

Московский государственный институт радиотехники, электроники и  
автоматики  
(МГТУ МИРЭА)  
Кафедра «КПРЭС»

Выпускная квалификационная работа:  
Приёмопередатчик 2,4ГГц для  
экстремальных условий эксплуатации

Разработал: Скупов А.А.  
группа: ВКБ-1-10

Москва 2014

- Разрабатываемый приёмопередатчик построен на основе микросхемы CC2520 стандарта 802.15.4 представленный компанией Texas Instruments. Он предназначен для сложных условий эксплуатации и работает в расширенном температурном диапазоне.
- Область применения и назначение у разрабатываемого приёмопередатчика разнообразно. Он может применяться в промышленном мониторинге и управлении, домашней автоматизации и автоматизации зданий, сетях маломощных беспроводных датчиков, телевизионных приставках и дистанционных управлениях.

## Сравнительная характеристика трансиверов 2,4ГГц

	CC 2520 Texas Instruments	CYWUSB6935 Cypress perform	AT86RF23 Atmel
Температурный диапазон, °C	-40...+125	-40...+85	-40...+85
Расстояние, м	400	50	10
Напряжение питания, В	1,8...3,8	2,7...3,6	1,8...3,6
Чувствительность приемника, дБм	-98	-95	-101
Скорость передачи данных, кбит/сек	250	62,5	250

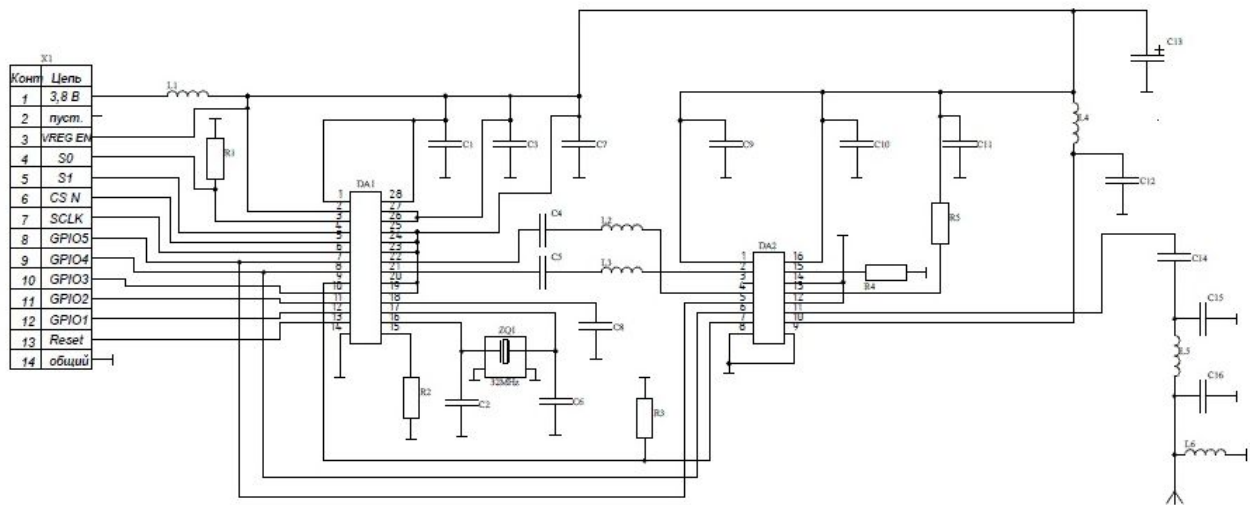


## Технические требования:

- температура окружающей среды от  $-40$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ;
- механические воздействия: группа В5 по ГОСТ 16019-2001;
- группа условий транспортирования и хранения ОЖ1;
- вероятность безотказной работы за время наработки на отказ 10000 часов равна 0,98;
- габариты не более  $60 \times 60 \times 40$  мм;
- масса не более 0,5 кг;
- удобство ремонта и эксплуатации;
- возможность использования унифицированных и стандартных деталей с коэффициентом стандартизации не менее 0,5;
- приёмопередатчик должен соответствовать основным параметрам художественной эстетики и эргономики;
- тип производства серийное 500шт/год.

# Схема электрическая принципиальная

МРАГ.4644.10.001 ЭЗ

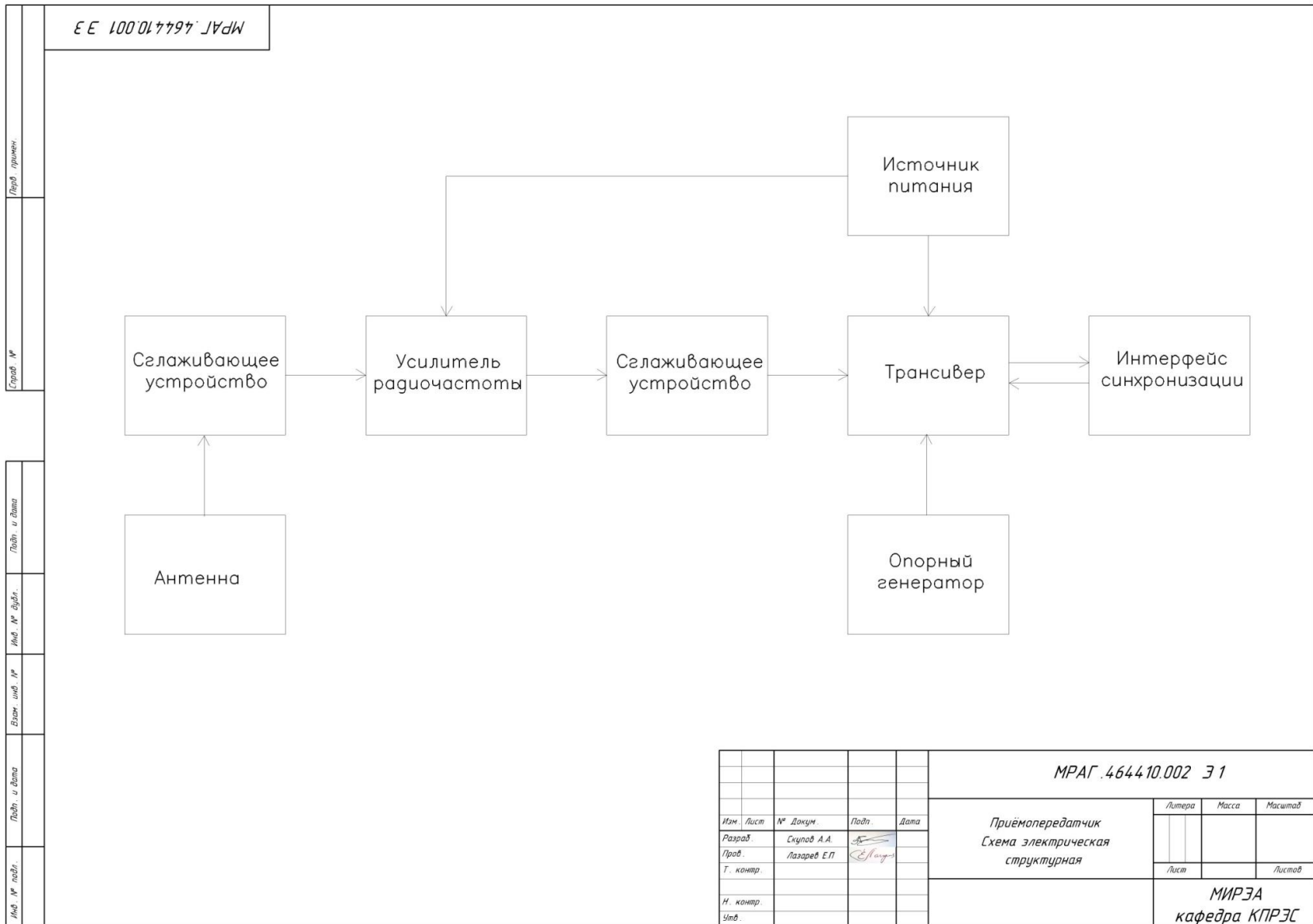


Конкт	Цель
1	3,8 В
2	пуст.
3	VREG EN
4	S0
5	S1
6	CS N
7	SCLK
8	GPIO5
9	GPIO4
10	GPIO3
11	GPIO2
12	GPIO1
13	Reset
14	общий

Перв. эскиз  
Справ. №  
Подп. и дата  
Изм. № 01/01  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Изм. № 01/01

				МРАГ.4644.10.001 ЭЗ		
Изм.	Лист	№ Взам.	Подп.	Дата	Приёмопередатчик	
Разраб.	Скулов А.А.				Лит.	Масса
Проб.	Лазарев Е.П.					Масштаб
Т.контр.					Схема электрическая принципиальная	
И.контр.					Лист 1	Листов 1
И.м.					МИРЭА	

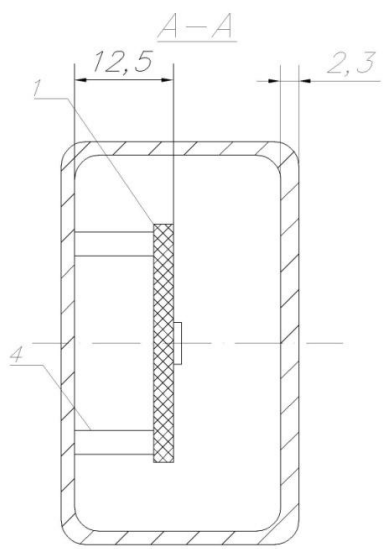
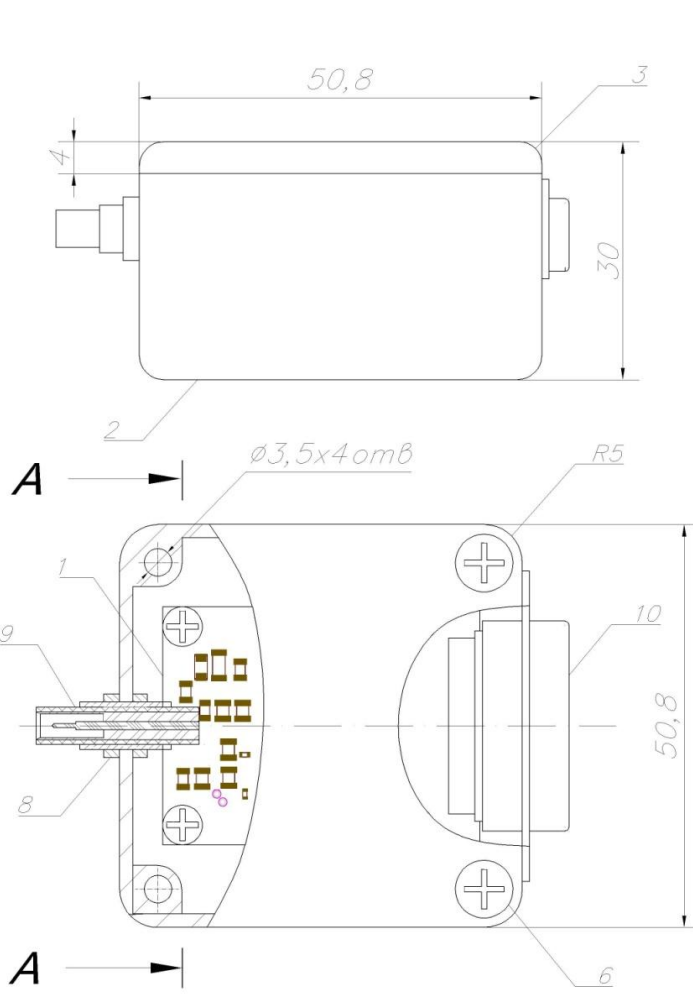
# Схема электрическая структурная



# Сборочный чертёж

МРАГ.468123.003 СБ

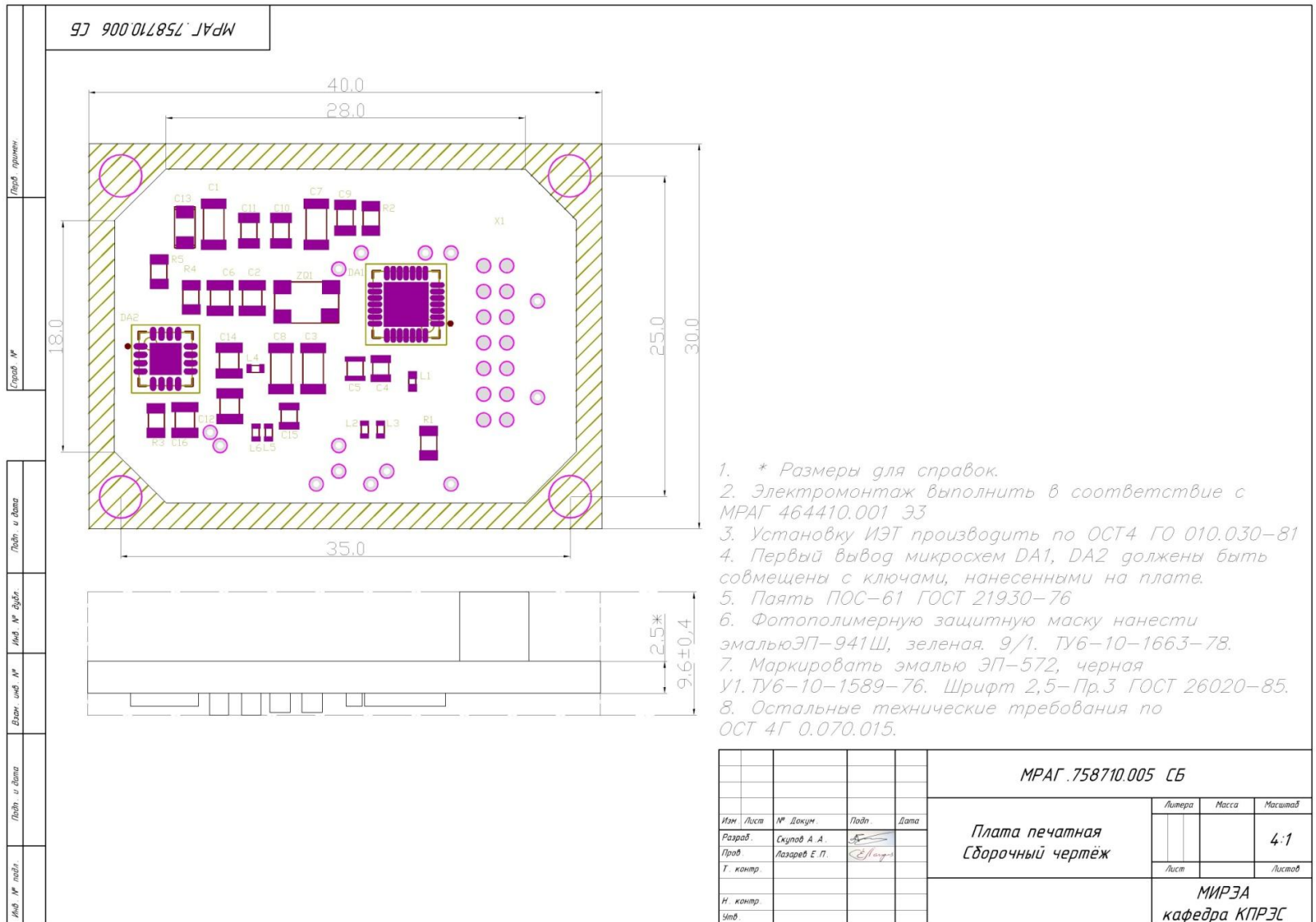
Лист 1 из 1  
 Вид № 001  
 Дата 01.01.2010  
 Измен. № 1  
 Вид № 001  
 Дата 01.01.2010  
 Лист 1 из 1



1. \* Размеры для справок.
2. Поверхность 3 зачистить до металлического блеска.
3. Шпатлевка ЭП-0010 ГОСТ 28379-89.
4. Электромонтаж проводить по электрической принципиальной схеме МРАГ.464410.002 Э1
5. Общие технические требования по ОСТ 4Г 0.070.015.
6. Пять ПОС61 ГОСТ 21931-76.
7. Клеить заводской номер краской БМ, ТУ029-02-859-78. Шрифт 5 по НО.010.007.

МРАГ.468123.003 СБ					
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	Приёмопредатчик
					Литера
					Масса
					Масштаб
					2:1
					Лист
					Листов
					МИРЭА
					кафедра КПРЭС

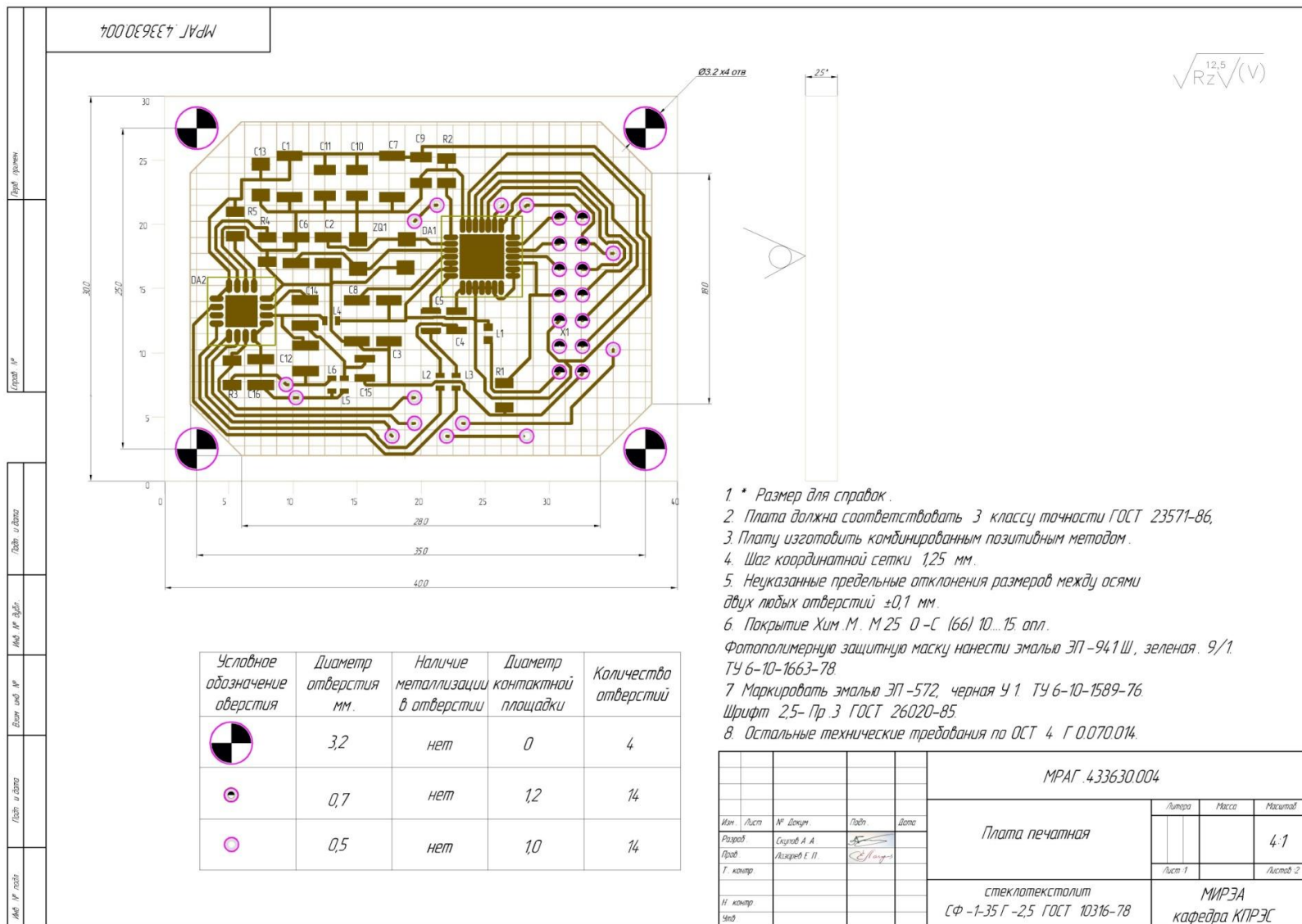
# Сборочный чертёж платы



- \* Размеры для справок.
- Электромонтаж выполнить в соответствии с МРАГ 464410.001 ЭЗ
- Установку ИЭТ производить по ОСТ4 ГО 010.030-81
- Первый вывод микросхем DA1, DA2 должны быть совмещены с ключами, нанесенными на плате.
- Паять ПОС-61 ГОСТ 21930-76
- Фотополимерную защитную маску нанести эмалью ЭП-941Ш, зеленая. 9/1. ТУ6-10-1663-78.
- Маркировать эмалью ЭП-572, черная У1. ТУ6-10-1589-76. Шрифт 2,5-Пр.3 ГОСТ 26020-85.
- Остальные технические требования по ОСТ 4Г 0.070.015.

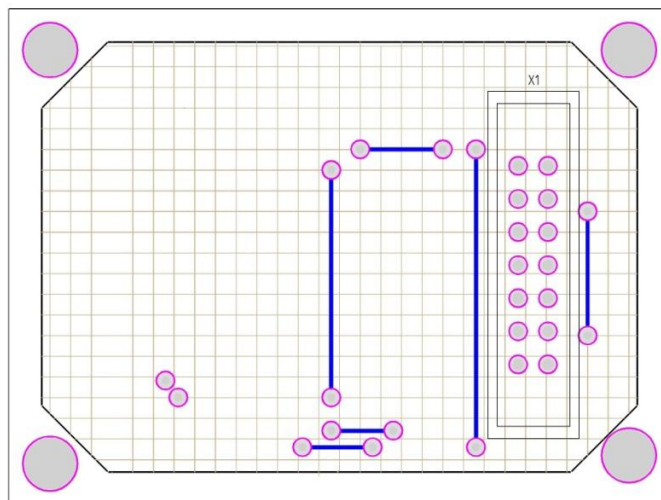


# Топология печатной платы



МРАГ.433630.004

$\sqrt{Rz}^{12,5} \sqrt{(V)}$



МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №
МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №
МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №
МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №
МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №
МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №
МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №	МРАГ №

		Сквозь А.А.		
		Получено Е.П.		
МРАГ	МРАГ	№ документа	Изд.	Итого

МРАГ.433630.004

# Конструкторская часть

**В конструкторской части была произведена конструктивная проработка изделия, выбран принцип конструирования и метод компоновки. Выбраны материалы и покрытия. А так же произведён ряд конструкторских расчётов:**

**- расчёт теплового режима;**

**- расчёт компоновочных параметров:**

- коэффициент заполнения по площади – 0,8**

- коэффициент заполнения по объёму – 0,5;**

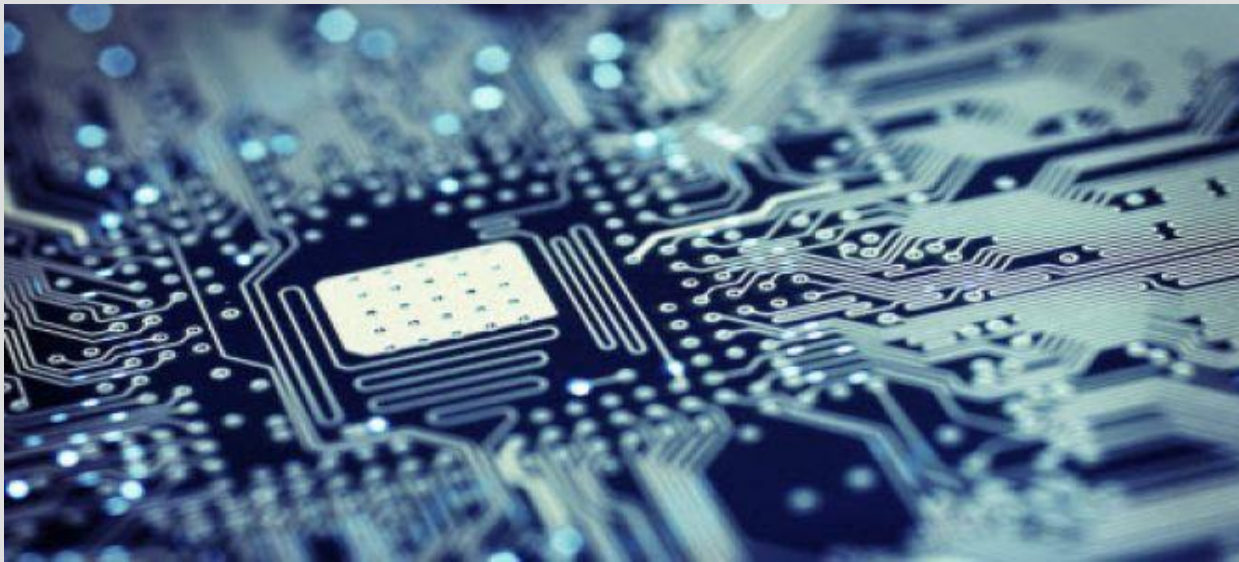
**- расчёт надёжности:**

- средняя наработка на отказ составила 139606,3 часов**

- вероятность безотказной работы за время 1000 часов равна 0,993**

# Технологическая часть

- Разработана схема сборки;
- Произведена оценка технологичности  $K = 1,81$ ;
- Выбрана технологическое оборудование и оснастка;
- Разработана маршрутная карта;
- Рассчитан такт выпуска изделия  $\tau = 250,4$  мин/шт.



# Схема сборки

Ступени		Схема сборки	Коэффициент кратности
схема	сборки		
VI	5	Приемопередатчик	$m_5 = 1$ $m_4 = 1$ $m_3 = 0$ $m_2 = 0$ $m_1 = 0$ $m_0^a = 1$ $m_0^e = 0$
V	4	Корпус в сборе	$m_4 = 1$ $m_3 = 1$ $m_2 = 0$ $m_1 = 0$ $m_0^a = 0$ $m_0^e = 3$
IV	3	Корпус	$m_3 = 1$ $m_2 = 1$ $m_1 = 1$ $m_0^a = 0$ $m_0^e = 0$
III	2	Печатная плата в сборе	$m_2 = 1$ $m_1 = 1$ $m_0^a = 0$ $m_0^e = 1$
II	1	Корпус, Печатная плата	$m_1 = 2$ $m_0^a = 6$ $m_0^e = 29$
I	0	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; gap: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">9   Резьба   1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10   Резьба   1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">11   Резьба   1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2   Корпус   1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4   Втулка   4</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Конденсаторы   16</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Резисторы   5</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Микросхема   2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Индуктивности   5</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Резонатор   1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1   Плата   1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Резьба   1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3   Крышка   1</div> </div>	$m_0^a = 7$ $m_0^e = 33$ $\sum m_b = 40$ $K_{сб} = \sqrt[40]{\frac{m_0^e}{m_0^a}}$ $K_{сб} = 0.825$

# Организационно-экономическая часть

Был проведен анализ разрабатываемого устройства по основным разделам бизнес-плана. Составлен организационный план проведения работ. Выполнен расчёт затрат на проведение разработки.

- Себестоимость – 1109506 руб.
- Договорная цена – 1642068,67 руб.
- Прибыль – 332851,67 руб.



## Заключение:

Все расчеты показали, что данное устройство полностью соответствует техническому заданию.

