

# Охранное устройство с оповещением по сети сотовой СВЯЗИ

Исполнитель: Шестаков Владислав Геннадьевич

Руководитель: Дик Сергей Константинович

# Цель дипломного проекта:

- разработать модуль охранного устройства, с возможностью контролирования датчиков и срабатывания сигнализации
- Провести расчёты конструктивных параметров проектируемого устройства
- Разработать печатную плату, корпус устройства, сборочные чертежи устройства и платы, алгоритм работы устройства
- Разработать маршрутную карту и технологическую схему сборки
- Провести технико-экономическое обоснование целесообразности производства разрабатываемого устройства
- Устройство будет обладать возможностью подключения 7 проводных датчиков
- Устройство будет обладать возможностью звонить и отправлять смс-сообщения.

# Обзор аналогов охранного устройства

Беспроводные



ALTOX

Поддержка GSM частот	850/900/1800
Поддержка датчиков температуры	до 3 датчиков
Количество охраняемых зон	4
Количество номеров	3
Работа в автономном режиме	нет
Напряжение питания	10В - 28В
Ток, потребляемый в режиме ожидания	30мА
Ток, потребляемый охранным шлейфом	до 2мА

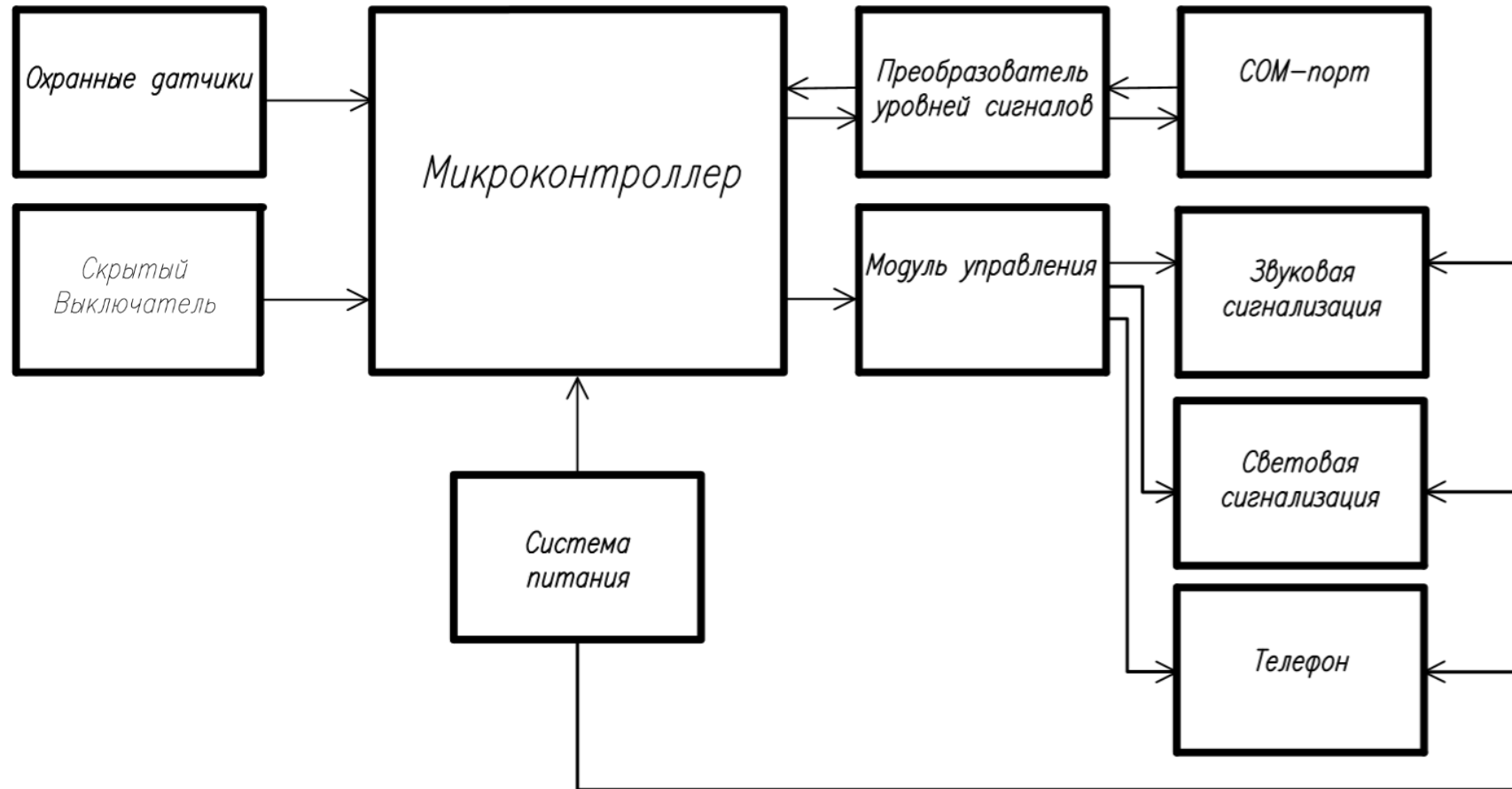
Проводные



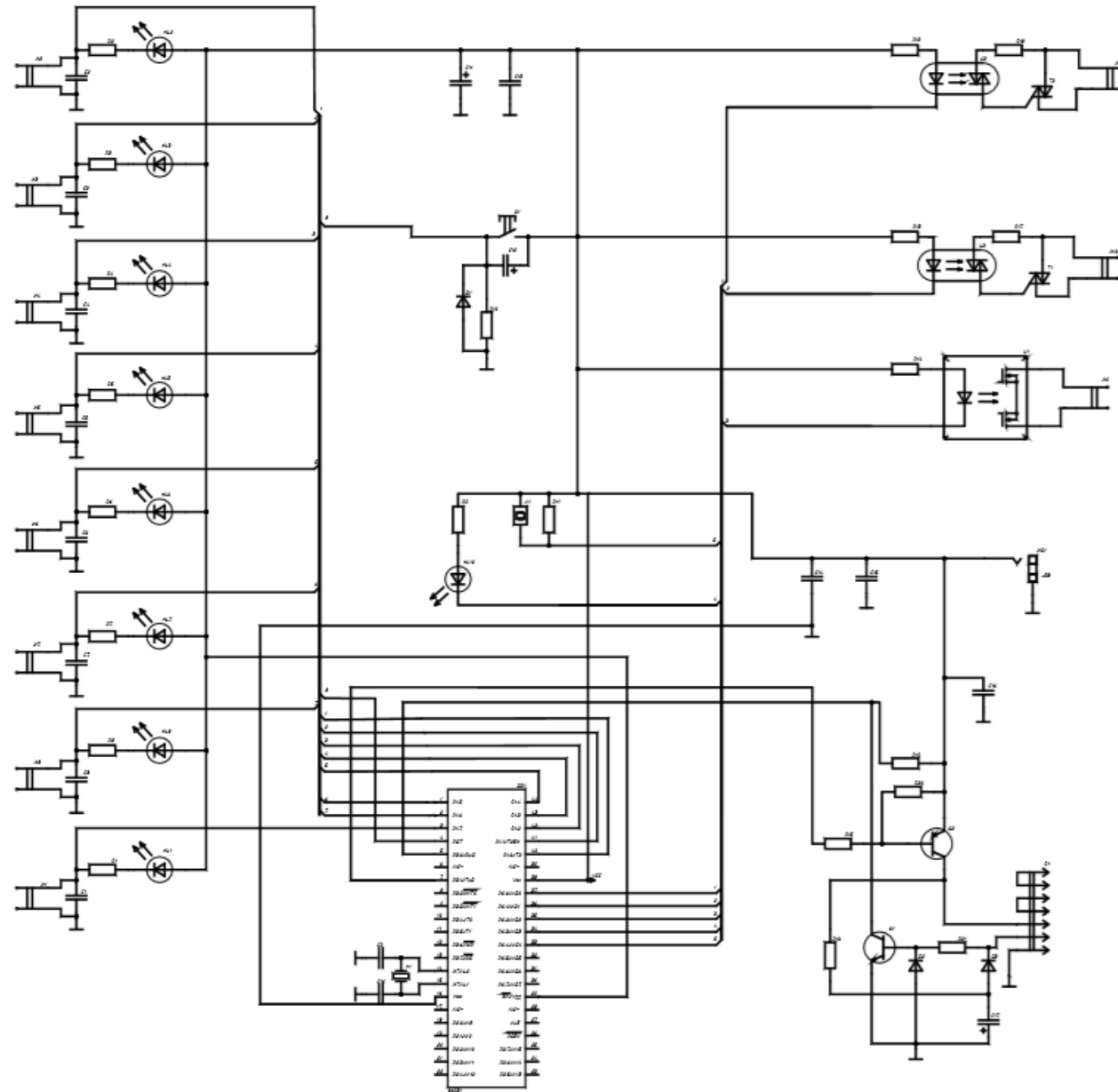
Эрита Микра 2М

Поддержка GSM частот	900/1800 mHz
Количество проводных зон	3
Количество номеров оповещения	3
Напряжение питания	220 В
Рабочая температура	от -10 до +55 °С

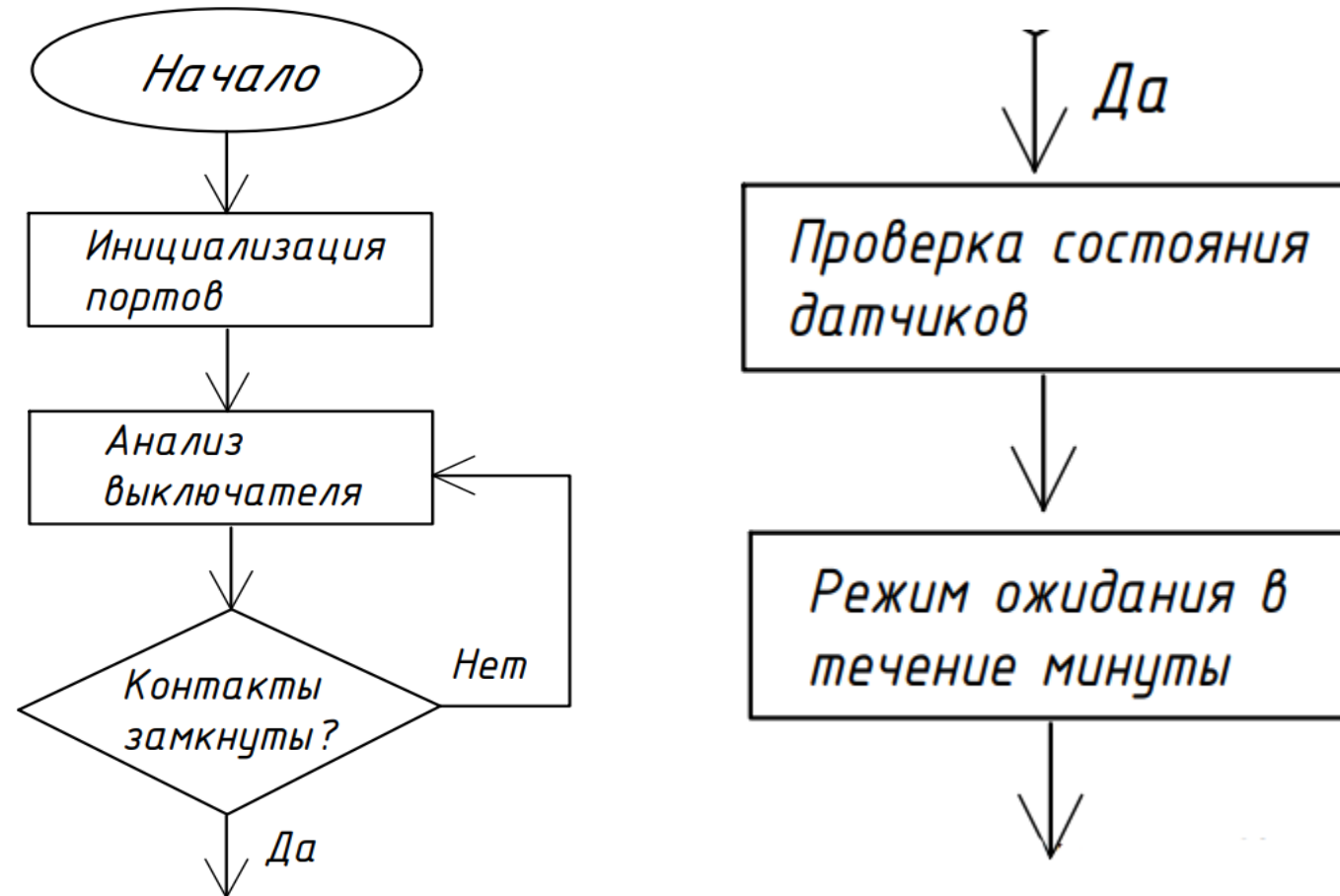
# Схема электрическая структурная



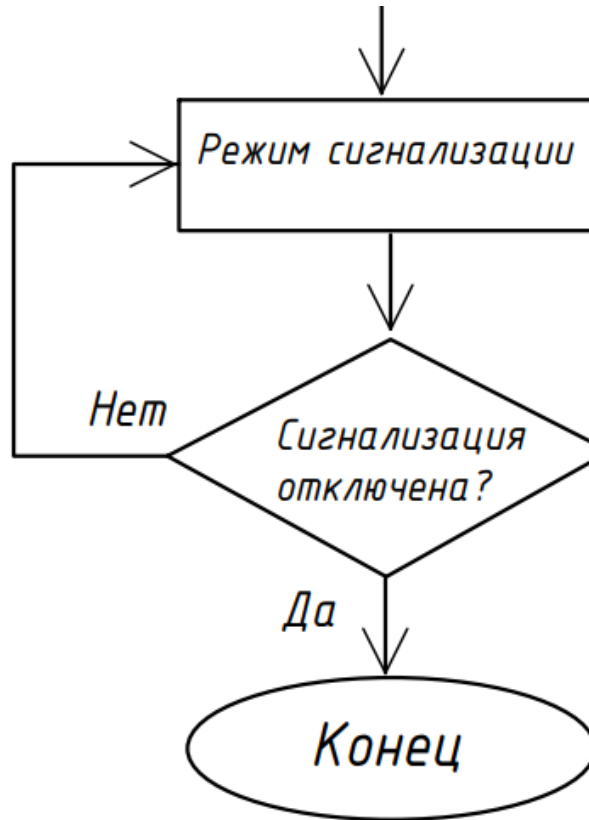
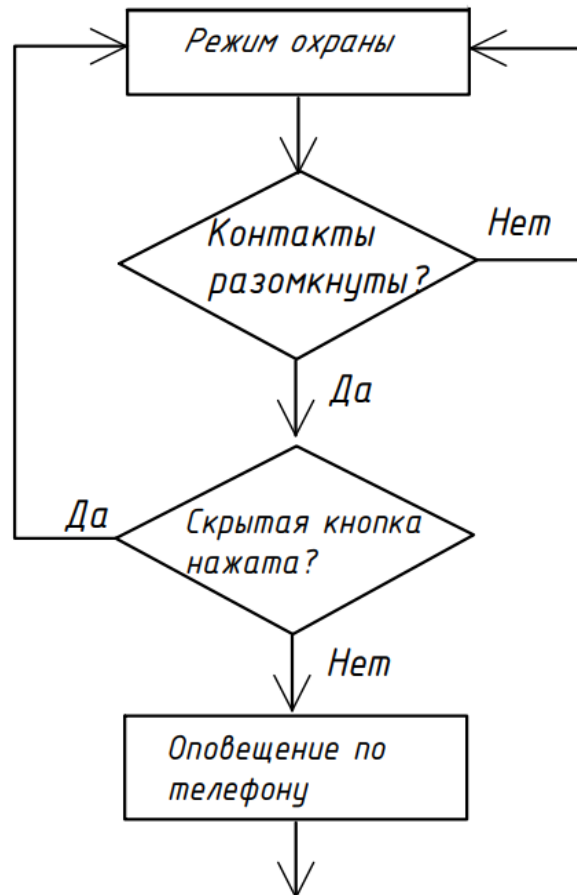
# Схема электрическая принципиальная



# Алгоритм работы устройства



# Алгоритм работы устройства



# Компоновочный расчет устройства

- 1)  $S_{\text{пп}} = \frac{S_{\text{уст}}}{m \cdot K_3} = \frac{3503,125}{1 \cdot 0,5} = 7006,25 \text{ мм}^2$ 
  - Где  $S_{\text{уст}}$  – суммарная площадь всех элементов,  $\text{мм}^2$  ( $S_{\text{уст}} = 3503,125 \text{ мм}^2$ )
  - $K_3$  – коэффициент заполнения платы;
  - $m$  – количество сторон монтажа
- Размеры печатной платы  $50 \times 150 \text{ мм}$
- 2)  $V_{\text{корп}} = \frac{V_{\text{уст}}}{K_3} = \frac{14841,1}{0,5} = 29682,2 \text{ мм}^3$ 
  - Где  $V_{\text{уст}}$  – суммарный объём всех элементов,  $\text{мм}^3$  ( $V_{\text{уст}} = 14841,1 \text{ мм}^3$ )
  - $K_3$  – коэффициент по объёму;
- Размеры корпуса  $160 \times 60 \times 28 \text{ мм}$



# Расчет печатного монтажа

## 1. Расчет номинальной ширины проводника:

$$t = t_{\min} \cdot J_n \cdot h \cdot \rho = 0,25 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \cdot 20 = 12,5 \text{ мк м},$$

где,  $t_{\min}$  – минимально допустимая ширина проводника, мм; (таблица 5)

$J_n$  – ток нагрузки, А;

$h$  – толщина проводника, мм (0,035 или 0,05);

$\rho$  – удельная плотность тока, А/мм<sup>2</sup>;

- для наклеенной фольги – 20 А/мм<sup>2</sup>.

## 2. Расчёт диаметров монтажных отверстий:

$$d = d_{\text{н}} + r + |\Delta d_{\text{но}}|$$

где  $d_{\text{н}}$  – максимальное значение диаметра вывода навесного ИЭТ, устанавливаемого на печатную плату. Для прямоугольного вывода за диаметр берется диагональ его сечения;

$r$  – разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода (для прямоугольных – диагонали сечения устанавливаемого ИЭТ).

$\Delta d_{\text{но}}$  – нижнее предельное отклонение номинального значения диаметра отверстия.

$$d = 0,7 + 0,4 + 0,13 = 1,23 \text{ мм};$$

## 3. Расчет диаметров контактных площадок:

$$D = (d + \Delta d_{\text{в.о.}}) + 2 \cdot b + \Delta t_{\text{в.о.}} + 2 \cdot \Delta d_{\text{тр}} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{н.о.}}^2)^{\frac{1}{2}}$$

где  $d$  – номинальное значение монтажного отверстия;

$\Delta d_{\text{в.о.}}$  – верхнее предельное отклонение диаметра отверстия;

$\Delta d_{\text{тр}}$  – величина подтравливания диэлектрика, которая для МПП принимается равной 0,03 мм, для ОПП – нулю;

$T_d$  – позиционный допуск расположения оси отверстия;

$T_D$  – позиционный допуск расположения центра контактной площадки;

$\Delta t_{\text{в.о.}}$  – верхнее предельное отклонение диаметра контактной площадки;

$\Delta t_{\text{н.о.}}$  – нижнее предельное отклонение диаметра контактной площадки.

$$D_1 = 1,23 + 0,13 + 0,1 \cdot 2 + 0,01 \cdot 10^{-3} + (0,2^2 + 0,15^2 + 0,06^2 \cdot 10^{-6})^{1/2} = 1,71 \text{ мм}$$

$$D_2 = 1,23 + 0,13 + 0,1 \cdot 2 + 0,01 \cdot 10^{-3} + (0,2^2 + 0,15^2 + 0,06^2 \cdot 10^{-6})^{1/2} = 1,71 \text{ мм}$$

## 4. Расчет наименьшего расстояния для прокладки n-го количества проводников:

$$L = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S(n + 1) + T_i$$

где  $n$  – количество печатных проводников;

$t$  – предельное отклонение ширины элемента проводящего рисунка;

$T_i$  – позиционный допуск расположения печатного проводника, который учитывается только при  $n > 0$ .

$$L = 1,71 + 0,25 \cdot 45 + 0,25 \cdot 46 + 0,05 = 24,51 \text{ мм}$$

Выбор класса точности связан с конструктивными особенностями проектируемой печатной платы, бюджетом на разработку и с конкретным производством, так как он обусловлен уровнем технологического оснащения производства. Печатная плата проектируемого устройства имеет третий класс точности.

# Печатная плата

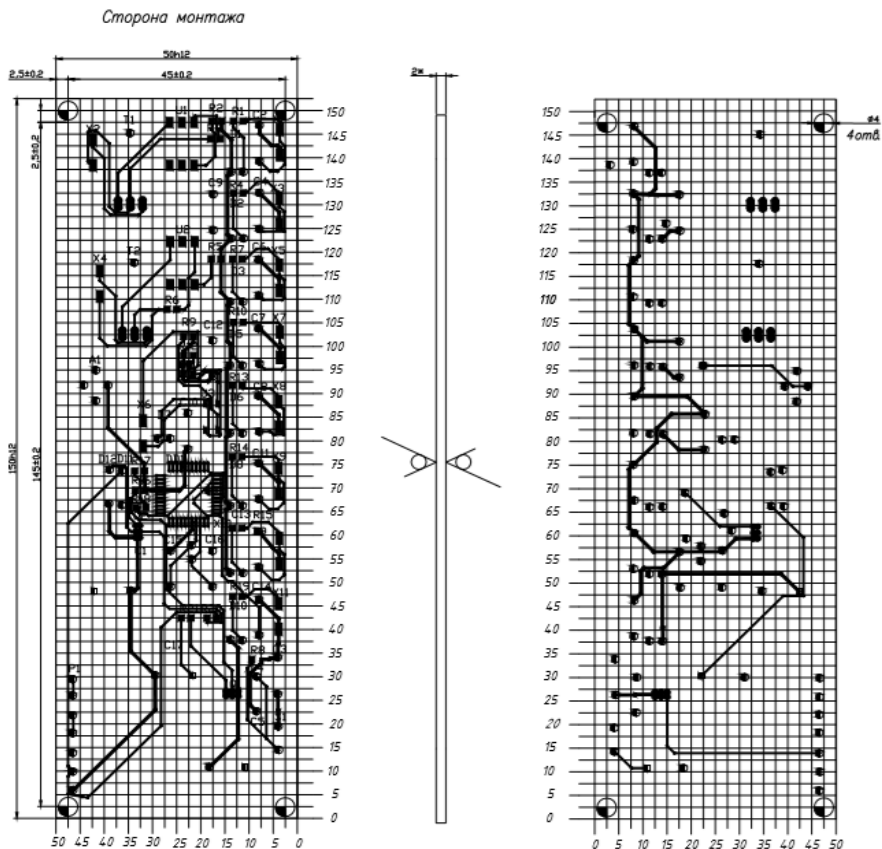


Таблица 1

Условные обозначения площадки	Длина мм	Ширина мм	Количество контактов
■	1±0.1	1±0.1	82
■	2±0.1	1±0.1	12

Таблица 2

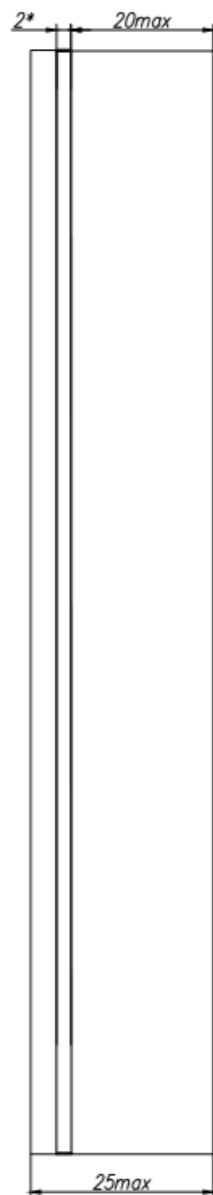
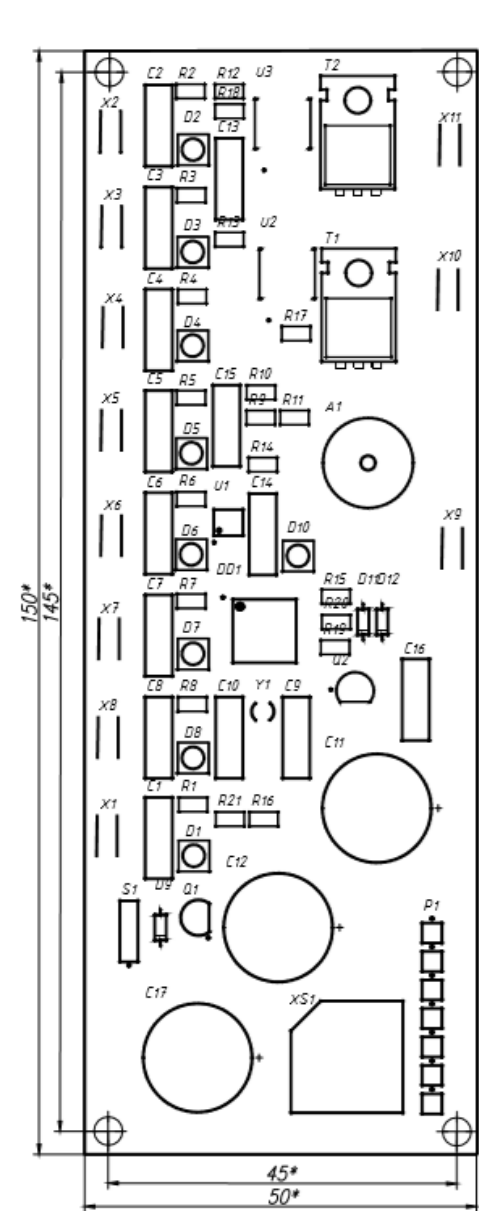
Условные обозначения отверстий	Размер отверстий, мм	Размер контактной площадки	Наличие металлизации в отверстиях	Количество отверстий
●	φ0.3 <sub>-0.13</sub>	0.6±0.05	Есть	20
◐	φ0.7 <sub>-0.13</sub>	1.25±0.1	Есть	60
◑	φ2.0 <sub>±0.6</sub>	3.5±0.1	Нет	4
■	0.7 <sub>-0.13</sub>	1.25±0.1	Есть	3

Таблица 3

Параметры элементов рисунка платы печатной	Минимальное значение основного параметра	
	для узкого места	для свободного места
Ширина печатных проводников	0,3	0,6
Расстояние между краями соседних отверстий проводящего рисунка	0,3	0,6

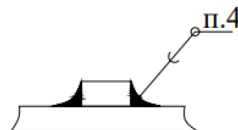
1. \*Размер для справок
2. Печатную плату изготовить комбинированным позитивным методом по ГОСТ 23752-79
3. Шаг координатной сетки 2,5 мм по ГОСТ 10317-79
4. Класс точности 3 по ГОСТ 23751-86
5. Группа жесткости 2 по ГОСТ 23752-79
6. Покрытие печатных проводников, контактных площадок и металлизированных отверстий имерсионное Олово ImmSn ГОСТ Р55693-2013
7. Позиционное обозначение элементов маркировать краской МКЗ белая ОСТ92-2.0-ПРЗ, шрифт по СТБ 922-95 методом шелкографии ГОСТ 2.304-81
8. Параметры элементов рисунка печатной платы приведены в таблицах 1, 2, 3
9. Печатная плата должна соответствовать ГОСТ 27151-86

# Сборочный чертеж модуля

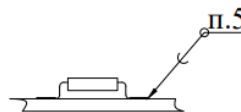


1. \*Размеры для справок
2. Установку элементов выполнить по ГОСТ 29137-91
3. Установку SMD-компонентов производить по ГОСТ Р МЭК 61192-2-2010.  
Установку отдельных элементов см. на чертеже
4. Припойная паста KOKI SX58305
5. Припой ПОС-61 ГОСТ 21931-76
6. Шаг координатной сетки 2.5мм по ГОСТ 10317-79
7. Позиции элементов условно не показаны
8. Позиционные обозначения показаны условно
9. После установки элементов покрываем лаком HumiSeal
10. Остальные ТТ по СТБ 1022-96

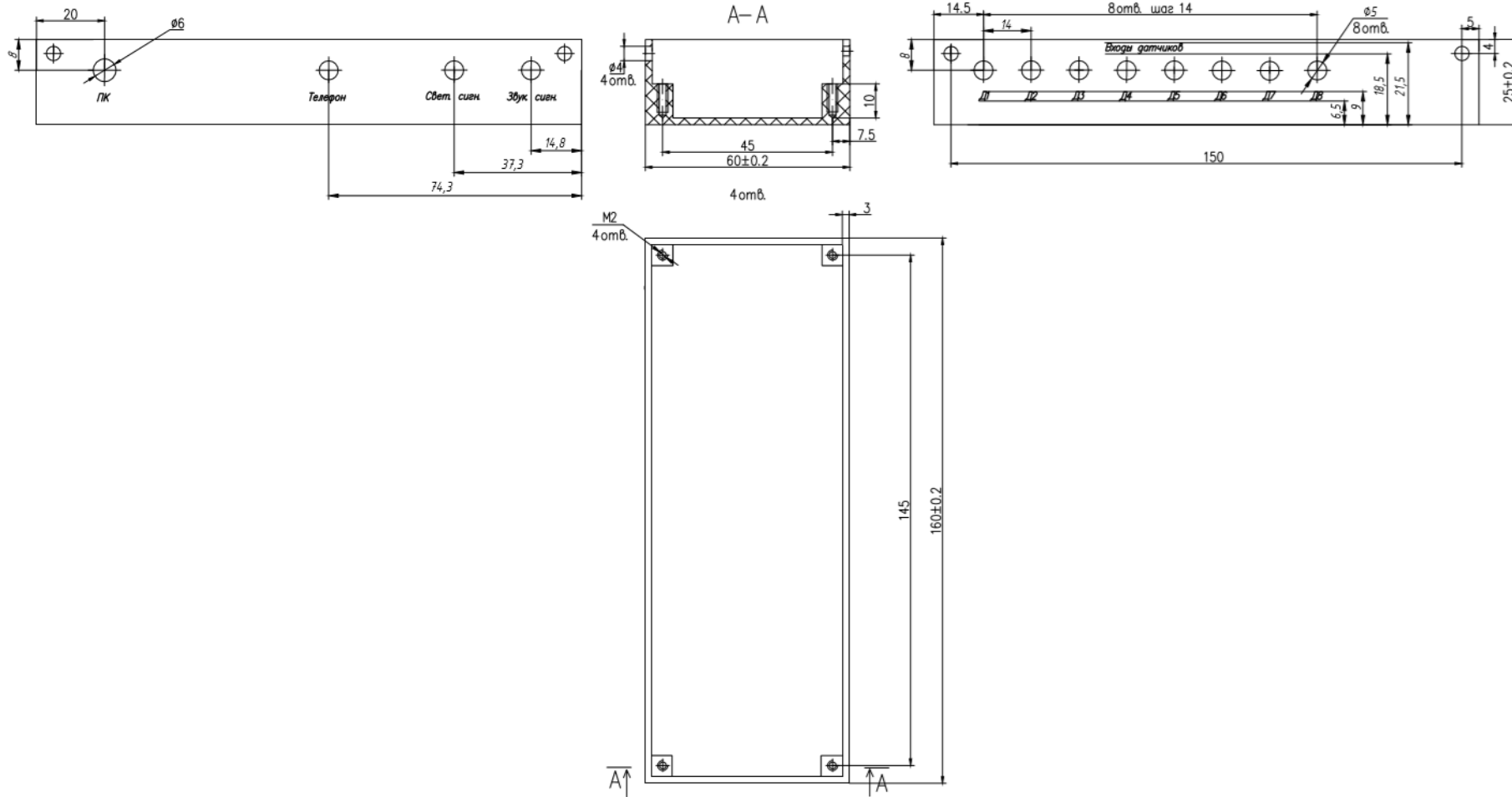
Установка  
SMD-конденсаторов  
компонентов



Установка микроконтроллера



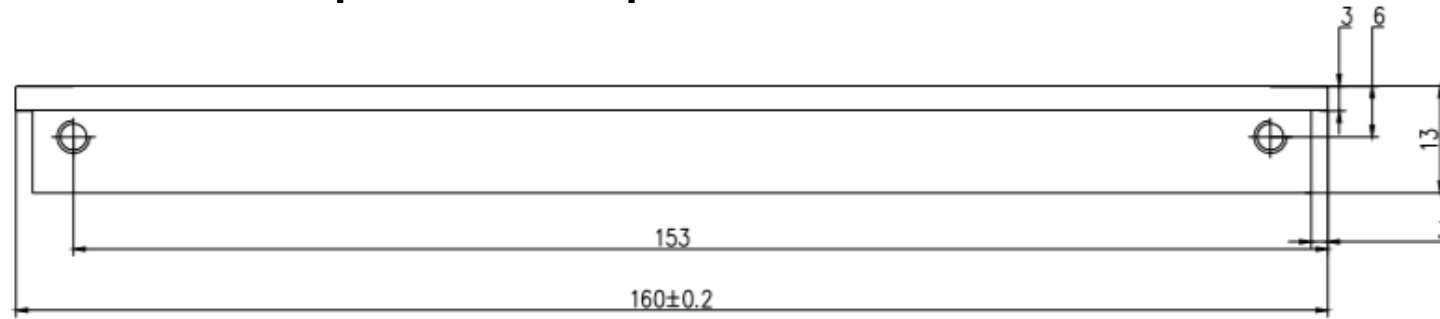
# Чертеж основания



1. Надписи маркировать краской Эмаль МЛ-12, белая по ГОСТ 9754-76 по СТБ 922-95 методом шелкографии ГОСТ 2.304-81 симметрично относительно отверстий
2. Точность отливки по ГОСТ 27358-87
3. Неуказанные предельные отклонения размеров  $\pm IT12/2$
4. Остальные технические требования по СТБ 1014-95

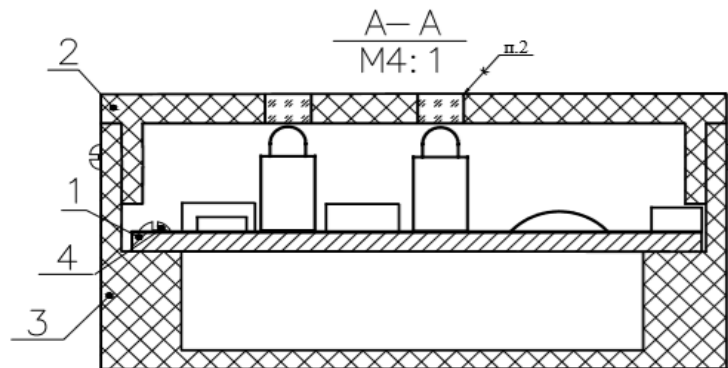
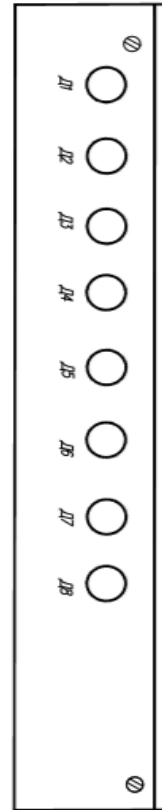
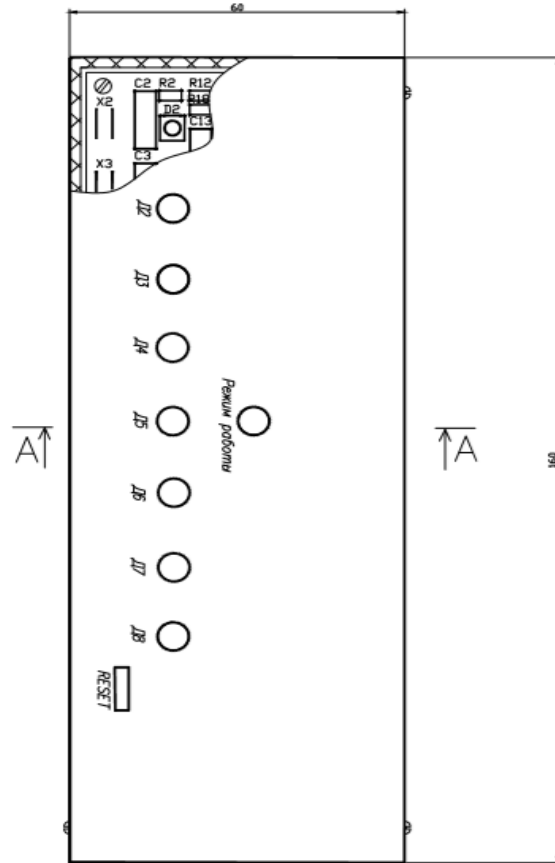
Материал: АБС-пластик  
Изготовление: Литьевоe прессование

# Чертеж крышки



- Материал: АБС-пластик  
Изготовление: Литьевоe прессование

# Сборочный чертеж устройства



1. Все винты стопорить краской Эмаль МЛ-12, черная ГОСТ 9754-76
2. Стекла соединить с крышкой клеем БФ-4 ГОСТ 12172-2016
3. Остальные ТТ по СТБ 1022-96

# Расчет виброустойчивости платы

Собственная частота платы:

$$f_0 = \frac{\pi}{2a^2} \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) \cdot \sqrt{\frac{D}{M} \cdot a \cdot b}$$

где а - длина платы, м: а=0,15 м;

где b - ширина платы, м: b=0,05 м;

где D - цилиндрическая жесткость платы, Н/м;

где M - масса платы с ЭРЭ, кг: M=0,3 кг.

Цилиндрическую жесткость платы, Н/м, вычисляем по формуле

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}$$

где E - модуль упругости материала платы, Н/м<sup>2</sup>;

где h - толщина платы, м;

где ν - коэффициент Пуассона.

E = 3,02 · 10<sup>10</sup> Н/м<sup>2</sup>;

h = 2 · 10<sup>-3</sup> м;

ν=0,22.

Подставляя эти значения в формулу, получим:

$$D = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot (2 \cdot 10^{-3})^3}{12 \cdot (1 - 0,22^2)} = 2,12 \text{ Н/м}$$

$$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot 0,150^2} \cdot \left(1 + \frac{0,150^2}{0,05^2}\right) \cdot \sqrt{\frac{2,12}{0,3} \cdot 0,150 \cdot 0,05} = 240,35 \text{ Гц}$$

Печатная плата должна обладать значительной усталостной долговечностью при воздействии вибраций. Для этого необходимо, чтобы минимальная частота собственных колебаний плат удовлетворяла условию:

$$f_{\min} \geq \sqrt[3]{\frac{\beta \cdot g \cdot n_{b \max}}{0,003 \cdot b}}$$

где β - безразмерная постоянная, выбирается в зависимости от величины частоты собственных колебаний и воздействующих вибраций;

b - размер короткой стороны платы, мм;

n<sub>bmax</sub> - вибрационные перегрузки в единицах, 3...9.

$$f_{\min} \geq \sqrt[3]{\frac{54 \cdot 9,8 \cdot 3}{0,003 \cdot 0,05}} = 220 \text{ Гц}$$

$$240,35 \text{ Гц} > 220 \text{ Гц}$$

Собственная частота вибрации платы удовлетворяет условию.

По результатам данного расчета можно сделать вывод, что печатная плата прибора будет обладать достаточной усталостной долговечностью при воздействии вибраций. Условие вибропрочности выполнено.

# Оценка теплового режима и выбор способа охлаждения

Определение температуры корпуса и нагретой зоны

$$T_K = Q_K + T_C,$$

$$T_K = 1,059 + 40^\circ\text{C} = 41,059^\circ\text{C}$$

$$T_3 = Q_3 + T_C,$$

$$T_3 = 1,2174 + 40^\circ\text{C} = 41,22^\circ\text{C}$$

Выбор способа охлаждения:

Решение проблемы охлаждения электронных средств, с использованием ИЭТ выделяющих при работе тепло является одним из важных этапов их конструирования. Выделяемое изделиями тепло может быть отведено от поверхности прибора и передано за пределы электронного средства несколькими методами, применяемыми отдельно или в сочетании друг с другом.

Достаточно использовать естественное воздушное охлаждение.



# Расчет надежности

Группа элементов	Вероятность на отказ, $\lambda_{\Sigma}$ , 1/ч
ИМС	$2,002 \cdot 10^{-6}$
Диоды	$0,05 \cdot 10^{-6}$
Биполярные транзисторы	$0,154 \cdot 10^{-6}$
Резисторы	$1,298 \cdot 10^{-6}$
Конденсаторы	$0,0132 \cdot 10^{-6}$
Кнопки	$0,043 \cdot 10^{-6}$
Кварцевый резонатор	$0,286 \cdot 10^{-6}$
Светодиод	$0,01 \cdot 10^{-6}$
Оптопара	$18 \cdot 10^{-6}$
Тиристор	$0,242 \cdot 10^{-6}$
Плата	$0,2 \cdot 10^{-6}$
Пайка	$0,04 \cdot 10^{-6}$

1. Расчёт интенсивности отказов ЭС:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma j} \cdot n_j = \left( \lambda_{0j} \prod_i K_i \right) n_j$$

где  $\lambda_i$  – значение интенсивности отказа  $i$ -го элемента с учетом режима и условий работы;

$\lambda_{0i}$  – справочное значение интенсивности отказа  $i$ -го элемента;

$\alpha_j$  – поправочный коэффициент, учитывающий  $j$ -ый фактор;

$m$  – общее число учитываемых эксплуатационных факторов.

$$\lambda = \lambda_{\Sigma a} + \lambda_{\Sigma b} * 3 + \lambda_{\Sigma в} * 2 + \lambda_{\Sigma г} * 21 + \lambda_{\Sigma д} * 18 + \lambda_{\Sigma е} + \lambda_{\Sigma ж} + \lambda_{\Sigma з} * 9 + \lambda_{\Sigma и} * 3 + \lambda_{\Sigma к} * 2 = 2,002 + 0,05 * 3 + 0,154 * 2 + 1,298 * 21 + 0,0132 * 18 + 0,043 + 0,286 + 0,01 * 9 + 18 * 3 + 0,242 * 2 = 84,86 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

2. Расчёт наработки на отказ:

$$T_o = 1/\lambda,$$

$$T_o = 1/84,86 \cdot 10^{-6} = 11,784 \text{ кч}$$

3. Расчёт вероятности безотказной работы:

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t},$$

$$P(t) = e^{-84,86 \cdot 10^{-6} \cdot 1,485} = 0,98$$

# Анализ технологичности конструкции электронного модуля устройства

Показатели технологичности	Значение $K_i$	Коэффициент влияния, $\phi_i$
Коэффициент автоматизации пайки ЭРЭ	$K_{АП.} = 0,986$	1,0
Коэффициент автоматизации установки ЭРЭ	$K_{АУ} = 0,986$	1,0
Коэффициент снижения трудоёмкости сборки и монтажа	$K_{ТСБ} = 0,56$	0,8
Коэффициент автоматизации операций контроля и настройки	$K_{АКН.} = 1$	0,5
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{пов.ЭРЭ} = 0,781$	0,3
Коэффициент применения типовых техпроцессов	$K_{т.п.} = 1$	0,2
Коэффициент сокращения применения деталей	$K_{СПД} = 1$	0,1

Комплексный показатель технологичности определяется по формуле:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \phi_i}{\sum_{i=1}^7 \phi_i} = 0,82.$$

Базовое значение комплексного показателя:

$$K_B = \frac{K_C N_{CM} + 0,8 N_{ПМ}}{N_{CM} + N_{ПМ}} = 0,72$$

Уровень технологичности вычисляется по формуле:

$$K_{УТ} = \frac{K}{K_B} = \frac{0,82}{0,72} = 1,14$$

# Технико-экономическое обоснование

Сырье и материалы за вычетом отходов	11,98
Комплектующие	46,23
Заработная плата работников за одно устройство	9,84
Полная себестоимость	94,64
Отпускная цена	137,24

# Технико-экономическое обоснование

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 продукции составит **1 650 973,6 р.**
- 2. Все инвестиции окупаются на **второй год**.
- 3. Рентабельность инвестиций составляет **119,24 %**. Таким образом, производство нового вида изделия является эффективным и инвестиции в его производство целесообразны.
- Себестоимость устройства **94,64 р.**
- Отпускная цена устройства **137,24 р.**
- Плановая прибыль с реализации одного устройства **42,6 р.**

# Техника безопасности

- Ток, проходящий через тело человека при контакте без изоляции:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 5 \text{ мА}$$

Сопротивление корпуса

$$R = \rho \frac{l}{S} = 5 \cdot 10^{13} \text{ Ом/м} \frac{0,015 \text{ м}}{0,15 \text{ м} \cdot 0,05 \text{ м}} = 1,86 \cdot 10^{14} \text{ Ом}$$

Ток, проходящий через тело человека

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5 \text{ В}}{1,86 \cdot 10^{14} \text{ Ом}} = 0,026 \text{ нА}$$

# Выводы:

- Спроектированы: печатная плата, сборочный чертеж печатной платы, сборочный чертеж устройства и чертежи деталей
- Разработана структурная схема устройства, алгоритм работы устройства
- Проведены расчёты конструктивных параметров устройства
- Устройство спроектировано с учетом воздействия дестабилизирующих факторов, предусмотрены конструкторские решения для снижения воздействия
- Устройство имеет возможность подключения 7 датчиков.
- Устройство имеет возможность оповещения по мобильному телефону.
- Разработан технологический процесс сборки устройства. Процесс состоит из **11** операций. Комплексный показатель технологичности – **0,82**, уровень технологичности **1,14**. Конструкция изделия в достаточной мере технологична.
- В результате технико-экономического обоснования инвестиций по производству нового изделия чистый дисконтированный доход за четыре года производства продукции составляет **1 650 973,6р.** Все инвестиции окупаются на **второй год**. Рентабельность инвестиций составляет **119,24 %**.

Спасибо за внимание!