



ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ
НА ТЕМУ
«ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ
МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ В
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ»

Выполнил:

Гайкович В. Ю.

Руководитель:

Тонконогов Б. А.

2 Цель и задачи разработки



Целью дипломного проекта является разработка программно-аппаратного комплекса для мониторинга и управления освещением и реализация программных, и технических решений с оформлением соответствующей документации.

Задачи разработки

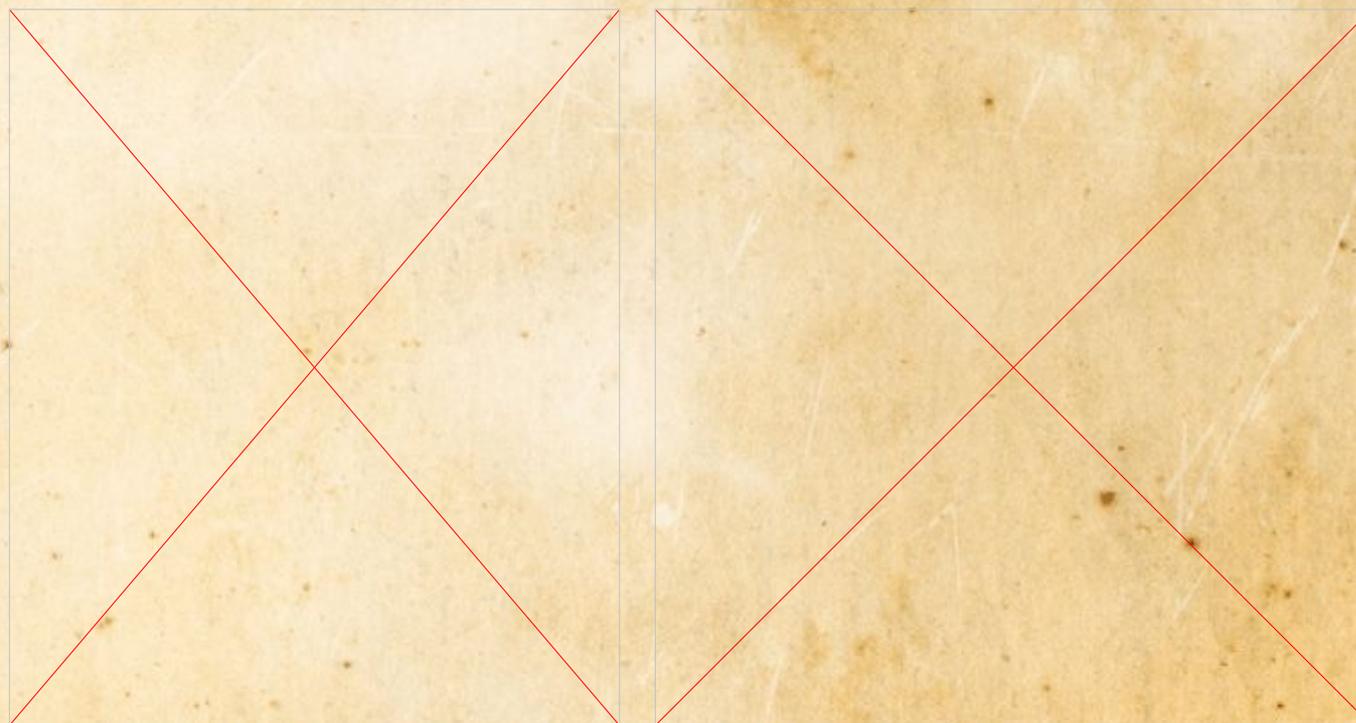
- Провести патентный поиск схожих устройств, обеспечить патентную чистоту устройства;
- Выбор элементной базы;
- Расчет конструктивно-технологических параметров устройства;
- Разработка печатной платы с использованием САПР;
- Разработка структурной и принципиальной электрических схем комплекса;
- Разработка корпуса устройства;
- Разработка алгоритма работы и программного обеспечения;
- Технико-экономическое обоснование проекта.

3 Аналоги разрабатываемой конструкции



Недостатки аналогов:

1. Высокая стоимость
2. Большая потребляемая мощность
3. Отсутствие масштабируемости



Xiaomi Yeelight Arwen Ceiling Light

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРНАЯ

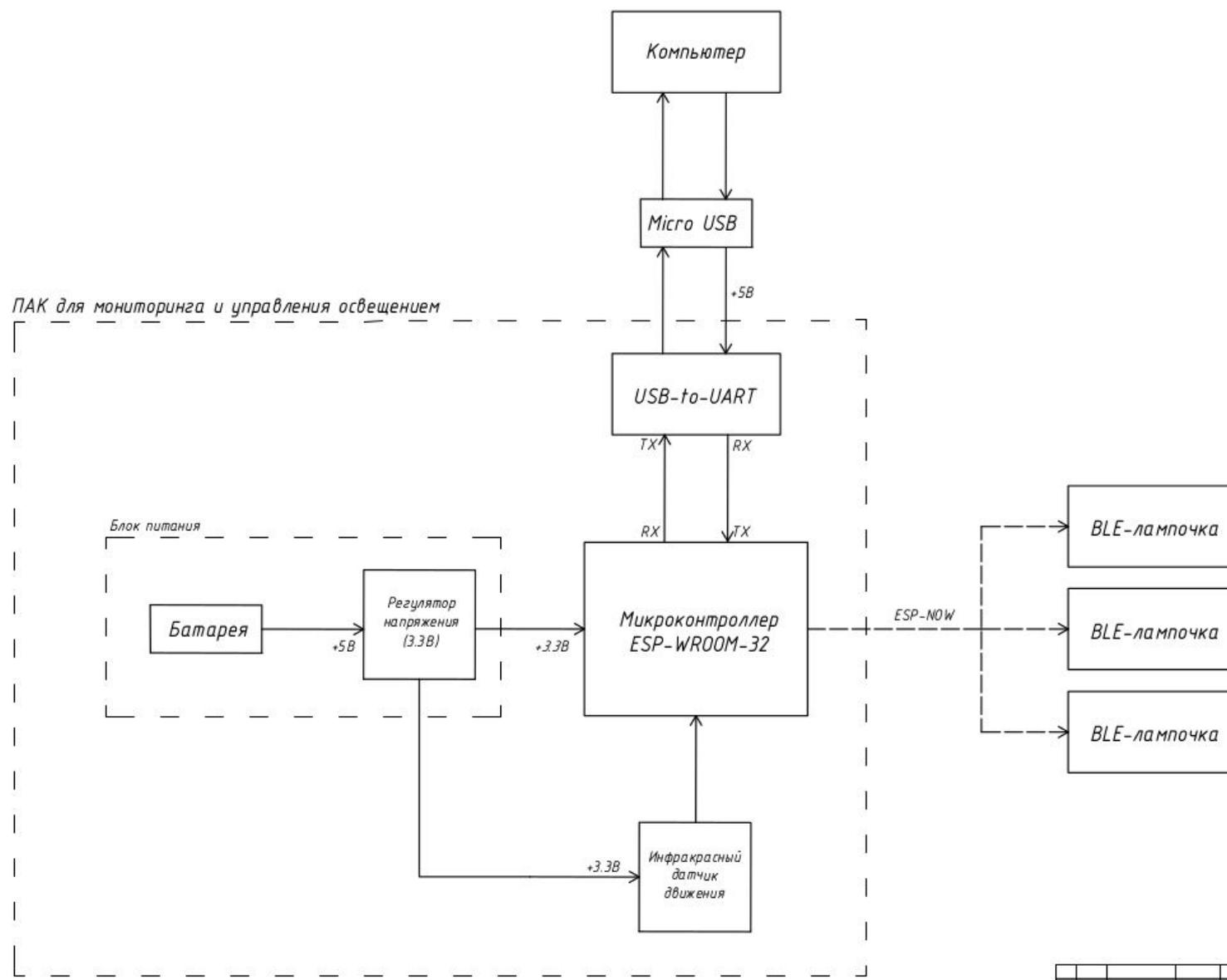
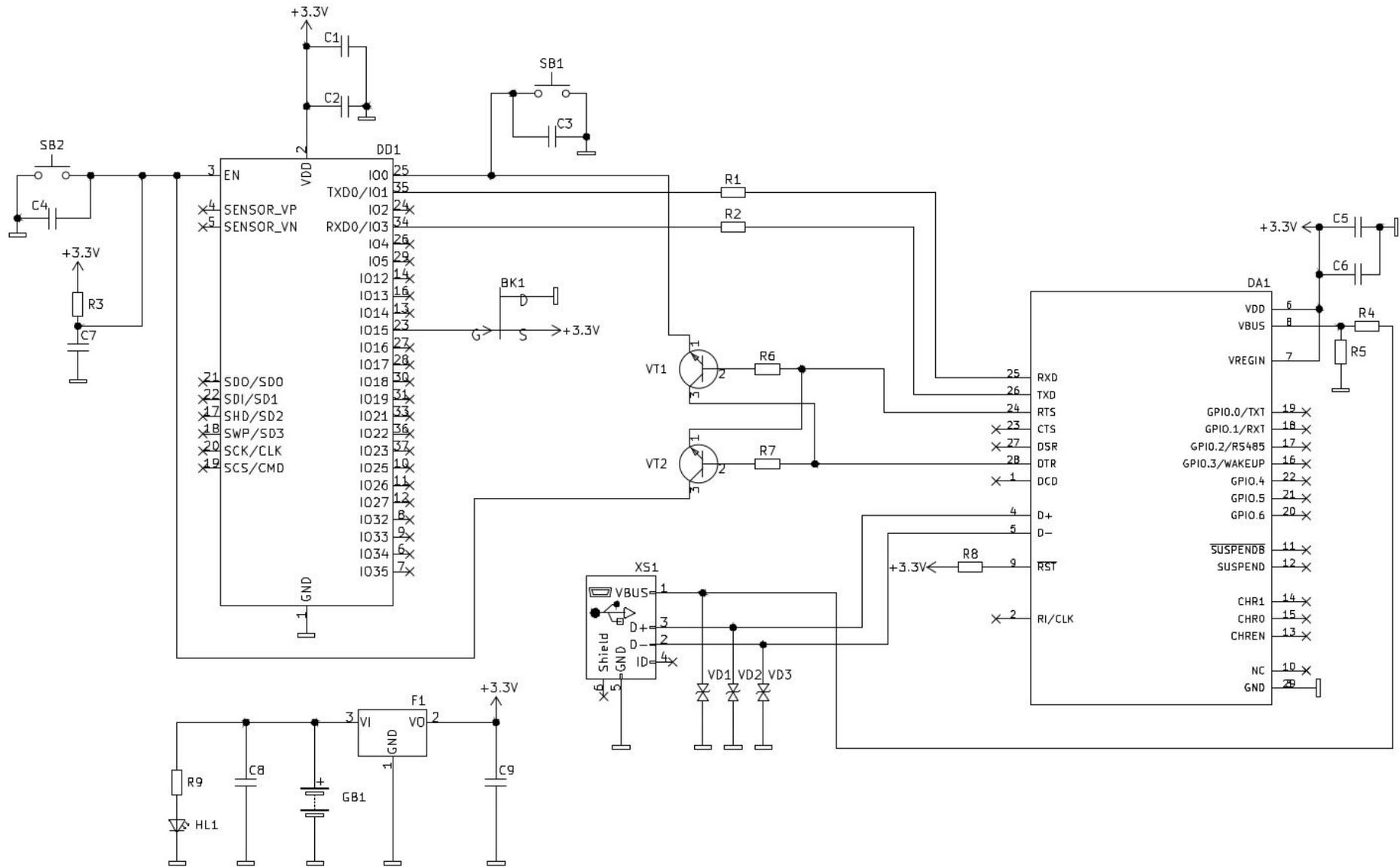


СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ



КОМПОНОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ



Размер печатной платы составляет 75×45 мм.

Наименование	Высота установки, мм	Площадь, мм ²	Объем элементов, мм ³
Конденсаторы Murata 0603	0,9	4,84	4,36
Конденсаторы Murata 1206	1,5	30,72	46,08
Микроконтроллер ESP-WROOM-32	3,1	453,6	1406,16
Резисторы SMD 1206	0,55	46,08	25,34
Микросхема CP2102N-A01-GQFN28	1,8	23,04	41,47
Светодиоды KPG-0603CGC-TT	0,4	0,245	0,098
Диоды LESD5D5.0CT1G	0,6	3,51	2,11
Розетка Micro-USB	2,95	45,04	132,87
Транзисторы SS8050-G	1,05	8,4	8,82
Держатель батарей	4,8	101,2	485,76
Кнопки	9,5	72,0	684
PIR-датчик ZRE200GE	8	84,64	677,12
Регулятор AMS1117	1,6	22,75	36,4
Итого			3552,91

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Площадь, мм ²	Кол-во, шт.	Суммарная площадь, мм ²
Конденсаторы Murata 0603	1,6	0,8	1,28	3	4,84
Конденсаторы Murata 1206	3,2	1,6	5,12	6	30,72
Микроконтроллер ESP-WROOM-32	25,2	18,0	453,6	1	453,6
Резисторы SMD 1206	3,2	1,6	5,12	9	46,08
Микросхема CP2102N-A01-GQFN28	4,8	4,8	23,04	1	23,04
Светодиоды KPG-0603CGC-TT	0,7	0,35	0,245	1	0,245
Диоды LESD5D5.0CT1G	1,3	0,9	1,17	3	3,51
Розетка Micro-USB	8,0	5,63	45,04	1	45,04
Транзисторы SS8050-G	3,0	1,4	4,2	2	8,4
Держатель батарей	11,0	9,2	101,2	1	101,2
Кнопки	6,0	6,0	36,0	2	72,0
PIR-датчик ZRE200GE	9,2	9,2	84,64	1	84,64
Регулятор AMS1117	6,5	3,5	22,75	1	22,75
Итого					898,28

Размеры корпуса составляют 90×60×25 мм



Сторона монтажа

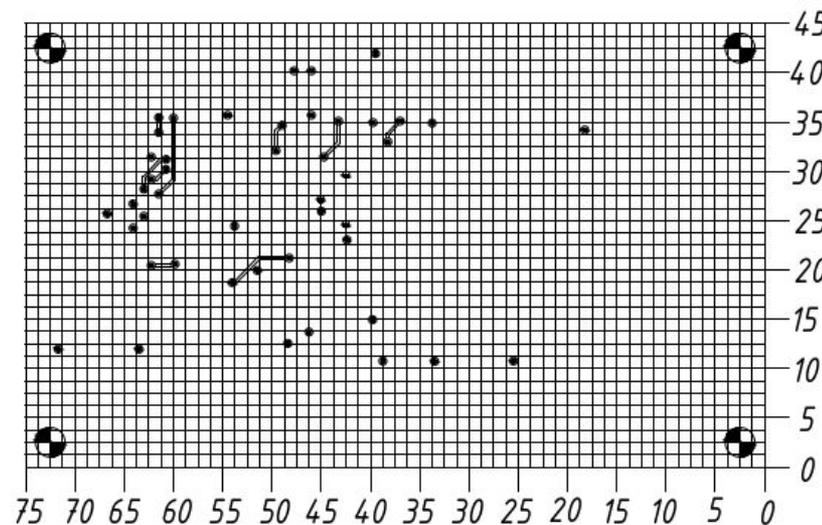
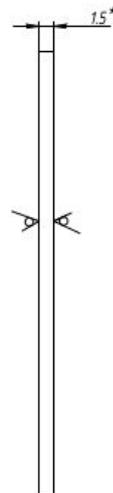
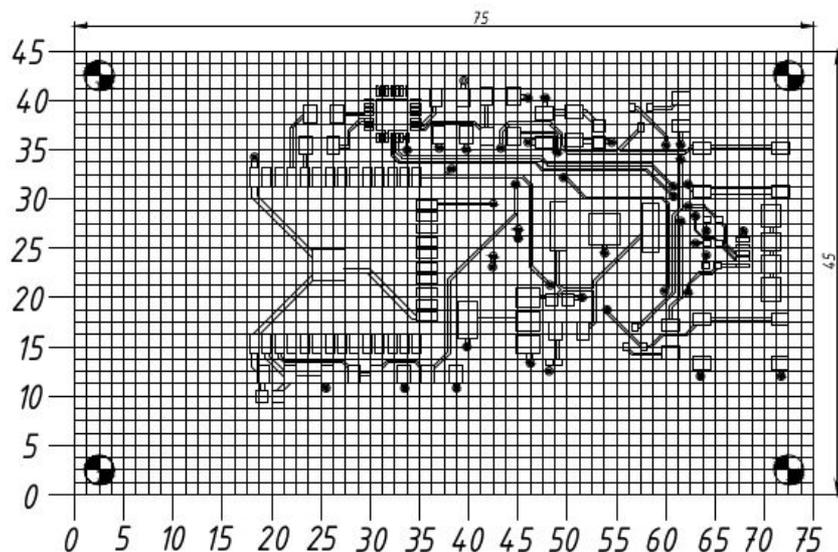


Таблица 1

Основное обозначение отверстий	Диаметр отверстия, мм	Диаметр контактной площадки, мм	Наличие металлизации	Количество отверстий
+	0,6	0,8	есть	44
+	0,7	1,4	есть	3
⊙	3	—	нет	4

Таблица 2

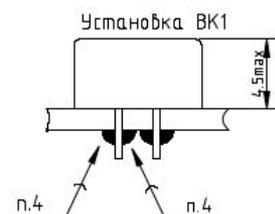
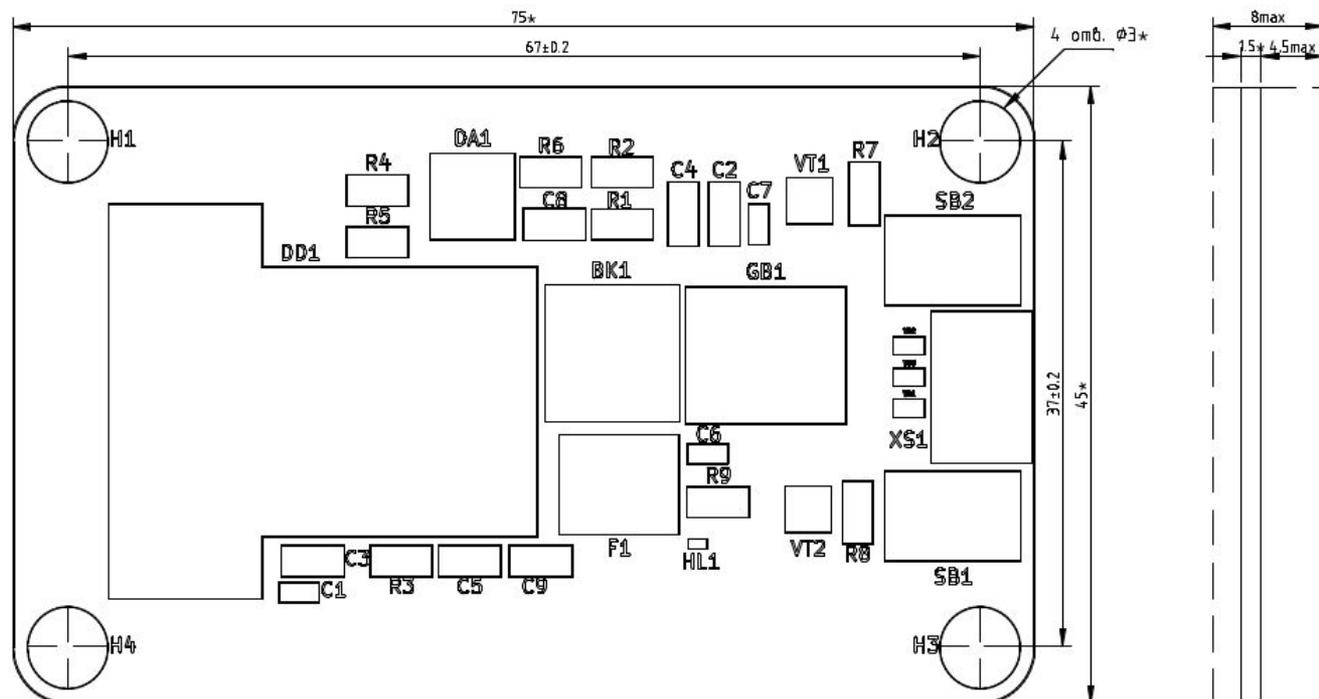
Параметры элементов рисунка печатной платы	Минимальное значение основных параметров для указанного места	
	для указанного места	для свободного места
Ширина печатных проводников	0,15	0,35
Расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка	0,15	0,35

Таблица 3

Основное обозначение конт. площадки	Длина, мм	Ширина, мм	Количество площадок
□	0,8	0,6	6
□	1	0,3	28
□	1,2	1,2	9
□	1,4	0,4	5
□	1,8	1,3	38
□	2	0,9	38
□	1,8	1,9	2
□	2,3	1,9	5
□	4	4	3
□	3,8	2	1
□	5,1	1,8	2

- * Размеры для справок
- Плату изготовить комбинированным позитивным методом.
- Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-86. Группа жесткости 2.
- Класс точности 4 по ГОСТ 23751-86.
- Шаг координатной сетки 1,25 мм.
- Конфигурацию проводников выдерживать по чертежу с отклонением $\pm 0,1$ мм.
- Форма контактных площадок произвольная.
- Параметры элементов рисунка приведены в таблицах 1,2,3.
- Покрытие печатных проводников, контактных площадок и металлизированных отверстий иммерсионным оловом ТУ 6-09-4065-75.
- Маркировать номер чертежа и дату краской МКЭ4, черная по ОСТ4ГО.054.205-9, шрифт 3-ПРЗ СТБ 992-95 в любом свободном месте
- Неуказанные предельные отклонение по Н14; h14; $\pm \frac{IT12}{2}$.
- Остальные технические требования по СТБ 1014-95.

8 СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ



1. *Размеры для справок.
2. Установку элементов производить по ГОСТ 29137-91: DD1, DA1, F1, VT1, VT2 по варианту 361.18.1101.02.00; VD1...VD3, HL1 по варианту 010.2.0201.02.00; остальные - по чертежу.
3. Технические требования к монтажу ЭРЭ по ГОСТ 23592-79.
4. Припой ПСР 40 ГОСТ 19738-74.
5. Паяльная паста SolderPlus SN62NCLR-A.
6. Маркировка элементов показана условно.
7. Покрытие лак УР-231 ТУ 6-21-14-90.
8. Остальные технические требования по СТБ 1022-96.



Таблица 5.1 – Допустимые температуры элементов схемы

Наименование	$T_{\text{доп}}, \text{C}^{\circ}$
Конденсаторы X7R	125
Конденсаторы X5R	125
Микроконтроллер ESP-WROOM-32	85
Микросхема CP2102N-A01-GQFN28	85
Светодиоды KPG-0603CGC-TT	125
Диоды LESD5D5-ОСТ	125
Розетка Micro-USB	85
Транзисторы SS8050-G	150
PIR-датчик ZRE200GE	70
Регулятор AMS1117	125

Температура корпуса определяем по формуле

$$T_{\text{к}} = \theta_{\text{к}} + T_{\text{с}} = 9,58 + 40 = 49,58 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура нагретой зоны определяем по формуле

$$T_{\text{з}} = \theta_{\text{з}} + T_{\text{с}} = 11,98 + 40 = 51,98 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Таблица 5.2 – Расчет эксплуатационной интенсивности отказов устройства

Наименование	Кол-во	$\lambda_{oi}, \cdot 10^{-6}$ 1/час	$\Pi_j \lambda_{oi}, \cdot 10^{-6}$ 1/час
Конденсаторы Murata	9	0,022	0,198
Микроконтроллер ESP-WROOM-32	1	0,023	0,023
Резисторы SMD	9	0,044	0,396
Микросхема CP2102N-A01-GQFN28	1	0,023	0,023
Светодиоды KPG-0603CGC-TT	1	0,034	0,034
Диоды LESD5D5.0CT1G	3	0,091	0,273
Розетка Micro-USB	1	0,0041	0,0041
Транзисторы SS8050-G	2	0,044	0,088
Держатель батарей	1	0,003	0,003
Кнопки	2	0,009	0,018
PIR-датчик ZRE200GE	1	0,034	0,034
Регулятор AMS1117	1	0,0041	0,0041
Плата многослойная	1	0,1	0,1
Итого			1,22

Интенсивность отказов элементов рассчитывается по формуле

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_{i0} + K_{\text{э}}$$

$$\lambda = 1,34 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

Наработка на отказ вычисляется по формуле

$$T_0 = \frac{1}{\lambda}$$

Наработка на отказ составляет 745136 часов.

Вероятность безотказной работы вычисляется по формуле

$$P(t_p) = e^{\frac{-t_p}{T_0}}$$

Вероятность безотказной работы составляет 0,98.

РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ПЛАТЫ



Частота собственных колебаний платы определяется по формуле

$$f_0 = \frac{K_a}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{m^{(II)}}} \quad f_0 = 2682,3 \text{ Гц}$$

В результате механических воздействий, печатная плата подвержена усталостному разрушению. Подобные отказы в работе РЭС в какой-то мере можно избежать, выполнив условия

$$f_0 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{\beta \cdot g \cdot n_{b \max}}{0,003 \cdot b}\right)^2} \quad A_z = \frac{n_{b \max}}{4 \cdot f_0^2} \leq 3 \cdot 10^{-4}$$

Так как $2682,3 \text{ Гц} \geq 449 \text{ Гц}$, а $6,48 \cdot 10^{-11} \leq 3 \cdot 10^{-4}$ то условия выполняются.

Следовательно, проектируемая печатная плата будет иметь достаточную усталостную прочность при гармонических вибрациях.

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ



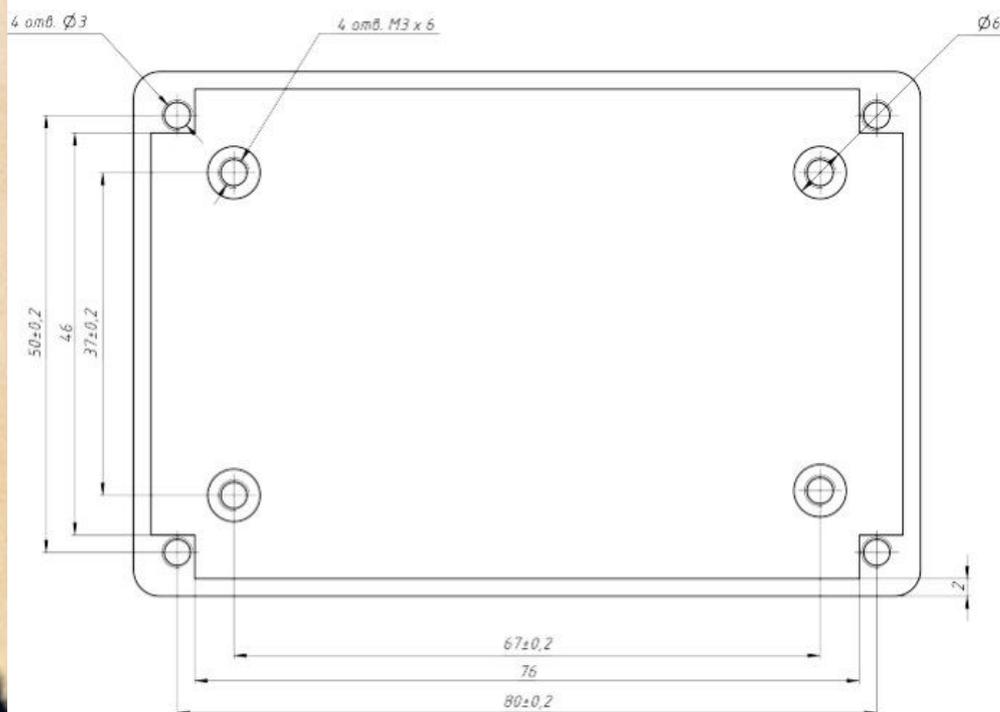
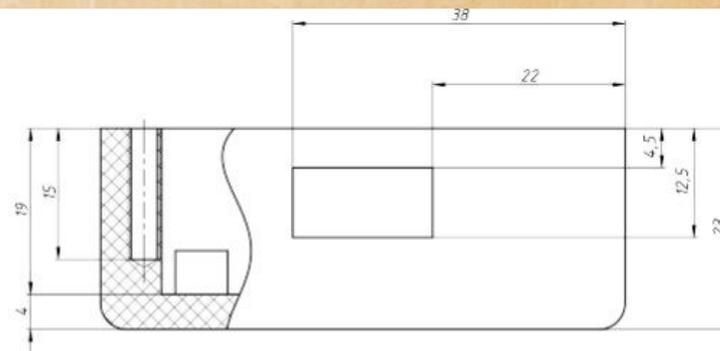
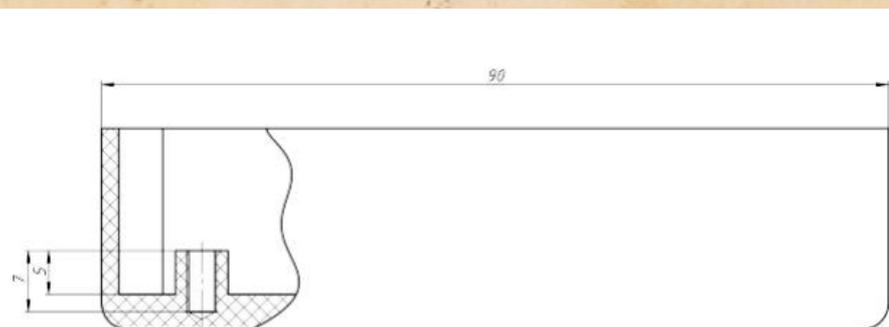
Таблица 5.6 — Исходные данные для расчета показателей технологичности

Наименование	Обозначение	Значение
Количество ЭК в модуле, которое подсчитывается по спецификации на сборочный чертеж, шт	$N_{ЭК}$	33
Количество ЭК, пайка которых осуществляется на автоматах, шт	$N_{АП}$	33
Количество ЭК сквозного монтажа, шт	$N_{АСКВ}$	1
Количество ЭК поверхностного монтажа, шт	$N_{АПМ}$	32
Количество вручную монтируемых ЭК обычного монтажа, шт	$N_{СКВ}$	0
Количество вручную монтируемых ЭК поверхностного монтажа, шт	$N_{ПМ}$	0
Количество ЭК, монтируемых в отверстия платы, устанавливаемых на плату автоматизированными способами, шт	$N_{УСКВ}$	1
Количество ЭК, поверхностного монтажа, устанавливаемых на плату автоматизированными способами, шт	$N_{УПМ}$	32
Число автоматизированных операций внутрисхемного тестирования модуля, шт	$N_{АТ}$	0
Число операций контроля и настройки, шт	$N_{КН}$	1
Число автоматизированных операций приемочного функционального контроля модуля, шт	$N_{АФ}$	0
Количество типоразмеров ЭК в модуле, шт	$N_{ТЭК}$	14
Число деталей, изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП, шт.	$D_{ТП}$	0
Число сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП, шт	$E_{ТП}$	0
Общее число деталей, кроме крепежа, шт	D	33
Общее число сборочных единиц, кроме крепежа, шт	E	0
Объем партии изготавливаемых модулей, шт	N	5000

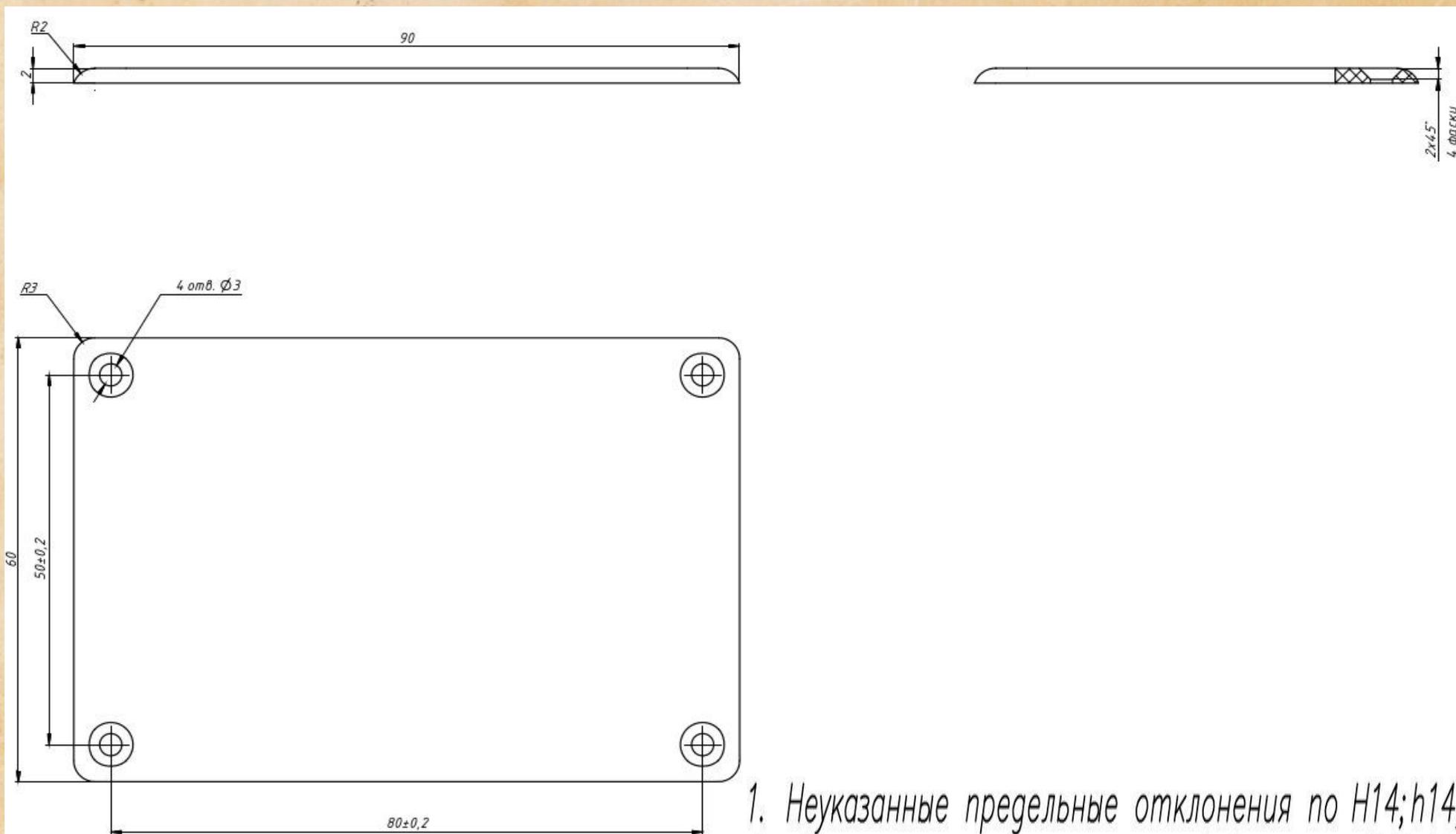
Уровень технологичности вычисляется по формуле:

$$K_{ут} = \frac{K}{K_B} = \frac{0,837}{0,792} = 1,06$$

Получаем значение $K_{ут}$ больше единицы, следовательно, конструкция модуля является технологичной



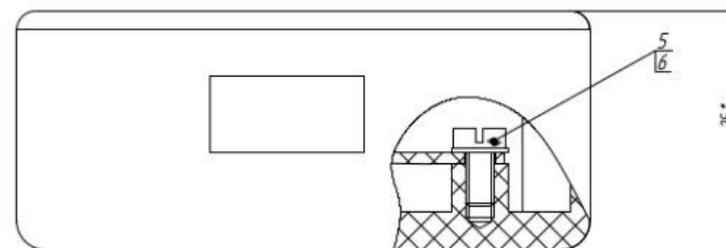
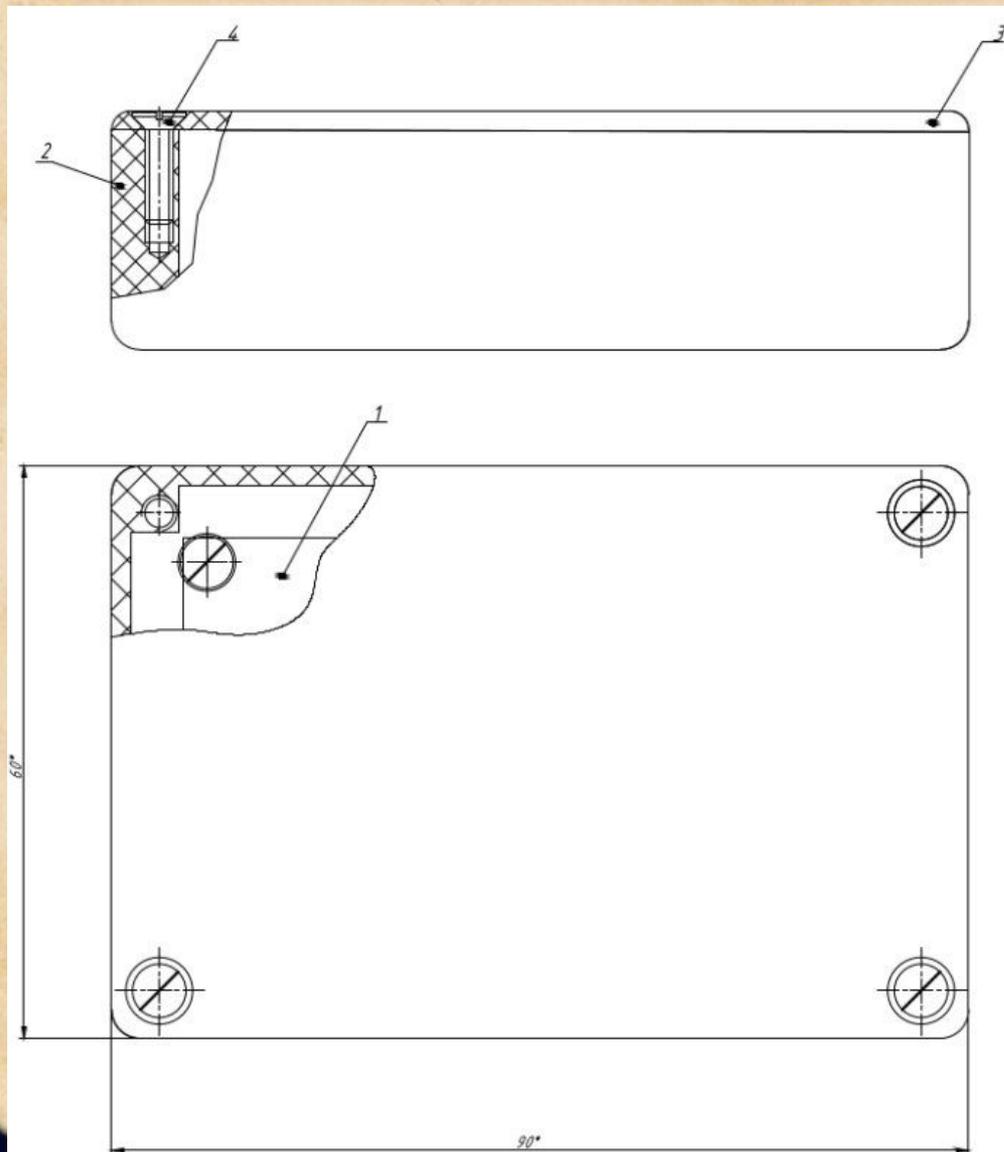
1. Неуказанные предельные отклонения по Н14; h14; $\pm \frac{11,12}{2}$.
2. Остальные технические требования по СТБ 1014-95.



1. Неуказанные предельные отклонения по Н14; h14; $\pm \frac{11,12}{2}$.
2. Остальные технические требования по СТБ 1014-95.

15

СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ УСТРОЙСТВА



1. * Размеры для справок.
2. Винты поз.4 и поз.5 стопорить герметиком Унигерм 2М по ГОСТ 30133-95.
3. Остальные технические требования по СТБ 1022-96.



Таблица 8.6 – Расчет отпускной цены программно-аппаратного комплекса

Показатель	Сумма, р.
1. Затраты на аппаратную часть ($Z_p^{a,ч}$)	94,81
2. Затраты на лицензионную копию программного обеспечения (C_{no})	30
3. Сумма затрат на производство программно-аппаратного комплекса	124,81
4. Накладные расходы	74,89
5. Расходы на реализацию	2,49
6. Полная себестоимость	202,19
7. Плановая прибыль, включаемая в цену	43,98
8. Отпускная цена	246,17

Таблица 8.7 – Стоимость аналогов

Устройство	Стоимость, р.
Yeelight Ceiling Light Arwen YLXD013 450S	387
Yeelight Arwen Ceiling Light 550S YLXD013-A	419
Yeelight Ceiling Light YLXD039 C2001R900	699



Прирост чистой прибыли за первый год:

$$\Delta\Pi_{\text{ч}} = \Pi_{\text{ед}} \cdot N_{\text{п}} \left(1 - \frac{N_{\text{п}}}{100}\right) = 43,98 \cdot 3750 \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 135238,1 \text{ р.}$$

Общая сумма инвестиций $I_{\text{общ}} = 109778,67 \text{ р}$

Рентабельность инвестиций:

$$ROI = \frac{\Delta\Pi_{\text{ч}} - I_{\text{общ}}}{I_{\text{общ}}} \cdot 100\% = \frac{135238,1 - 109778,67}{109778,67} \cdot 100\% = 23\%$$



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Минск, 2022