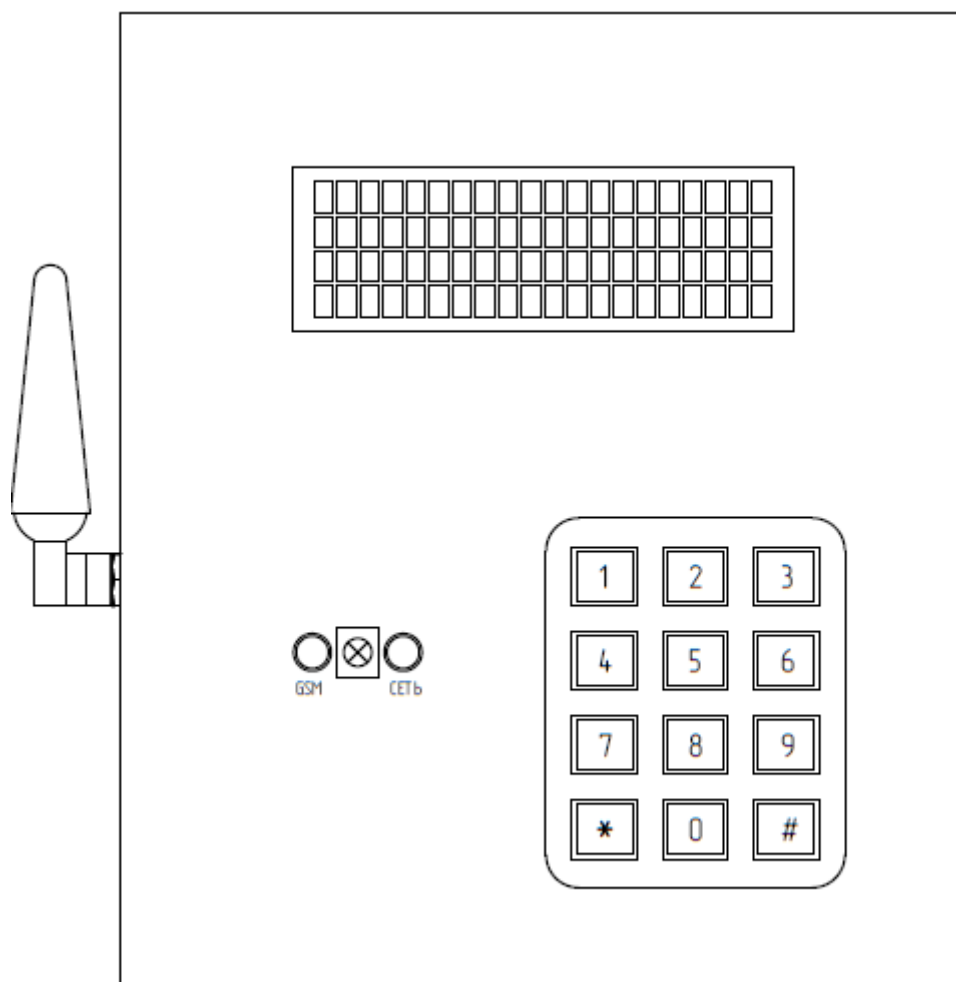


Рисунок 6.1 – Лицевая панель дистанционной системы управления климатом дома

В задней части дистанционной системы управления климатом дома располагаются вырезы для крепления системы на стену. Задняя часть корпуса системы представлена на рисунке 6.2.

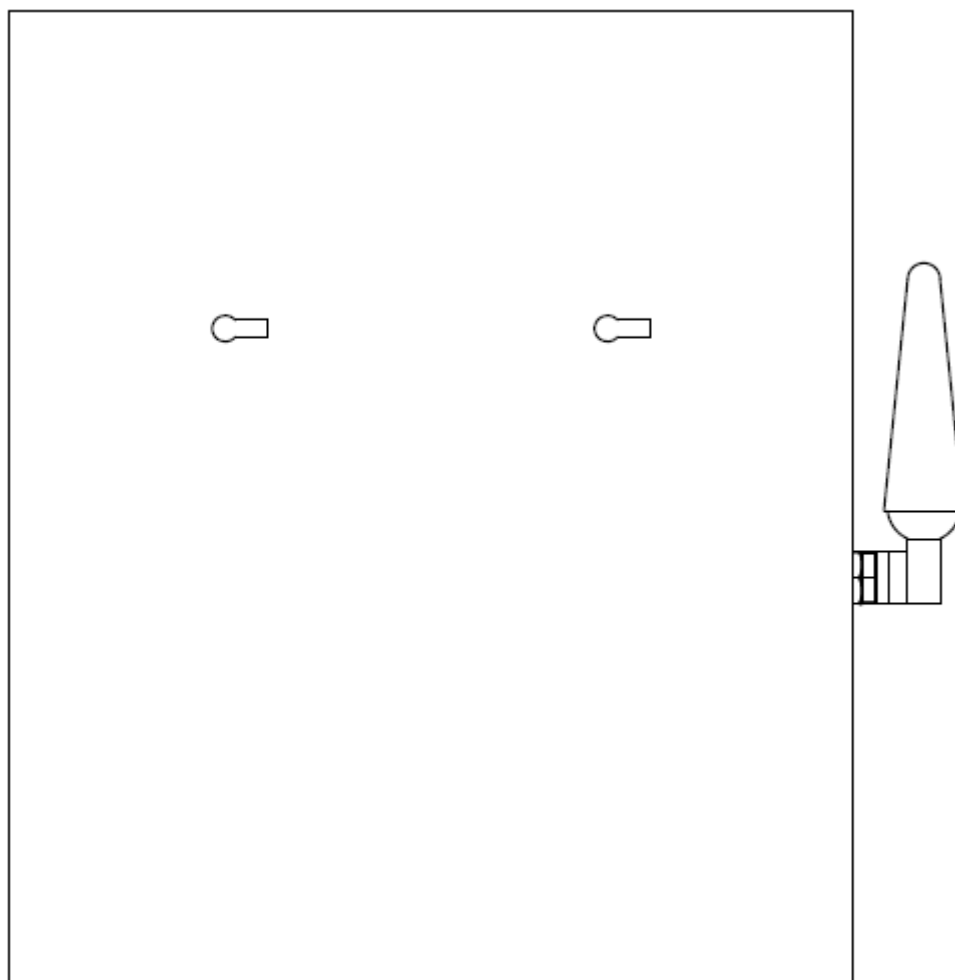


Рисунок 6.2 – Задняя часть корпуса дистанционной системы управления климатом дома

Были выполнены требования эргономики и инженерной психологии. Высота приборов от плоскости пола должна располагаться в пределах:

- 1100мм – есть обзор за приборами;
- 1650 мм – нет обзора за приборами.

Расстояние от прибора до оператора должно быть 350 – 450 мм.

В результате исследования требований эргономики и инженерной психологии можно утверждать, что компоновка лицевой панели дистанционной системы управления климатом дома была выполнена в соответствии с требованиями.

## 7 ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА

### 7.1 Расчёт конструкторско-технологических показателей. Комплексный показатель технологичности

Система дистанционного управления климатом дома собрана на двухсторонней печатной плате по технологии одностороннего монтажа. Печатная плата модуля изготовлена из текстолита СФ-2-35-1.5, шаг координатной сетки 2,5мм. На печатную плату устанавливаются следующие электронные компоненты: навесные элементы, монтируемые в отверстия платы – по ГОСТ 29137-91, SMD компоненты – по РД 107.460000.019-90 с использованием паяльной пасты Mechanic XP-50, а монтаж выводных компонентов с использованием припоя ПОМ-3, ГОСТ 21931-76. Для защиты от влияния воздуха модуль покрывается лаком Plastik 71.

Технологичность – это совокупность свойств конструкции, которые проявляются в оптимальных затратах труда, средств, материалов и времени при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия. Для оценки технологичности электронных блоков применяют систему базовых коэффициентов, рекомендуемых отраслевыми стандартами. Каждый из коэффициентов технологичности имеет свою весовую характеристику  $\varphi_i$ , определяемую в зависимости от его порядкового номера в группе (таблица 7.1) [14].

Таблица 7.1 – Весовые характеристики коэффициентов технологичности

i	$\varphi_i$
1	1,0
2	1,0
3	0,8
4	0,5
5	0,3
6	0,2
7	0,1

Комплексный показатель технологичности находится в пределах  $0 < K \leq 1$  и определяется по формуле:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \phi_i}{\sum_{i=1}^7 \phi_i} \quad (7.1)$$

Уровень технологичности:

$$K_{\text{УТ}} = \frac{K}{K_{\text{Б}}} \quad (7.2)$$

Если  $K_{\text{УТ}} \geq 1$ , то конструкция модуля в достаточной степени отработана на технологичность. Если  $K_{\text{УТ}} < 1$ , то конструкция признается нетехнологичной.

Расчет показателей технологичности конструкции изделия.

Исходные данные:

- объем партии модулей  $N = 500$  шт/год;
- вид монтажа: поверхностный односторонний.

Количество электрорадиоэлементов модуля равно 63.

1. Коэффициент автоматизации пайки электрорадиоэлементов (ЭРЭ)

$$K_{\text{АП}} = \frac{N_{\text{АП}}}{N_{\text{ЭРЭ}}} = \frac{63}{63} = 1 \quad (7.3)$$

где  $N_{\text{ЭРЭ}}$  – количество электрорадиоэлементов в модуле;  $N_{\text{АП}}$  – количество электрорадиоэлементов, пайка которых осуществляется на автоматах.

2. Коэффициент автоматизации установки ЭРЭ, подлежащих пайке

$$K_{\text{АУ}} = \frac{N_{\text{АУ}}}{N_{\text{ЭРЭ}}} = \frac{104}{104} = 1 \quad (7.4)$$

где  $N_{\text{АУ}}$  – количество электрорадиоэлементов, устанавливаемых на плату.

3. Коэффициент снижения трудоемкости сборки и монтажа равен

$$K_{\text{ТСБ}} = \frac{1}{N_{\text{ВМ}}} = \frac{1}{1,2} = 0,83 \quad (7.5)$$

где  $N_{\text{ВМ}}$  – число, характеризующее вид монтажа ( $N_{\text{ВМ}}=1,2$ ).

4. Коэффициент автоматизации операций контроля и настройки

$$K_{AKH} = \frac{H_{AT} + H_{AF}}{H_{KH}} = \frac{2}{2} = 1 \quad (7.6)$$

где  $H_{AT}$  – число автоматизированных операций внутрисхемного тестирования модуля;  $H_{AF}$  – число автоматизированных операций приемочного функционального контроля модуля;  $H_{KH}$  – число операций контроля и настройки.

5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ

$$K_{повтЭРЭ} = 1 - \frac{H_{ТЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}} = 1 - \frac{28}{63} = 0,55 \quad (7.7)$$

где  $H_{ТЭРЭ}$  – количество типоразмеров ЭРЭ в модуле.

6. Коэффициент применения типовых ТП равен

$$K_{ТП} = \frac{D_{ТП} + E_{ТП}}{D + E} = \frac{1}{1} = 1 \quad (7.8)$$

где  $D_{ТП}$ ,  $E_{ТП}$  – число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП;  $D$ ,  $E$  – общее число деталей и сборочных единиц, кроме крепежа.

7. Коэффициент сокращения применения деталей

$$K_{СПД} = \frac{1}{D} = \frac{1}{3} = 0,33 \quad (7.9)$$

где  $D$  – количество деталей в модуле (без учета нормализованного крепежа). Количество деталей  $D$  определяется по спецификации.

8. Количество ЭРЭ сквозного и поверхностного монтажа в партии изготавливаемых модулей:

$$N_{скв} = N \cdot H_{ЭРЭскв} = 500 \cdot 29 = 14500 \text{ шт.} \quad (7.10)$$

$$N_{пов} = N \cdot H_{ЭРЭпов} = 500 \cdot 34 = 17000 \text{ шт.} \quad (7.11)$$

где  $N$  – объем партии изготавливаемых модулей.

Базовое значение комплексного показателя равно

$$K_B = \frac{K_c \cdot N_{\text{СКВ}} + 0,8 \cdot N_{\text{ПОВ}}}{N_{\text{СКВ}} + N_{\text{ПОВ}}} = 0,685 \quad (7.12)$$

где  $K_c = 0,55$ , если  $N_{\text{СКВ}} < 50000$ , и  $K_c = 0,70$ , если  $N_{\text{СКВ}} \geq 50000$ .

Показатели технологичности конструкции модуля системы дистанционной системы управления климатом дома приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Показатели технологичности конструкции РЭС

Порядковый номер (q) показателя	Показатели технологичности	Обозначение	Значение	Степень влияния, $\Phi_i$
1	Коэффициент автоматизации пайки ЭРЭ	$K_{\text{АП}}$	1	1
2	Коэффициент автоматизации установки ЭРЭ	$K_{\text{АУ}}$	1	1
3	Коэффициент снижения трудоемкости сборки и монтажа	$K_{\text{ТСБ}}$	0,83	0,8
4	Коэффициент автоматизации операций контроля и настройки	$K_{\text{АКН}}$	1	0,5
5	Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{\text{ПОВТЭРЭ}}$	0,55	0,3
6	Коэффициент применения типовых техпроцессов	$K_{\text{ТП}}$	1	0,2
7	Коэффициент сокращения применения деталей	$K_{\text{СПД}}$	0,33	0,1

9. Комплексный показатель технологичности определяется по формуле (7.1):

$$K = \frac{1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 0,8 \cdot 0,83 + 0,5 \cdot 1 + 0,3 \cdot 0,55 + 0,2 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,33}{1,0 + 1,0 + 0,8 + 0,5 + 0,3 + 0,2 + 0,1} = 0,913$$

10. Уровень технологичности по формуле (7.2)

$$K_{\text{УТ}} = \frac{K}{K_{\text{Б}}} = \frac{0,913}{0,685} = 1,33 > 1 \quad (7.13)$$

Коэффициент технологичности находится в пределах  $0 < K < 1$ .

Так как  $K_{\text{УТ}} > 1$ , то конструкция изделия технологична и можно приступать к разработке техпроцесса.

## 7.2 Разработка технологической схемы сборки платы устройства

Технологический процесс сборки – это 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 разъемных и неразъемных соединений.

Сборочная единица является более сложным сборочно-монтажным элементом, состоящим из двух или более деталей, соединенных разъемным либо неразъемным соединением. Характерным признаком сборочной единицы является возможность ее сборки отдельно от других сборочных единиц.

Технологическая схема сборки изделия является одним из основных документов, составляемых при разработке технологического процесса сборки. Она базируется на основе схемы 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, транспортирования 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 образования наибольшего числа сборочных единиц;

- схема должна обладать свойством непрерывности, т. е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей [15].

Для основы технологической схемы сборки платы электронного модуля управления следует выбрать схему сборки с базовой деталью. Данное решение обоснованно наличием базовой детали, поверхность которой будет использовано для установки элементов. Базовой деталью является печатная плата, на неё поочерёдно устанавливаются электрорадиоэлементов.

Сборка электронного модуля управления начинается с нанесения паяльной пасты, установки поверхностных элементов, затем отверждение паяльной пасты. Далее выполняется установка выводных элементов. После чего элементы паяются волной припоя.

Разработка технологической схемы сборки необходима для сокращения длительности производственного цикла. Для определения количества устанавливаемых электронных компонентов на плату в ходе выполнения сборочных операций необходим расчёт ритма сборки:

$$r = \frac{\Phi_d}{N} \quad (7.14)$$

где  $\Phi_d$  – действительный фонд времени за плановый период, мин.;  $N$  – программа запуска, шт/год.

Действительный фонд времени рассчитывается:

$$\Phi_d = C \cdot D \cdot K_d \cdot t \cdot 60, (\text{мин}) \quad (7.15)$$

где  $D$  – количество рабочих дней в году ( $D = 257$ );  $C$  – число смен ( $C = 1$ );  $K_p$  – коэффициент регламентированных перерывов в работе, ( $K_p=0,95$ );  $t$  – продолжительность рабочей смены ( $t = 8\text{ч}$ );

$$\Phi_d = 1 \cdot 257 \cdot 0,95 \cdot 8 \cdot 60 = 14649 \text{ мин}$$

Тогда:

$$r = \frac{14649}{500} = 29,3 \text{ мин/шт}$$

Программа запуска:



Количество элементов, устанавливаемых на  $i$ -й операции, должно учитывать соотношение:

$$0,9 < \frac{T_i}{r} < 1,2 \quad (7.16)$$

где  $T_i$  – трудоемкость  $i$ -ой операции сборки.

Схема сборки системы дистанционного управления климатом дома приведена на чертеже.

После выбора оптимальной схемы сборочного состава производится расчет следующих коэффициентов:

1. Средняя полнота сборочного состава (количество сборочных единиц на каждой ступени сборки):

$$E_{\text{ср}} = \frac{E}{k-1} = \frac{4}{4-1} = 1,33 \quad (7.17)$$

где  $E$  – количество сборочных единиц в схеме сборочного состава;  $k$  – показатель степени сложности сборочного состава, равный количеству ступеней сборки изделия;

2. Показатель расчлененности данного процесса сборки:

$$M = \frac{n}{E} = \frac{10}{4} = 2,5 \quad (7.18)$$

где  $n$  – число рабочих операций, определенных для конкретных условий производства (при  $M < 1$  ТП концентрирован,  $M > 1$  ТП дифференцирован);

Так как  $M > 1$ , то ТП дифференцирован.

3. Коэффициент сборности изделия:

$$K_{\text{сб}} = \frac{E}{E + D} = \frac{4}{4 + 17} = 0,19 \quad (7.19)$$

где  $D$  – количество деталей.

4. Для определения степени дифференциации технологического процесса устанавливают тип производства, который согласно ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД характеризуется коэффициентом закрепления операций

$$K_{zo} = \frac{O}{P} = \frac{7}{4} = 1,75 \quad (7.20)$$

где  $O$  – количество операций;  $P$  – число рабочих мест, где они выполняются.

На основании значения степени дифференциации технологического процесса, делаем вывод о типе производства. Производство имеет достаточную степень дифференциации технологического процесса для выполнения требуемого плана по производству систем дистанционного управления климатом дома. На основании коэффициента закрепления операций заключаем, что тип производства – единичное.

Технологическая схема сборки представлена в приложении **БУКВА**.

## **8 ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА**

AutoCAD — двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. Первая версия системы была выпущена в 1982 году. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности [16].

В рамках данного курсового проекта САПР AutoCAD была применена для доработки сборочного чертежа, представленного в приложении В. При этом были использованы базовые функции системы: масштабирование элементов, создание слоёв, выбора толщины и типа основных, тонких и осевых линий. Важной особенностью AutoCAD, которая помогла в выполнении чертежей, является возможность импорта PDF файлов: чертежи были экспортированы из Altium Designer в формате PDF и импортированы в AutoCAD для их доработки.

Altium Designer — комплексная система автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств, разработанная австралийской компанией Altium. Ранее эта же фирма разрабатывала САПР P-CAD, который приобрёл необычайную популярность среди разработчиков электроники. Это система, позволяющая реализовывать проекты электронных средств на уровне схемы или программного кода с последующей передачей информации проектировщику ПЛИС или печатной платы. Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность ведения разработки на

разных уровнях проектирования. Иными словами, изменения в разработке на уровне платы могут мгновенно быть переданы на уровень ПЛИС или схемы и так же обратно [17].

В состав программного комплекса Altium Designer входит весь необходимый инструментарий для разработки, редактирования и отладки проектов на базе электрических схем и ПЛИС. Редактор схем позволяет вводить многоиерархические и многоканальные схемы любой сложности, а также проводить смешанное цифро-аналоговое моделирование. Библиотеки программы содержат более 90 тысяч готовых компонентов, у многих из которых имеются модели посадочных мест, а также трёхмерные модели. Любую из вышеперечисленных моделей можно создать внутренними средствами программы.

Редактор печатных плат Altium Designer содержит мощные средства интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников, которые совместно с интуитивной и полностью визуализированной системой установки правил проектирования максимально упрощают процесс разработки электроники. Инструменты трассировки учитывают все требования, предъявляемые современными технологиями разработок, например, при трассировке дифференциальных пар или высокочастотных участков плат. В состав программы входит автоматический трассировщик Situs, в котором используются наиболее прогрессивные алгоритмы трассировки печатных проводников.

Работа над всеми частями проекта ведётся в единой управляющей оболочке Design Explorer, что позволяет разработчику контролировать целостность проекта на всех этапах проектирования. Таким образом, изменения, внесённые на любом этапе разработки, автоматически передаются на все связанные стадии проекта. В дополнение к мощным средствам разработки, Altium Designer имеет широкие возможности импорта и экспорта сторонних систем проектирования и поддерживает практически все стандартные форматы выходных файлов (Gerber, ODB++, DXF).

Именно поэтому Altium Designer использовался в данной работе как основная система автоматизированного проектирования, в которой и была создана модель печатной платы.

Важным этапом при проектировании печатных узлов является разработка конструкторской документации.

В процессе разработки конструкторской документации был использован плагин для Altium Designer — Board Assistant. Board Assistant является специализированной панелью инструментов, позволяющая разрабатывать и оформлять перечень элементов, схему электрическую принципиальную и конструкторскую документацию на печатные платы в формате PDF, добавлять на

чертёж печатной платы обозначения сквозных отверстий, а также добавлять таблицу со сквозными отверстиями и иные дополнительные функции. На рисунке 8.1 показано основное окно плагина.

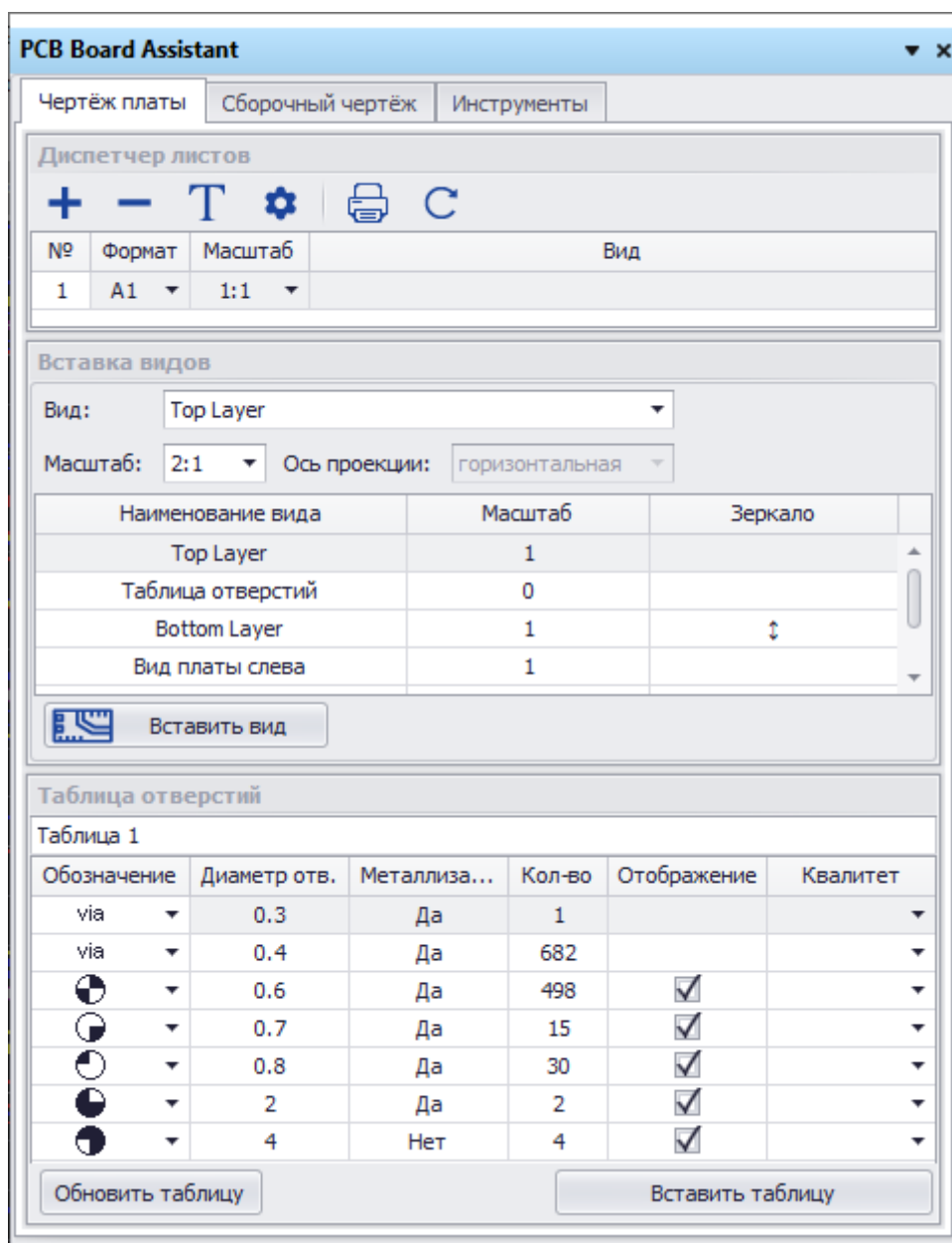


Рисунок 8.1 – Основное окно плагина Board Assistant

С помощью этой утилиты был оформлен чертеж печатной платы.

Стоит отметить, что перечень элементов принципиальной схемы можно сделать и с помощью менеджера отчетов BOM (Bill of Materials).

Таже для упрощения формирования конструкторской документации в Altium Designer был добавлен редактор Draftsman. Интерфейс и некоторые возможности редактора показаны на рисунке 8.2.

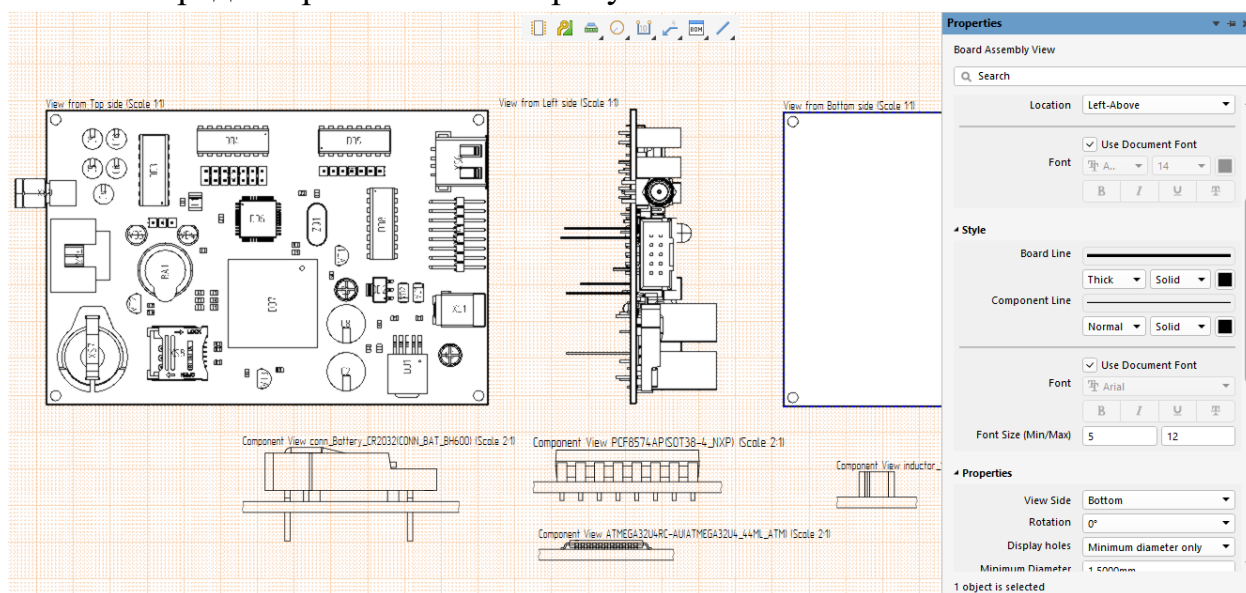


Рисунок 8.2 – Интерфейс и рабочая область редактора Draftsman

Редактор Draftsman был использован для формирования сборочного чертежа и чертежей нестандартных установок ИЭТ, которые позже были перенесены в AutoCAD и доработаны. Перечень элементов и спецификация были оформлены в текстовом редакторе MS Word.

## **9 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА ДИСТАНЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТОМ ДОМА**

### **9.1 Характеристика нового изделия**

Разрабатываемая в дипломном проекте дистанционная система управления климатом дома представляет собой набор комплектующих, элементы коммутации и главную печатную плату с предустановленным ПО для работы продукта.

Предполагаемый тип производства будет единичным и будет основываться на заказе конечного потребителя. Потребитель устройства – это житель частного дома, дачи или коттеджа, который хочет иметь доступ к дистанционному управлению климатом в доме: регуляция тепла освещённости и влажности в отдельной комнате или помещении вроде кладовки или чердака. Также возможно управление всеми параметрами системы с главной панели. Система рассчитана на тех, кто хочет настраивать и изменять количество задействованных помещений и также настраивать параметры климата под себя.

Пользователь получает главную панель управления с базовым набором датчиков, которые регулируют климат. Далее пользователь может добавлять дополнительные обогреватели, источники освещения или увлажнители воздуха. Преимущество в том, что пользователь получает недорогое специализированное устройство для контроля основных характеристик климата в одном или нескольких помещениях, для которого устройство предназначается.

Система будет иметь более широкий функционал (температура, влажность, освещённость) и более широкие возможности по взаимодействию с пользователем (СМС, ИК-пульт, клавиатура), по сравнению с термостатами, которые предлагаются на рынке на сегодняшний день, а также будет подстраиваться под нужды конкретного пользователя и являться масштабируемой и модульной.

### **9.2 Расчёт стоимостной оценки результата**

#### **9.2.1 Расчёт себестоимости и отпускной цены нового изделия**

1. Расчёт затрат по статье «Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера»

Таблица 9.1 – Расчёт затрат на комплектующие и полуфабрикаты

Наименование комплектующего	Кол-во на единицу, шт.	Цена за ед., р.	Сумма, р.
1. Микросхема цифровая ATmega32U4	1	8	8
2. Микросхема цифровая SIM900A	1	4,8	4,8
3. Микросхема аналоговая L293D	1	0,53	0,53
4. Микросхема аналоговая TC4421	1	1,5	1,5
5. Транзистор 2N2926	2	0,15	0,3
6. Датчик температуры и влажности DHT11	1	2,14	2,14
7. Датчик температуры и влажности DHT22	1	7,38	7,38
8. Плата печатная	1	9,5	9,5
9. LCD-дисплей LM044L, 20x4	1	7,8	7,8
10. Клавиатура	1	4,7	4,7
11. Модуль HX1838 с ИК пультом	1	2,5	2,5
12. Конденсатор smd 1206 0.1мкФ X7R,10%, 1206, 100В	5	0,06	0,24
13. Конденсатор smd 0805 15пФ NPO 50В, 5%	2	0,08	0,16
14. Кварцевый резонатор AT-41CD2-8MHz, 8 МГц	1	0,18	0,18
15. Резистор smd 0402 1 МОм, 1%	1	0,02	0,02
16. Резистор smd 0402 10 кОм, 1%	1	0,02	0,02
17. Резистор smd 0805 1 кОм, 5%	4	0,02	0,08
18. Резистор smd 0402 100 кОм, 5%	4	0,08	0,08
19. Разъём 20-контактный	1	2,25	2,25
20. Катушка индуктивности smd 10мкГн 1.05А, 10x10	1	2,15	2,15
21. Корпуса на заказ	1	10	10
22. Винт М2х6	10	0,01	0,1
Всего	43		64,43
Транспортно-заготовительные расходы, р.			20

Итого			84,43
-------	--	--	-------

2. Расчёт затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»

Формула для расчёта основной заработной платы производственных рабочих:

$$З_0 = \sum_{i=1}^{K_0} T_{qi} * t_i \quad (9.1)$$

где  $T_{qi}$  – часовая тарифная ставка, соответствующая разряду выполняемых по  $i$ -й операции работ, р/ч;  $t_i$  – норма времени на выполнение работ по  $i$ -й операции, ч;  $K_0$  – количество технологических операций при производстве изделия.

Часовая тарифная ставка, соответствующая  $i$ -му разряду работ, определяется по формуле:

$$T_{qi} = T_q * K_{Ti} \quad (9.2)$$

где  $T_q$  – часовая тарифная ставка первого разряда;  $K_{Ti}$  – тарифный коэффициент, соответствующий  $i$ -му разряду работ;

Часовая тарифная ставка первого разряда определяется путем деления месячной базовой тарифной ставки на среднеемесячное количество рабочих часов. Базовая тарифная ставка с 01.01.2021 составляет 195р. Среднеемесячное количество расчетных рабочих часов – 176. Часовая тарифная ставка первого разряда составит 1,11р.

Расчёт основной заработной платы производственных рабочих представлен в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Расчёт основной заработной платы производственных рабочих

Вид работ (операции)	Разряд работ	Коэффициент разряда работ	Часовая тарифная ставка, р./ч	Норма времени по операции, ч	Прямая зарплата (расценка), р.
Заготовительные	3	1,14	1,27	2	2,54
Установка элементов на	5	1,29	1,43	2	2,86



печатную плату					
Монтажная	6	1,38	1,53	3	4,59
Контрольная	9	1,68	1,86	3	5,58
Сборочные	4	1,21	1,34	2	2,68
Всего					18,25

3. Дополнительная зарплата ( $З_d$ ) определяется следующим образом:

$$З_d = \frac{З_o * Н_d}{100} \quad (9.3)$$

где  $Н_d$  – норматив дополнительной заработной платы, установленный предприятием ( $Н_d = 70\%$ ).

$$З_d = \frac{18,25 * 70}{100} = 12,78 \text{ р}$$

Отчисления на социальные нужды ( $Р_{соц}$ ) определяются следующим образом:

$$Р_{соц} = \frac{(З_o + З_d) * Н_{соц}}{100} \quad (9.4)$$

где  $Н_{соц}$  – норматив отчисления в Фонд социальной защиты населения и обязательного страхования, установленная законодательством ( $Н_{соц} = 35\%$ ).

$$Р_{соц} = \frac{(18,25 + 12,78) * 35}{100} = 10,86 \text{ р}$$

Норматив накладных расходов  $Н_n = 150\%$ . Сумма на накладные расходы рассчитывается по формуле:

$$Р_n = \frac{З_o * Н_n}{100} \quad (9.5)$$

$$Р_n = \frac{З_o * Н_n}{100} = 18,25 * 1,5 = 27,38 \text{ р}$$

Производственная себестоимость рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{пр}} = P_{\text{к}} + 3_{\text{о}} + 3_{\text{д}} + P_{\text{соц}} + P_{\text{н}} \quad (9.6)$$

$$C_{\text{пр}} = 84,43 + 18,25 + 12,78 + 10,86 + 27,38 = 153,69 \text{ р}$$

Коммерческие расходы вычисляются по формуле:

$$P_{\text{ком}} = \frac{C_{\text{пр}} * H_{\text{ком}}}{100} \quad (9.7)$$

при  $H_{\text{ком}} = 5\%$ :

$$P_{\text{ком}} = \frac{153,69 * 5}{100} = 7,68 \text{ р}$$

Полная себестоимость вычисляется по формуле:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{пр}} + P_{\text{ком}} \quad (9.8)$$

$$C_{\text{п}} = 153,69 + 7,68 = 161,37 \text{ р}$$

Плановая прибыль на единицу продукции вычисляется по формуле:

$$P_{\text{ед}} = \frac{C_{\text{п}} * H_{\text{ре}}}{100} \quad (9.9)$$

при  $H_{\text{ре}} = 20\%$ :

$$P_{\text{ед}} = \frac{161,37 * 20}{100} = 32,27 \text{ р}$$

Отпускная цена рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{отп}} = C_{\text{п}} + P_{\text{ед}} = 161,37 + 32,27 = 193,65 \text{ р}$$

Результаты расчётов себестоимости и отпускной цены одной дистанционной системой управления климатом дома представлены в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Расчёт себестоимости и отпускной цены единицы продукции

Наименование статьи затрат	Условное обозначение	Значение, р.
1. Покупные комплектующие	$P_k$	84,43
2. Основная заработная плата производственных рабочих	$Z_o$	18,25
3. Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_d$	12,78
4. Отчисления на социальные нужды	$P_{соц}$	10,86
5. Накладные расходы	$P_n$	27,38
Производственная себестоимость	$C_{пр}$	153,69
6. Коммерческие расходы	$P_{ком}$	7,68
Полная себестоимость	$C_{п}$	161,37
7. Плановая прибыль на единицу продукции	$П_{ед}$	32,27
Отпускная цена	$Ц_{отп}$	193,65

В результате расчётов получаем, что производственная себестоимость одной единицы продукции составит 153 рубля 69 копеек, полная себестоимость – 161 рубль 37 копеек, а отпускная цена – 193 рубля 65 копеек.

### 9.2.2 Расчёт чистой прибыли

На основе маркетинговых исследований и заказов потребителей было установлено количество производимых изделий как 500 изделий в первый год. В последующие годы планируется увеличение выпуска продукции с каждым годом на 20% (второй год – 600, третий год – 720 и т.д.). Исходя из этого, определим чистую прибыль. Ставка налога на прибыль  $H_n$  составляет 18%.

Расчёт чистой прибыли за 4 года производства:

$$Пч1 = N1 * П_{ед} * \left(1 - \frac{H_n}{100}\right) = 500 * 32,27 * 0,82 = 13232,6 \text{ р}$$

$$Пч2 = N2 * П_{ед} * \left(1 - \frac{H_n}{100}\right) = 600 * 32,27 * 0,82 = 15879,12 \text{ р}$$

$$Пч3 = N3 * П_{ед} * \left(1 - \frac{H_n}{100}\right) = 720 * 32,27 * 0,82 = 19054,95 \text{ р}$$

$$Пч4 = N4 * П_{ед} * \left(1 - \frac{H_n}{100}\right) = 864 * 32,27 * 0,82 = 22865,94 \text{ р}$$

### 9.3 Расчёт инвестиций в производство нового изделия

Инвестиции в производство нового изделия включают:

1. Инвестиции на разработку нового изделия ( $I_{\text{раз}}$ );
2. Инвестиции в основной и оборотный капитал.

Инвестиции на разработку нового изделия ( $I_{\text{раз}}$ ).

1. Расчет затрат на расходные материалы ( $P_m$ ) представлен в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Расчет затрат на расходные материалы ( $P_m$ ).

Категории товаров	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
1. Бумага формата А1	15	0,83	12,45
2. Бумага формата А4	500	0,018	9
3. Картриджи	2	15,6	31,2
4. Ручки	5	1,1	5,5
5. Карандаши	5	0,9	4,5
Всего			62,65

2. Расчет затрат на оплату труда научно-технического персонала представлен в таблице 9.5

Таблица 9.5 – Расчет основной зарплаты научно-технического персонала ( $Z_o$ )

Исполнители	Количество	Разряд работ	Коэффициент разряда работ	Трудоемкость, ч	Прямая зарплата (расценка), руб.
Руководитель группы	1	16	2,63	176	512,85
Инженер-конструктор	1	14	2,31	176	450,45
Всего					963,3

3. Дополнительная зарплата ( $Z_d$ ):

$$З_d = \frac{963,3 * 70}{100} = 674,31 \text{ р}$$

4. Отчисления на социальные нужды ( $P_{\text{соц}}$ ):

$$P_{\text{соц}} = \frac{(963,3 + 674,31) * 35}{100} = 573,16 \text{ р}$$

5. Накладные расходы ( $P_n$ ):

$$P_n = 963,3 * 1,5 = 1445,95 \text{ р}$$

6. Себестоимость разработки ( $C_p$ ):

$$C_p = P_m + З_o + З_d + P_{\text{соц}} + P_n$$

$$C_p = 62,65 + 963,3 + 674,31 + 573,16 + 1445,95 = 3718,37 \text{ р}$$

Инвестиции в разработку ( $I_{\text{раз}}$ ) дистанционной системы управления климатом дома составят:

$$I_{\text{раз}} = C_p = 3718,37 \text{ р}$$

Производство продукции предполагается осуществлять на действующем оборудовании на свободных производственных мощностях, поэтому инвестиции в основной капитал не требуются.

Для производства нового вида продукции требуется прирост инвестиций в собственный оборотный капитал в размере 20% общей годовой потребности в материальных ресурсах.

Годовая потребность в комплектующих изделиях определяется по формуле:

$$P_k = P_k * N = 84,43 * 500 = 42215 \text{ р}$$

Инвестиции в прирост собственного оборотного капитала вычисляются по формуле:

$$Иоб = \left( \frac{20}{100} \right) * P_k = 0,2 * 42215 = 8443 \text{ р}$$

Инвестиции в собственный оборотный капитал изменяются по годам из-за увеличения производимых устройств на 20% каждый год в отношении предыдущего. Из этого следует формула расчёта инвестиций в оборотный капитал (при учёте прироста собственного оборотного капитала на 20%):

$$\Delta I_{об2} = 0,2 * \Delta N_2 * P_k = 0,2 * 100 * 84,43 = 1688,6 \text{ р}$$

$$\Delta I_{об3} = 0,2 * \Delta N_3 * P_k = 0,2 * 120 * 84,43 = 2026,32 \text{ р}$$

$$\Delta I_{об4} = 0,2 * \Delta N_4 * P_k = 0,2 * 144 * 84,43 = 2431,58 \text{ р}$$

#### 9.4 Расчёт показателей экономической эффективности проекта

При оценке эффективности инвестиционных проектов необходимо осуществить приведение затрат и результатов, полученных в разные периоды времени, к расчётному году путём умножения затрат и результатов на коэффициент дисконтирования, который определяется следующим образом:

$$at = \frac{1}{(1 + E_n)^{t-tp}} \quad (9.10)$$

где  $E_n$  – требуемая норма дисконта (12%),  $t$  – порядковый номер года, затраты и результаты которого приводятся к расчётному году;  $tp$  – расчётный год (в качестве расчётного года принимается год вложения инвестиций, т.е.  $tp=1$ ).

Для второго года коэффициент дисконтирования равен:

$$at_2 = \frac{1}{(1 + E_n)^{t-tp}} = \frac{1}{1 + 0,12} = 0,8928$$

Для третьего года коэффициент дисконтирования равен:

$$at_3 = \frac{1}{(1 + E_n)^{t-tp}} = \frac{1}{(1 + 0,12)^2} = \frac{1}{1,3225} = 0,7972$$

Для четвёртого года коэффициент дисконтирования равен:

$$at_4 = \frac{1}{(1 + E_H)^{t-tp}} = \frac{1}{(1 + 0,12)^3} = \frac{1}{1,521} = 0,7118$$

Расчёт чистого дисконтированного дохода за четыре года реализации проекта и срока окупаемости инвестиций представлены в таблице 9.6.

Таблица 9.6 – Экономические результаты работы предприятия

Наименование показателей	Обозначение	По годам производства			
		2021	2022	2023	2024
<b>Результат</b>					
Выпуск изделий, шт.	$N_t$	500	600	720	864
Чистая прибыль, р.	$\Pi_{\text{ч}}$	13232,6	15879,12	19054,95	22865,94
Коэффициент дисконта	$a_t$	1	0,8928	0,7972	0,7118
Чистая прибыль с учётом фактора времени, р.	$\Pi_{\text{чт}}$	13232,6	14176,88	15190,6	16275,97
<b>Затраты (инвестиции)</b>					
Инвестиции в разработку нового изделия, р.	$I_{\text{раз}}$	3718,37	0	0	0
Инвестиции в собственный оборотный капитал, р.	$I_{\text{об}}$	8443	1688,6	2026,32	2431,58
Общая сумма инвестиций, р.	$I$	12161,37	1688,6	2026,32	2431,58
Инвестиции с учётом фактора времени, р.	$I_t$	12161,37	1507,58	1615,38	1730,8
Чистый дисконтный доход по годам, р.	$\text{ЧДД}_t$	1071,23	12669,3	13575,22	14545,17
Чистый дисконтный доход с нарастающим итогом, р.	$\text{ЧДД}$	1071,23	13740,53	27315,75	41860,92

Расчёт рентабельности инвестиций производится по формуле:

$$P_{\text{и}} = \frac{\Pi_{\text{чтср}}}{\sum_{t=1}^n I_t} * 100\% \quad (9.11)$$

где  $\Pi_{\text{tcp}}$  – средняя чистая прибыль с учётом фактора времени

$$\Pi_{\text{tcp}} = \frac{\sum_{t=1}^n \Pi_{\text{чт}}}{n} \quad (9.12)$$

Рассчитаем среднюю чистую прибыль с учётом фактора времени и рентабельность инвестиций:

$$\Pi_{\text{tcp}} = \frac{13232,6 + 14176,88 + 15190,6 + 16275,97}{4} = 14719,01 \text{ р}$$

$$P_{\text{и}} = \frac{14719,01}{12161,37 + 1507,58 + 1615,38 + 1730,8} * 100\% = 86,5\%$$

В результате технико-экономического обоснования инвестиций по производству нового изделия были получены следующие значения показателей их эффективности:

1. Чистый дисконтированный доход за четыре года производства дистанционных систем управления климатом дома составит 41860,92 р.
2. Все инвестиции окупаются на первом году реализации проекта.
3. Рентабельность инвестиций составит 86,5 %.

Таким образом, производство нового вида изделия является эффективным и инвестиции в его производство целесообразны.



## **10 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ УСТРОЙСТВА**

При производстве устройства наибольшей опасности подвергаются рабочие при выполнении заготовительных операций. К таким относят раскрой заготовок, разрезку материала и выполнение базовых отверстий на заготовках печатных плат. В крупносерийном производстве разрезку материала выполняют методом штамповки в специальных штампах на эксцентриковых прессах с одновременной пробивкой базовых отверстий на технологическом поле. В серийном и мелкосерийном производстве широкое распространение получили одно- и много ножевые роликовые ножницы. Разрезку основных и вспомогательных материалов, необходимых при изготовлении печатной платы в мелкосерийном и единичном производстве, осуществляют с помощью гильотинных ножниц.

Базовые отверстия получают различными методами в зависимости от класса печатной платы. На печатной плате первого класса базовые отверстия получают методом штамповки с одновременной вырубкой заготовки. Базовые отверстия на заготовках плат второго и третьего классов получают сверлением в универсальных кондукторах.

В настоящее время в серийном производстве сверление базовых отверстий по кондуктору на универсальных сверлильных станках уступило место сверлению на специализированных станках.

Из приведенного выше можно выделить следующие факторы обитаемости:

- физические факторы — механизмы для раскройки плат (прессы, механические ножницы, сверлильные станки), наибольшую опасность представляют механизмы с ручной подачей материала и работающие в автоматическом режиме;
- химические факторы — при выполнении базовых отверстий на сверлильных станках может выделяться большое количество пыли, текстолит и гетинакс выделяют при контакте с раскаленным сверлом токсичные вещества;
- психофизические факторы — наибольшую опасность представляет работа прессы в автоматическом режиме, требующая большого напряжения, внимания и осторожности работающего, так как всякое замедление движения рабочего может привести к травматизму.

При работе на станках с ручной подачей материала труд относится к тяжелой категории, при работе с автоматической подачей материала средней категории тяжести.

Во избежание попадания рук рабочего в опасную зону применяют системы двуручного включения, при котором пресс включается только после одновременного нажатия обеими руками двух пусковых кнопок.

В прессах и ножницах с педалями для предотвращения случайных включений педаль ограждают или делают запорной. Часто, кроме этого, опасную зону прессов ограждают при помощи фотодатчиков, сигнал от которых автоматически останавливает пресс, если рука рабочего оказалась в опасной зоне. При ручной подаче необходимо применять специальные приспособления: пинцеты, крючки и т. д.

Радикальным решением вопроса безопасности является механизация и автоматизация подачи и удаления заготовок из штампа, в том числе с использованием средств робототехники.

Во избежание травм при работе на сверлильных станках необходимо следить за тем, чтобы все ремни, шестерни и валы имели жесткие неподвижные ограждения. Движущиеся части и механизмы оборудования, требующие частого доступа для осмотра, ограждаются съемными или открывающимися устройствами ограждения. В станках без электрической блокировки должны быть приняты меры, исключающие возможность случайного или ошибочного их включения во время осмотра.

Во избежание захвата одежды и волос рабочего его одежда должна быть заправлена так, чтобы не было свободных концов; обшлага рукавов следует застегнуть, волосы убрать под берет.

Образующиеся при сверлении, резке материала заготовок ПП пыль необходимо удалять с помощью промышленных пылесосов.

При эксплуатации устройства для соблюдения электрической безопасности запрещается:

- эксплуатировать устройство в условиях, не соответствующих требованиям эксплуатационной документации изготовителя;
- превышать допустимую токовую нагрузку;
- оклеивать и окрашивать электрические провода, кабели и само устройство;
- использовать провода и кабели с поврежденной или утратившей свои защитные свойства изоляцией;

- оставлять без присмотра включенные в электросеть электрические приборы и оборудование, за исключением приборов, эксплуатационными документами на которые допускается их работа без надзора.

После окончания работы все электроустановки в здании (сооружении) необходимо отключать, за исключением дежурного освещения, источников электропитания установок пожарной автоматики, систем оповещения и управления эвакуацией, систем против дымной защиты, а также электроустановок, которые по условиям технологического процесса должны работать круглосуточно [18].

При соблюдении всех перечисленных мер безопасности влияние опасных факторов можно свести практически на нет.

## **11 ТРЕБОВАНИЯ К ХРАНЕНИЮ, МАРКИРОВКЕ, УПАКОВКЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ УСТРОЙСТВ**

### **11.1 Требования к хранению**

Хранение устройств изготовителем и потребителем в упаковке для транспортирования в складах должно соответствовать условиям хранения по ГОСТ 15150-69.

Условия хранения дистанционной системы управления климатом дома, в части воздействия климатических факторов, должны соответствовать группе условий хранения 2 по ГОСТ 15150-69:

- место хранения – закрытые помещения с естественной вентиляцией;
- температура окружающей среды – от -50 до +40 °С.

Срок хранения усилителя в упаковке изготовителя в условиях хранения 2 по ГОСТ 15150-69 – не более пяти лет.

### **11.2 Требования к маркировке**

Маркировка изделия должна соответствовать требованиям ГОСТ 18620-86.

Сведения о блоке содержатся на трех маркировочных табличках, располагаемых на корпусе устройства.

Первая маркировочная табличка, расположенная на лицевой стороне, содержит:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- название устройства;
- градуировку диапазона настроек сопротивления изоляции;
- градуировку дополнительной задержки во времени;
- надпись: «Зроблена у Беларусі».

Вторая маркировочная табличка, расположенная на левой стороне, содержит:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- название устройства;
- наименование предприятия-изготовителя;
- схему электрическую принципиальную;
- обозначение технических условий.

Третья маркировочная табличка, расположенная спереди содержит:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- название устройства;
- напряжение питания;
- максимальный потребляемый ток;
- максимальная потребляемая мощность;
- измерительное напряжение;
- максимальный измерительный ток;
- степень защиты - по ГОСТ 14254-80;
- масса;
- дата изготовления;
- заводской номер.

Маркировочные таблички выполнены методом, исключающим потерю надписей в процессе эксплуатации.

После проверки отделом технического контроля предприятия-изготовителя устройство пломбируется.

### **11.3 Требования к упаковке**

Упаковка устройства соответствует требованиям ГОСТ 9181-74.

Для упаковывания изделия следует применять потребительскую и транспортную тару.

В качестве потребительской тары должны применяться:

- коробки по ГОСТ 12301-81;
- пачки по ГОСТ 12301-80;

- ящики по ГОСТ 9142-84 (для изделий общей массой свыше 7,5 кг);
- коробки из пенополистирола;
- чехлы из полиэтиленовой пленки по ГОСТ 10354-82 или других полимерных пленок, не вызывающих коррозию изделий;
- пакеты из бумаги по ГОСТ 8273-75 или ГОСТ 2228-81;
- ящики металлические.
- в качестве транспортной тары должны применяться:
- ящики дощатые типов II, III, V по ГОСТ 2991-85; ящики типа III, усиленные двумя поясными планками, следует применять для транспортирования изделий водным путем и при железнодорожных перевозках мелкими отправлениями;
- ящики фанерные типов II и VI по ГОСТ 5959-80; ящики типа II следует применять только при пересылке почтой;
- ящики многооборотные фанерные по ГОСТ 9395-76 и дощатые по ГОСТ 9395-75;
- ящики из гофрированного картона для электроизмерительных приборов по ГОСТ 22852-77;
- ящики деревянные для продукции, поставляемой на экспорт, в том числе и в районы с тропическим климатом, по ГОСТ 24634-81;
- тара на амортизаторах, разработанная для конкретных изделий и согласованная в установленном порядке;
- комбинированные ящики, изготовленные из комбинированных материалов: картона с пенополистирола, резифана и т.п., согласованные в установленном порядке;
- ящики – по ГОСТ 16511-86.

В качестве потребительской тары для усилителя применяют коробки из гофрированного картона по ГОСТ 12301-81, а в качестве транспортной тары применяются ящики из гофрированного картона по ГОСТ 22852-77.

Упаковывание усилителя должно производиться в закрытом помещении с температурой воздуха не ниже 15°C и относительной влажностью до 80%.

Упаковка должна обеспечивать сохранность изделия при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировании, хранении и необходимую защиту от внешних воздействий.

## 11.4 Требования к транспортировке

Устройства в упаковке предприятия-изготовителя должны транспортироваться любым видом закрытого транспорта (железнодорожные вагоны, закрытые автомашины, контейнеры, герметизированные отсеки самолетов, трюмы и т.д.), при перевозке открытым транспортом транспортные ящики с изделиями должны быть укрыты водонепроницаемыми материалами (например, брезентом).

Условия транспортирования усилителей в части воздействия климатических факторов внешней среды соответствуют требованиям, установленным ГОСТ 15150-69, для условий хранения 2:

– температура окружающей среды – от -50 до +60 °С.

Срок транспортирования входит в общий срок хранения блоков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была разработана и описана с конструкторской и технологической части дистанционная система управления климатом дома.

Итогом дипломного проектирования стало завершённая разработка устройства, его конструирование в САПР Altium Designer и AutoCAD. В ходе работы были выполнены следующие основные пункты:

- выбраны и обоснованы элементная база, унифицированные узлы, установочные изделия и материалы конструкции;
- выбрана и обоснована компоновочная схемы и метод конструирования;
- выбраны и обоснованы способы и средства обеспечения теплового режима, герметизации, виброзащиты и электромагнитной совместимости;
- произведён расчёт основных конструктивно-технологических параметров системы;
- оценена технологичность проектируемого устройства;
- были даны рекомендации по обеспечению электрической и экологической безопасности при эксплуатации и производстве устройства;
- описаны требования к хранению, маркировке, упаковке и транспортировке устройства.

В результате технико-экономического обоснования инвестиций по разработке и производству нового изделия стало ясно, что все инвестиции окупаются на первом году реализации проекта. Таким образом, разработка и производство новой системы дистанционного управления климатом дома является эффективным и инвестиции в него целесообразны.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Simcom SIM900A [Электронный ресурс] : Datasheet/Simcom. – Режим доступа:  
[https://components101.com/asset/sites/default/files/component\\_datasheet/SIM900A%20Datasheet.pdf](https://components101.com/asset/sites/default/files/component_datasheet/SIM900A%20Datasheet.pdf)
- [2] ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. - МКС 21.020 Стандартиформ, 2010.
- [3] Медведев А. А. Печатные платы. Конструкции и материалы. – М.: Высшая школа, 2005.
- [4] Базовый принцип конструирования РЭА / Е. М. Парфенов, В. Ф. Афанасенко, В. И. Владимиров, Е. В. Саушкин; Под ред. Е. М. Парфенова. - М.: Радио и связь, 1981.
- [5] Муратов А. В. Способы обеспечения тепловых режимов РЭС: учеб. Пособие / А. В. Муратов, Н. В. Ципина. Воронеж: ГОУВПО “Воронежский государственный технический университет, 2007 – 96 с.
- [6] Статья про герметизацию [Электронный ресурс]. – Режим доступа :  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>.
- [7] Расчёт электромагнитного экрана [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1861-konstruirovanie-i-tehnologija-proizvodstva-ktop/36379-23-raschet-jelektromagnitnogojekrana.html>
- [8] Защита аппаратуры от воздействия помех [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
[https://ozlib.com/945005/tehnika/zaschita\\_apparatury\\_vozdeystviya\\_pomeh](https://ozlib.com/945005/tehnika/zaschita_apparatury_vozdeystviya_pomeh)
- [9] Основы конструирования и технологии производства РЭС: учебное пособие по дисциплине «Основы конструирования и технологии производства РЭС» / В.В. Евстафьев, И.А. Енгибарян, И.А. Сахаров. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 92 с.
- [10] ГОСТ 23752-79 Платы печатные общие технические условия. – Издательство стандартов, 1991
- [11] ГОСТ 23751-86 Платы печатные общие параметры конструкции. – Издательство стандартов, 1986



- [12] ГОСТ 10317-79 Платы печатные основные размеры. – Издательство стандартов, 1985
- [13] Основы эргономики и дизайна РЭС : учебное пособие по курсовому проектированию / Н.А. Кольтюков, О.А. Белоусов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 124 с.
- [14] Сборочно-монтажные процессы: учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплинам «Конструирование и технология электронных систем», «Технология РЭУ», «Технология РЭС», «Технология средств медицинской электроники» для студ. спец. 36-04-01 «Электронно - оптические системы и технологии», 39-02-01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС», 39-02-02 «Проектирование и производство РЭС», 39 02 03 «Медицинская электроника» / В. Л. Ланин [и др.] – Минск : БГУИР, 2008. – 67 с.
- [15] Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства: Учебник/ А. П. Достанко, В. Л. Ланин, А. А. Хмыль, Л. П. Ануфриев; Под общ. ред. А. П. Достанко. – Мн.: Выш. шк., 2002. – 415 с.
- [16] Статья про САПР AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
- [17] Статья про САПР Altium Designer [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Altium\\_Designer](https://ru.wikipedia.org/wiki/Altium_Designer)
- [18] Правила пожарной безопасности республики беларусь - Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2014

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**(обязательное)**

**Техническое задание на дипломное проектирование**

# **ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

## **1 Наименование работы**

Разработка дистанционной системы управления климатом дома.

## **2 Основание для выполнения работы**

Настоящая работа выполняется на основании задания на дипломное проектирование.

## **3 Сроки выполнения**

Начало и окончание выполнения работы в соответствии с заданием – 30 января 2021 – 25 мая 2021 г.

## **4 Исполнитель работы**

Студент группы 750701 – Соколов Сергей Андреевич

## **5 Изготовитель**

Работа выполняется в рамках дипломного проекта.

## **6 Источник финансирования**

Работа выполняется теоретически в рамках учебного процесса.

## **7 Цель, задачи, назначение электронного средства**

7.1 Целью работы является разработка конструкции дистанционной системы управления климатом дома.

7.2 Разрабатываемая дистанционная система управления климатом дома предназначена для управления и контроля климата жилых помещений на близких и дальних дистанциях.

7.3 Электронное средство дистанционная система управления климатом дома предназначено для использования в бытовых условиях.

## **8 Основные требования**

8.1 Разрабатываемая паяльная станция должна удовлетворять требованиям настоящего ТЗ.

8.2 При проектировании рекомендуется использовать следующие нормативные документы: ГОСТ 2.743-91 «Обозначения условные графические в

схемах. Элементы цифровой техники», ГОСТ 2.701-84 «Единая система конструкторской документации».

8.3 Конструкторская документация должна соответствовать требованиям ЕСКД.

## 9 Состав изделия

Состав проектируемого электронного средства дистанционной системы управления климатом дома приведен в таблице.

Наименование	Кол-во	Назначение	Примечание
1.Эксплуатационная документация	1	Обеспечение потребителя сведениями о технических характеристиках, электронного средства, работе и обслуживании	
2. Модуль управления	1	Обеспечивает управление модулем исполнения	
3. Плата с ИЭТ	1	Основной блок изделия	
4. Блок питания	1	Необходим в качестве источника тока. Подключается к сети переменного тока 220 В и преобразует напряжение в 12 В постоянного тока для питания модуля управления	
5. Корпус	1	Необходим для размещения платы с ИЭТ и защиты от внешней среды	

Примечание: состав дистанционной системы управления климатом дома уточняется в процессе разработки опытного образца.

## 10 Технические требования

### 10.1 Требования к конструкции

10.1.1 Дистанционная система управления климатом дома должна разрабатываться как базовое, для обеспечения его модификаций с учетом требований взаимозаменяемости.

10.1.2 Конструкция должна предусматривать возможность подключения дополнительных устройств.

10.1.3 Материалы и полуфабрикаты, комплектующие изделия

электронного средства дистанционная система управления климатом дома должны применяться по действующим стандартам и техническим условиям на них.

Примечание: Требование к конструкции уточняется на этапе разработки опытного образца без внесения в техническое задание.

#### 10.2 Показатели назначения

Напряжение питания устройства 12 В

#### 10.3 Требования к технологичности

Должны быть разработаны и изготовлены технологическая схема сборки и разработан технологический процесс изготовления нестандартных изделий.

#### 10.4 Требования к уровню унификации и стандартизации

При разработке устройства должны по возможности максимально использоваться стандартные и унифицированные устройства, узлы и детали.

#### 10.5 Эстетические и эргономические требования

Форма корпуса, компоновка лицевой панели выполнены с учетом требований эргономики и инженерной психологии, внешний вид дистанционной системы управления климатом дома должен соответствовать его функциональному назначению и обеспечивать удобство при обслуживании, ремонте и эксплуатации, соответствовать требованиям ГОСТ 20.39.108-85.

#### 10.6 Требования к упаковке и маркировке

Маркировка и упаковка дистанционной системы управления климатом дома должны соответствовать требованиям ГОСТ 20397-82.

### 11 Этапы работы

Этапы работы определяются календарным планом, в соответствии с договором на проектирование.

Заказчик

Исполнитель

---

---

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**(обязательное)**

**Справка об исследовании патентной и научно-технической литературы по теме дипломного проекта**

## СПРАВКА

### ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ПАТЕНТНОЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

---

#### Дистанционная система управления климатом дома

---

#### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕН- ТАЦИЯ

(указываются библиографические данные источников информации, достаточ-  
ные для нахождения аналогов)

1. Информационные ресурсы Федерального государственного бюджет-  
ного учреждения «Федеральный институт промышленной собствен-  
ности» <http://www.fips.ru>
2. Базы данных Национального центра интеллектуальной собственности  
<http://belgopatent.org.by/>
3. <http://ep.espacenet.com> – патентная база данных Европейской патентной  
организации
4. <http://www.patents.com> – международное патентное ведомство
5. <http://www.google.ru/patents> – патентная база данных Европейской па-  
тентной организации и патентного бюро США

Достоверность сведений удостоверяю:

Руководитель Смирнова Н. А. “ ”  
(подпись)

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

## (обязательное)

### Отчёт о проверке на заимствования

Отчёт о проверке представлен на рисунке А.1.



#### Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: [sa.sokoloff@mail.ru](mailto:sa.sokoloff@mail.ru) / ID: 9153706  
Проверяющий: [sa.sokoloff@mail.ru](mailto:sa.sokoloff@mail.ru) / ID: 9153706  
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - [users.antiplagiat.ru](https://users.antiplagiat.ru)

##### ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 1  
Начало загрузки: 19.05.2021 21:32:16  
Длительность загрузки: 00:00:03  
Имя исходного файла: Пояснительная записка Соколов.pdf  
Название документа: Пояснительная записка Соколов  
Размер текста: 97 кБ  
Символов в тексте: 102126  
Слов в тексте: 11564  
Число предложений: 499

##### ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 19.05.2021 21:32:20  
Длительность проверки: 00:00:07  
Комментарии: не указано  
Модули поиска: Интернет



ЗАИМСТВОВАНИЯ  
28,32%

САМОЦИТИРОВАНИЯ  
0%

ЦИТИРОВАНИЯ  
0%

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ  
71,68%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа. Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа. Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации. Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника. Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка. Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа. Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа. Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Источник	Актуален на	Модуль поиска
[01]	6,87%	Диплом new <a href="http://docme.ru">http://docme.ru</a>	09 Мая 2017	Интернет
[02]	0%	Разработка конструкции многофункционального индикатора напряжения сети <a href="https://stud.wiki">https://stud.wiki</a>	13 Июл 2020	Интернет
[03]	0%	Разработка конструкции многофункционального индикатора напряжения сети <a href="https://knowledge.allbest.ru">https://knowledge.allbest.ru</a>	09 Фев 2020	Интернет

Еще источников: 17  
Еще заимствований: 21,45%

Рисунок А.1 – Отчёт о проверке на заимствования

Соколов С.А.