

# **Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств**

## ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 2  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

*Часть 2*

Воронеж 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

**Основы конструирования  
и технологии производства  
радиоэлектронных средств**

***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 2  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

*Часть 2*

Воронеж 2022

УДК 721:53(073)  
ББК 38.113я7-5

*Составитель Ю. В. Худяков*

**Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств:** методические указания к выполнению лабораторной работы № 2 для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Ю. В. Худяков. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022.– 42 с.

В методических указаниях рассматриваются вопросы выбора элементов при проектировании устройства и представление выбранных элементов в перечне элементов к электрической схеме. Тематика лабораторной работы соответствует рабочей программе дисциплины «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств».

Предназначены для студентов 3 курса специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ОКТПРЭС\_УМД\_ЛР2Ч2pdf

Ил. 42. Табл. 6. Библиогр.: 9 назв.

**УДК 721:53(073)  
ББК 38.113я7-5**

**Рецензент** – А. В. Останков, д-р техн. наук, профессор  
кафедры радиотехники ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Данные методические указания к выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с программой курса «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств» для специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

В указаниях рассматриваются основные этапы выбора элементной базы устройства и представления элементов в перечне к электрическим схемам.

### **1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ**

Целью лабораторной работы является:

- Выбор типа элемента;
- Представление выбранного компонента в перечне элементов к электрическим схемам.

### **2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Содержанием практической части работы является анализ работы каждого элемента или их однотипных групп в предложенной в лабораторной работе №1 электрической схеме. На основании этого анализа проводится определение и обоснование значений недостающих параметров элементов. Приводится описание логических шагов при обосновании выбора элементов. Представление габаритных и присоединительных размеров выбранных элементов вместе с рекомендованными или рассчитанными размерами контактных площадок.

### **3. ВЫБОР ОКСИДНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ**

Единственными конденсаторами, у которых кроме номинальных значений их емкости, конкретизирован тип диэлектрика – это конденсаторы С10, С11, С16 и С17. Все эти конденсаторы с оксидным диэлектриком.

Оксидные (старое название электролитические) конденсаторы представляют собой особый вид электроэлементов, в которых в качестве диэлектрика используется тонкий слой оксида вентильного металла ( $Ta_2O_5$ ,  $Al_2O_3$  и  $Nb_2O_5$ ), образованного электролитическим путем при подаче напряжения на конденсатор. Толщина слоя оксида зависит от величины напряжения (при небольшом напряжении толщина этого слоя составляет доли микрона). Сочетание малой толщины оксида (около 1,5 нм на 1В приложенного напряжения), большой активной площади обкладок с относительно большой диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 10...100$  позволяет производить конденсаторы с номинальной емкостью, достигающей сотен тысяч мкФ. При этом удельные характеристики у этой группы – самые большие.

Алюминиевые электролитические конденсаторы самые дешевые в изготовлении, их конструкция постоянно совершенствуется, но у танталовых конденсаторов:

- более высокие значения диэлектрической проницаемости оксида (около 27, что примерно в 3 раза больше, чем у алюминиевых), что уменьшает габариты электроэлемента;
- значение удельной емкости в 18 раз больше, чем у алюминиевых аналогов;
- больше надежность;
- лучшие электроизоляционные свойства окисной пленки;
- большая стойкость к агрессивным средам;
- меньше токи утечки, а недостатком является дороговизна, поэтому танталовые конденсаторы применяются только при небольших  $U_{ном}$ , а за счет низкой собственной индуктивности по сравнению с алюминиевыми, они используются в стабилизаторах напряжения, полосовых фильтров и логических схем.

Ниобиевые электролитические конденсаторы по своим характеристикам близки к танталовым, но стоимость их меньше.

Оксидно-полупроводниковые конденсаторы – это электролитические конденсаторы, в которых "традиционный" электролит заменен на твердый электронный полупроводниковый материал (чаще всего  $MnO_2$ ). Замена электролита твердым полупроводником приводит к тому, что:

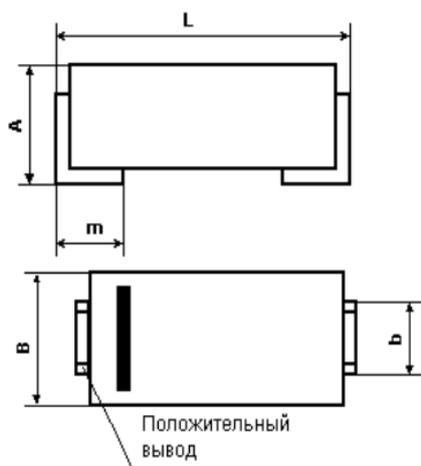
- уменьшается сопротивление "электролитического" слоя, которое не зависит от температуры и частоты;
- улучшаются частотные характеристики (рабочая частота увеличивается до десятков кГц);
- уменьшаются потери и растут значения рабочих напряжений;
- в области низких температур потери слабо зависят от температуры;
- улучшается термостабильность и термостойкость;
- униполярный эффект проявляется слабее;
- "электролиту" не свойственно высыхание.

В технологии поверхностного монтажа используются в основном два вида оксидных конденсаторов постоянной емкости: танталовые оксидно-полупроводниковые и алюминиевые оксидно-электролитические конденсаторы.

К сожалению среди производителей Юго-Восточной Азии не удалось найти танталовые оксидно-полупроводниковые SMD конденсаторы. Китайских много, но мы их в расчет не берем. Тогда обратимся к отечественным производителям. Представляет собой интерес конденсаторы К53-81 (РАЮС.673546.001ТУ) Новосибирского завода радиодеталей «Оксид», который является практически полным аналогом американских конденсаторов компании Kemet серии T-491.

Изготавливаются К53-81 в климатическом исполнении «В» по ГОСТ 5150, пригодном для автоматизированной сборки аппаратуры (конструктивно-технологическая группа XI, исполнение 3 по ГОСТ 20.39.405).

В информационном листке на конденсатор К53-81 приведена следующая информация, представленная на рисунке 3.1 и таблицах



**Рис. 3.1.** Коды габаритных и установочных размеров для конденсаторов К53-81

Таблица 3.1

Размеры для разных по емкости и напряжению конденсаторов К53-81

Габарит	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ	Размеры, мм			Масса, г, не более
			L	A	B	
В	16	10	3,6±0.2	1.8±0.2	2.8±0.2	0.065
		6.8				
		4.7				
	20	6.8				
		4.7				
		3.3				
	25	3.3				
		2.2				
		1.5				
	32	2.2				
		1.5				
		1				
	40	1				
		0.68				
		0.47				
50	0.47					
	0.33					
	0.22					

В этом информационном листке на конденсатор К53-81 отсутствуют установочные размеры b и m, пример ПУО, а также размеры контактных

площадок на печатной плате. Другой информации найти в интернете не удалось. Пришлось обратиться к первоисточнику – информации по конденсаторам T – 491 фирмы Kemet.

Из таблицы 3.1 известно, что конденсаторы C7 и C8 имеют номинальную емкость 4,7 мкФ, а конденсатор C16 – 10 мкФ. Эти конденсаторы, согласно таблице 3.1, имеют одинаковые код корпуса – В и, соответственно, размеры.

Таблица 3.2

Размеры для разных по емкости и напряжению конденсаторов T – 491 фирмы Kemet

Размеры в дюймах [миллиметрах]							
Код корпуса	EIA размер	L	W	H	P	Tw	Tn (мин)
A	3216-18	0.126±0.008 [3.2±0.20]	0.063±0.008 [1.6±0.20]	0.063±0.008 [1.6±0.20]	0.031±0.012 [0.80±0.30]	0.047±0.004 [1.2±0.10]	0.028 [0.70]
B	3528-21	0.138±0.008 [3.5±0.20]	0.110±0.008 [2.8±0.20]	0.075±0.008 [1.9±0.20]	0.031±0.012 [0.80±0.30]	0.087±0.004 [2.2±0.10]	0.028 [0.70]
C	6032-28	0.236±0.012 [6.0±0.30]	0.126±0.012 [3.2±0.30]	0.098±0.012 [2.5±0.30]	0.051±0.012 [1.3±0.30]	0.087±0.004 [2.2±0.10]	0.039 [1.0]
D	7343-31	0.287±0.012 [7.3±0.30]	0.169±0.012 [4.3±0.30]	0.110±0.012 [2.8±0.30]	0.051±0.012 [1.3±0.30]	0.094±0.004 [2.4±0.10]	0.039 [1.0]
E	7343-43	0.287±0.012 [7.3±0.30]	0.169±0.012 [4.3±0.30]	0.157±0.012 [4.0±0.30]	0.051±0.012 [1.3±0.30]	0.094±0.004 [2.4±0.10]	0.039 [1.0]

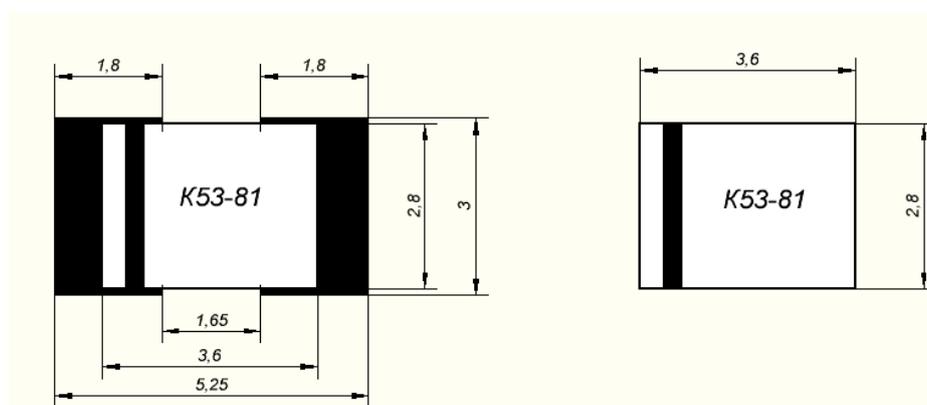
Из сравнения таблиц 3.1 и 3.2 следует, что габаритные размеры новосибирских и американских конденсаторов практически совпадают. Учитывая, что новосибирские производители ссылаются на конденсаторы T – 491 фирмы Kemet как на аналоги, можем с высокой долей вероятности предположить, что недостающие размеры b и m в новосибирских конденсаторах соответствуют размерам Tw и P для американских. А самое главное, что в таблице приведены размеры контактных площадок.

Таблица 3.3

Размеры контактных площадок для монтажа разных по емкости и напряжению конденсаторов Т-491 фирмы Kemet и К53-81

Размеры монтажных площадок в дюймах [миллиметрах]				
Код корпуса	A (мин.)	B (ном.)	C (ном.)	D (ном.)
Твердотельные чип конденсаторы, все виды				
A	0.071 [1.80]	0.067 [1.70]	0.053 [1.35]	0.187 [4.75]
B	0.118 [3.00]	0.071 [1.80]	0.065 [1.65]	0.207 [5.25]
C	0.118 [3.00]	0.094 [2.40]	0.118 [3.00]	0.307 [7.80]
D	0.157 [4.00]	0.98 [2.50]	0.150 [3.80]	0.346 [8.80]
E	0.157 [4.00]	0.98 [2.50]	0.150 [3.80]	0.346 [8.80]
V	0.157 [4.00]	0.98 [2.50]	0.150 [3.80]	0.346 [8.80]
W	0.185 [4.70]	0.98 [2.50]	0.150 [3.80]	0.346 [8.80]

На рисунке 3.2 представлены длина и ширина конденсатора К53-81 для кода корпуса В, а также размеры контактных площадок на печатной плате для этого кода корпуса.



**Рис. 3.2.** Длина и ширина конденсатора К53-81 для кода корпуса В, а также размеры контактных площадок на печатной плате для этого кода корпуса с установленным на них конденсатором

Из рисунка 3.2 следует, что установочный размер ( $D_{C7,8,16} \times A_{C7,8,16}$ ) под этот конденсатор равен  $5,25 \times 3$  мм, а его площадь

$$S_{C7,8,16} = D_{C7,8,16} \times A_{C7,8,16} = 5,25 \times 3 \text{ мм} = 15,75 \text{ мм}^2.$$

Пример ПУО: К53-81-16 В-4,7 мкФ  $\pm$  20% РАНС.673546.001ТУ.

Остался у нас еще один оксидный конденсатор С17 с номинальной емкостью 1000 мкФ и на рабочее напряжение 16 В. Танталовые SMD конденсаторы на такую емкость и напряжения не производятся.

Зазор между крышкой корпуса и платой со стороны элементов должен быть минимальным для прохода осей переменных резисторов на лицевую панель с последующем установкой на этой оси ручек. Следовательно со стороны элементов мы не можем устанавливать оксидный конденсатор, который имеет обычно высоту не менее 10 мм. Поэтому установим конденсатор с обратной стороны платы, где уже имеется зазор, в пределах которого находятся корпуса переменных резисторов (рисунок 5.8). Такой монтаж предполагает применения конденсаторов с радиальными выводами.

Среди стран Юго-Восточной Азии, выпускающих дешевые и надежные оксидные конденсаторы, одно из лидирующих мест занимает фирма Jamicon (Тайвань), продукция которой широко представлена на российском рынке. Только радиальных конденсаторов общего применения насчитывает 10 типов, как показано на рисунке 3.3.

РАДИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ			
<p><b>LK</b></p>  <p><b>Малый ток утечки</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -40~+85 Емкость, мкФ 0.1~1000 Напряжение, В 10~63 Срок службы, ч 2000</p>	<p><b>NK</b></p>  <p><b>Неполярные</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -40~+85 Емкость, мкФ 0.47~6800 Напряжение, В 6.3~100 Срок службы, ч 2000</p>	<p><b>SK</b></p>  <p><b>Широкого применения, стандартные параметры</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -40~+85 Емкость, мкФ 0.47~22000 Напряжение, В 6.3~450 Срок службы, ч 2000</p> <p>Аналог JB CAPACITORS ↓</p>	<p><b>SM</b></p>  <p><b>Уменьшенные габариты</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -40~+85 Емкость, мкФ 10~22000 Напряжение, В 6.3~100 Срок службы, ч 1000</p> <p>Аналог JB CAPACITORS ↓</p>
<p><b>TK</b></p>  <p><b>Расширенный температурный диапазон</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -55~+105 Емкость, мкФ 0.1~33000 Напряжение, В 6.3~450 Срок службы, ч 2000</p> <p>Аналог JB CAPACITORS ↓</p>	<p><b>TM</b></p>  <p><b>Повышенная надежность, 105°С</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -40~+105 Емкость, мкФ 0.47~15000 Напряжение, В 6.3~450 Срок службы, ч 2000</p> <p>Аналог JB CAPACITORS ↓</p>	<p><b>JRA</b></p> <p><b>Широкого применения, стандартные параметры, уменьшенные габариты</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -40~+85 Емкость, мкФ 0.1~15000 Напряжение, В 6.3~450 Срок службы, ч 2000</p>	<p><b>JRA</b></p> <p><b>Широкого применения, стандартные параметры, уменьшенные габариты</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -40~+85 Емкость, мкФ 0.1~15000 Напряжение, В 6.3~450 Срок службы, ч 2000</p>
<p><b>JRB(ST)</b></p> <p><b>Расширенный температурный диапазон</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -55~+105 Емкость, мкФ 0.1~22000 Напряжение, В 6.3~450 Срок службы, ч 2000</p>	<p><b>JRB</b></p> <p><b>Повышенная надежность при 105°С</b></p> <p>Темп. диапазон, °С -40~+105 Емкость, мкФ 0.1~22000 Напряжение, В 6.3~450 Срок службы, ч 2000</p>		

Рис. 3.3. Номенклатура радиальных конденсаторов общего применения фирмы Jamicon

Больше всего нам подходит конденсатор с наименьшей высотой. По этому параметру проходят конденсаторы типов SK, SM, TK и JRA с одинаковым произведением диаметра на высоту  $D \times L = 10 \times 16$  мм. Выберем конденсатор типа SK широкого применения и стандартные параметры с минимальной стоимостью. В таблице 3.4 представлены основные

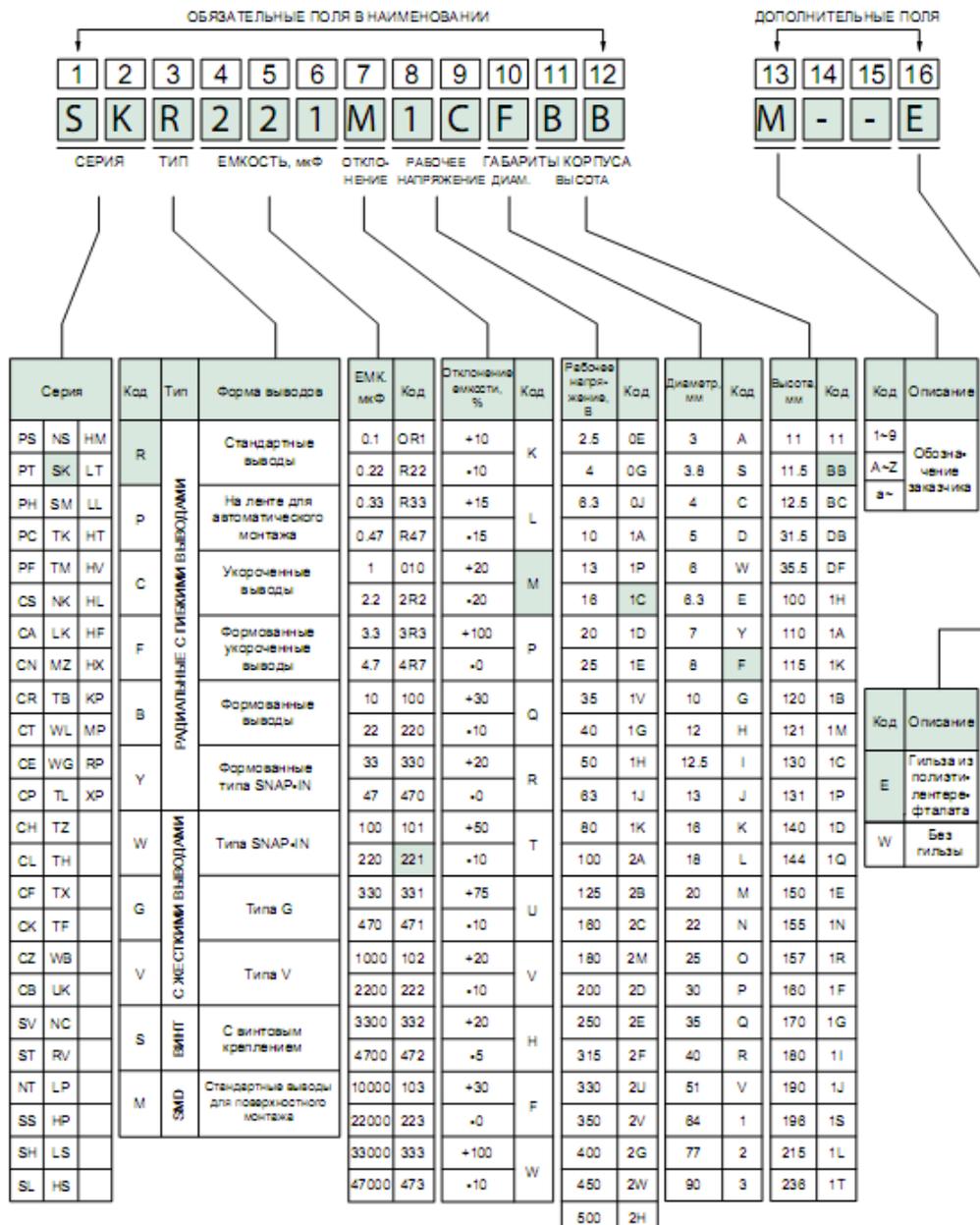
геометрические параметры для разных по напряжению и емкости конденсаторов типа SK.

Таблица 3.4

Основные геометрические параметры для разных по напряжению и емкости конденсаторов

V(Code)		6.3 (0J)		10 (1A)		16 (1c)	
Item		DxL	R.C.	DxL	R.C.	DxL	R.C.
$\mu\text{F}$	Code						
47	470					5x11	130
100	101	5x11	160	5x11	170	6.3x11	210
220	221	5x11	240	5x11	250	6.3x11	310
		6.3x11	270	6.3x11	290	8x11.5	370
330	331	6.3x11	330	6.3x11	350	8x11.5	450
		8x11.5	380	8x11.5	410	10x12.5	470
470	471	6.3x11	390	6.3x11	420	8x11.5	540
		8x11.5	460	8x11.5	490	10x12.5	560
1000	102	8x11.5	670	10x12.5	760	10x16	920
		10x12.5	700	10x16	840	10x20	1010
2200	222	10x16	1110	10x20	1310	12.5x20	1510
		10x20	1220	12.5x20	1390	12.5x25	1660
3300	332	10x20	1440	12.5x20	1630	12.5x25	1930
		12.5x20	1530	12.5x25	1800	16x25	1940
4700	472	12.5x20	1730	12.5x25	2020	16x25	2160
		12.5x25	1910	16x25	2030	16x31.5	2390
6800	682	12.5x25	2160	16x25	2270	16x31.5	2650
		16x25	2170	16x31.5	2510	18x35.5	2980
8200	822	16x25	2280	16x31.5	2630	16x35.5	2910
		16x31.5	2520	18x35.5	2960	18x40	3280
10000	103	16x25	2390	16x35.5	2900	18x35.5	3230
		16x31.5	2640	18x35.5	3090	18x40	3400
15000	153	16x35.5	3050	18x35.5	3360	22x40	4090
		18x35.5	3260	18x40	3540	22x50	4520
22000	223	18x40	3680	22x50	4650	25x50	5120

На рисунке 3.4 показан part number.

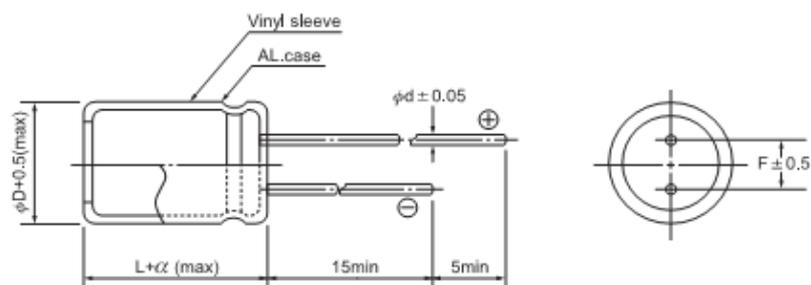


**Рис. 3.4.** Part number (ПУО) для оксидных радиальных конденсаторов фирмы Jamicon

(ПУО) для оксидных радиальных конденсаторов фирмы Jamicon.

Тогда ПУО с расшифровкой нашего конденсатора будет иметь вид SKR102M1CG16 / SKR-16B-1000 мкФ ± 20 % Jamicon.

На рисунке 3.5 представлены габаритные и установочные размеры радиальных конденсаторов общего применения фирмы Jamicon.



**Рис. 3.5.** Габаритные и установочные размеры радиальных конденсаторов общего применения фирмы Jamicon

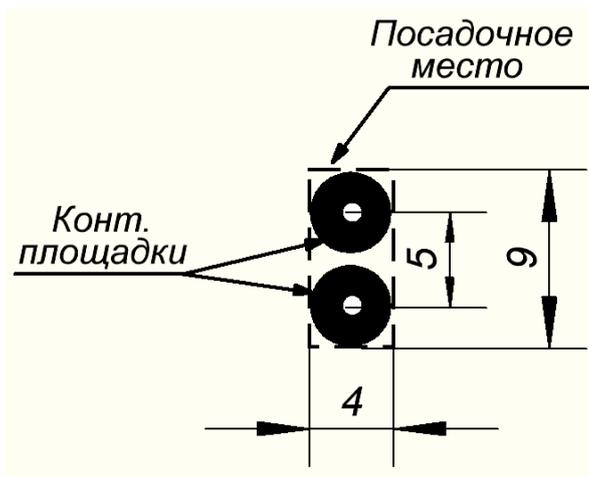
Таблица 3.5

Расшифровка буквенных обозначений, представленных на рисунке 3.4

$\phi D$	5	6.3	8	10	12.5	16	18	22	25
F	2.0	2.5	3.5	5.0	5.0	7.5	7.5	10.0	12.5
d	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0
$\alpha$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0

Выберем форму контактной площадки для выводов конденсатора в виде круга с отверстием диаметром с гарантированным зазором 0,2 мм. Тогда согласно таблице 3.5 получаем диаметр отверстия  $d + 0,2 \text{ мм} = 0,8 \text{ мм}$ . Для обеспечения гарантированного зазора между этими контактными площадками их диаметр должен быть меньше, чем 5 мм, что также следует из рисунка 3.4. Примем диаметр контактной площадки  $d_k$  равный 4 мм.

Со стороны печатных проводников конденсатор занимает площадь, представленную только двумя его контактными площадками, как показано на рисунке 3.6.



**Рис. 3.6.** Размеры посадочного места оксидного конденсатора

Из рисунка 3.6 следует, что установочный размер ( $D_{C17} \times A_{C17}$ ) под этот конденсатор равен  $9 \times 4 \text{ мм}$ , а его площадь

$$S_{17} = D_{C17} \times A_{C17} = 9 \times 4 \text{ мм} = 36 \text{ мм}^2.$$

#### 4. ВЫБОР ПЕРЕМЕННОГО КОНДЕНСАТОРА

Конденсатором переменной емкости (КПЕ) называется такой конденсатор, емкость которого может быть плавно изменена в процессе эксплуатации.

Переменные конденсаторы используются для настройки колебательных контуров, изменения емкостной связи между отдельными участками электрической цепи, балансировки емкостных мостов, компенсации изменения или подгонки реактивного сопротивления цепи. Кроме того, они применяются достаточно широко в измерительной аппаратуре и в разнообразных устройствах электронной техники.

В нашем радиоприемнике КПЕ с позиционным обозначением СЗ используются для настройки колебательного контура гетереодина.

В качестве переменного конденсатора с электрическим способом управления можно использовать барьерную емкость р-п перехода специального полупроводникового диода (варикапа). Однако, использование в гетереодине нашего приемника параметрической стабилизации частоты не позволяет применить нестабильную емкость варикапа.

Поэтому будем использовать более стабильные переменные конденсаторы с механическим способом управления его емкостью.

Среди конденсаторов с механическим управлением его емкостью наибольшее распространение получил способ с изменением площади перекрытия пластин.

В 50-е – 70-е годы практически во всех приемных устройствах использовались КПЕ с изменением площади перекрытия пластин. Обычно они были двух секционными для одновременной перестройки контуров преселектора и гетереодина. Производились они теми же предприятиями, которые изготавливали сами приемники, то есть были изделиями частного применения. Естественно, что их конструктивное устройство было адаптировано под конструкцию самого приемника, в котором его предполагалось использовать. То есть, КПЕ были не унифицированными изделиями, а изделиями частного применения. Если предприятие по какой – либо причине заимствовало КПЕ, то в КД делалась запись, что КПЕ от такого-то приемника или другого устройства с указанием его основных электрических параметров.

Такие КПЕ наряду с силовыми трансформаторами и электродинамическими излучателями являлись наиболее габаритными комплектующими изделиями. Уменьшение размеров конденсаторов переменной емкости за счет уменьшения воздушного зазора может быть произведено лишь до определенного предела. При зазорах от 0,15 до 0,2 мм возникают производственные трудности, а возможное попадание в зазор пыли и влаги понижает электрическую прочность и надежность конденсатора. Кроме

того, необходимость придания пластинам достаточной жесткости заставляет изготавливать их из сравнительно толстого материала, примерно толщиной от 0,3 до 0,5 мм и более, что также увеличивает размеры.

Существенно уменьшить размеры конденсатора можно при использовании твердого диэлектрика с большей, чем у воздуха, диэлектрической проницаемостью. При этом толщина диэлектрика может быть значительно меньше, чем величина воздушного зазора; значительно тоньше могут быть и пластины. Поэтому такие переменные конденсаторы получили большое распространение. Они выполняются с твердым диэлектриком как неорганическим, так, последнее время, и органическим. Такие КПЕ применялись в советских так называемых «карманных» приемниках типа «Селга», «Сокол» и других с размерами приблизительно  $25 \times 25 \times 25$  мм.

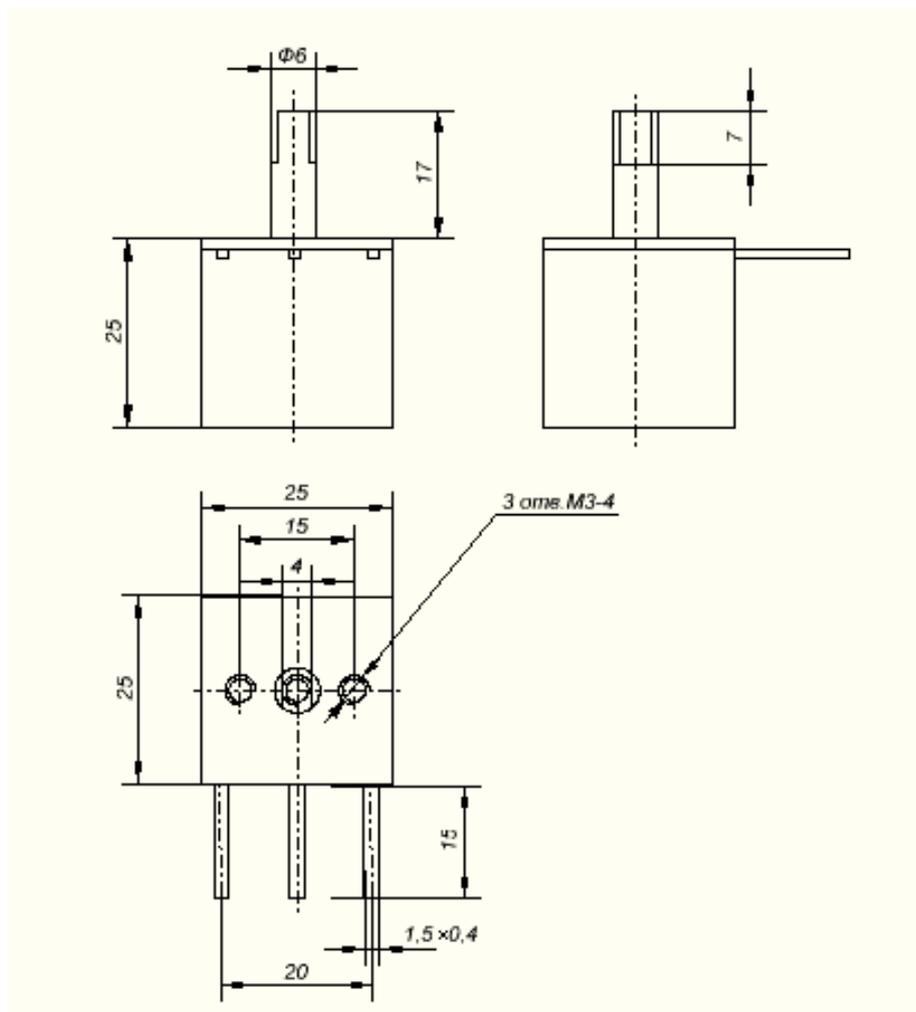
После появления в 80-х годах синтезаторов частоты в качестве переменных конденсаторов стали применяться только варикапы (современные сотовые телефоны). КПЕ остались только в некоторых измерительных приборах. Однако, в последнее время в продаже появились китайские КПЕ, очень похожие на КПЕ от советских «карманных» приемников.

На рисунке 4.1 показана фотография китайского двух секционного конденсатора с твердым органическим диэлектриком типа СВМ-202В2 фирмы Faratronic с диапазоном изменение емкости от 17 пФ до 180 пФ в каждой секции.



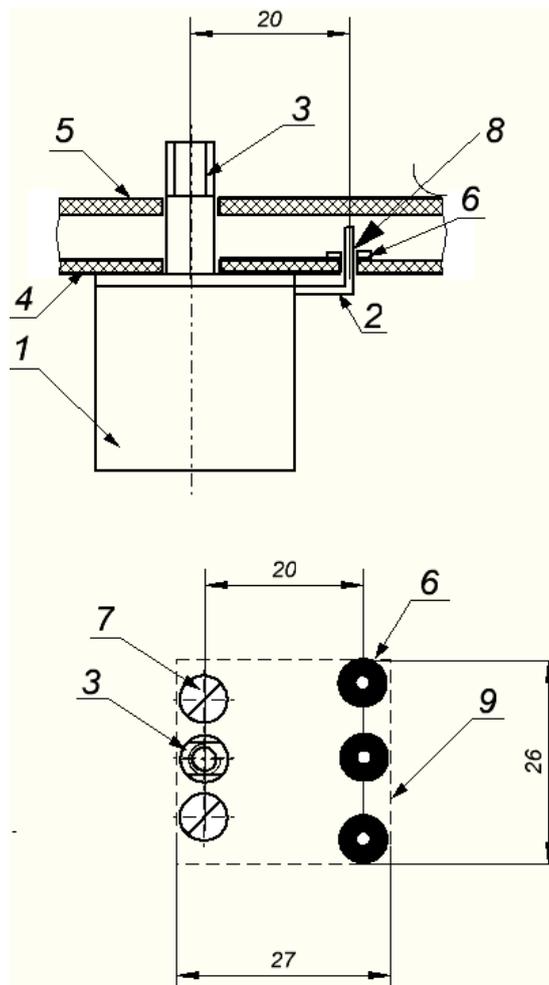
**Рис. 4.1.** Фотография конденсатора СВМ-202В2

На рисунке 4.2 представлены габаритные и установочные размеры конденсатора СВМ-202В2.



**Рис. 4.2.** габаритные и установочные размеры конденсатора SVM-202B2

Монтировать этот конденсатор будем по образцу и подобию как и для переменных резисторов (рисунок 5.7). Фрагмент изделия в месте установки переменного конденсатора представлен на рисунке 4.3.

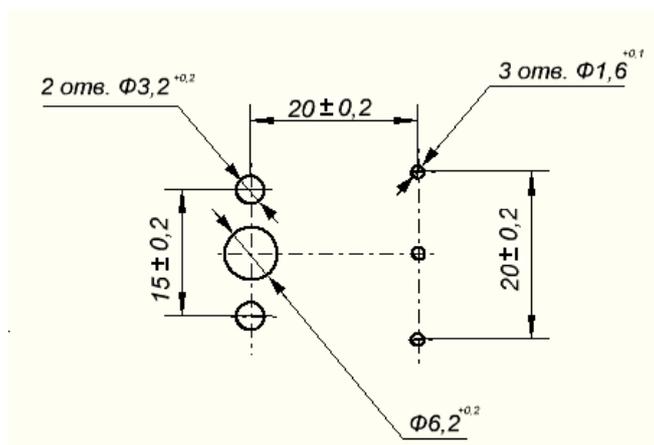


**Рис. 4.3.** Схема фрагмента изделия в месте установки конденсатора: 1 – корпус конденсатора; 2 – формовка выводов с установкой в отверстия в печатной плате; 3 – ось переменного конденсатора под ручку; 4 – плата; 5 – лицевая панель крышки; 6 – контактная площадка; 7 – головка крепежного винта М3; 8 – паяное соединение; 9 – посадочное место со стороны печатных проводников платы

Из этого рисунка следует, что установочный размер для конденсатора СЗ равен  $27 \times 26$  мм, а его площадь  $S_3 = 702 \text{ мм}^2$ .

Пример ПУО: СВМ-202В2 Faratronic.

На рисунке 4.4 показаны размеры отверстий в печатной плате и расстояния между ними под установку переменного конденсатора.



**Рис. 4.4.** Схема отверстий в печатной плате под установку конденсатора

## 5. КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

В соответствии с системой сокращений и полных условных обозначений действующей в настоящее время в нашей стране катушки индуктивности, выпускаемые промышленностью, не имеют стройной системы условных обозначений, т.е. они не стандартизированы и имеют вид только отдельных отраслевых стандартов.

Неполное условное обозначение содержит сочетание букв КИ или Д, что означает катушка индуктивности или дроссель. Для получения полного условного обозначения к неполному обозначению добавляется перечисление некоторых параметров и обозначение документа, на основании которого применено данное точное изделие.

Дроссели обычно содержат в своем составе ферритовый сердечник и применяются в цепях, где присутствуют постоянные токи, иногда достаточно большие. Чтобы сердечник не заходил в насыщение, а обмотка не перегревалась за счет потерь в сердечнике и обмотке, в полном условном обозначении дросселя указывается предельное значение тока в амперах.

Контурные катушки индуктивности обычно работают в маломощных цепях, поэтому ток в их полном условном не указывается, но указывается тип сердечника, на основании которого изготовлена катушка.

В обоих случаях указывается номинальное значение индуктивности. При этом, если не указывается величина допуска на этот параметр, то это означает, что катушка содержит подстроечный сердечник.

Неполное условное обозначение дросселя может содержать не только одну букву Д, но и сочетание букв и цифр:

ДМ – дроссель модернизированный;

ДП – дроссель промышленный;

ДПМ – дроссель промышленный модернизированный;

Д11-МВ – низкочастотный дроссель с порядковым номером разработки 11, модернизированный, всеклиматического исполнения и другие буквенно-цифровые сочетания.

Например:

– дроссель высокочастотный модернизированный с номинальной индуктивностью 125 мкГн, допуском  $\pm 10\%$ , на ток не более 0,1 А, всеклиматического исполнения записывается в конструкторскую документацию (КД) как «Дроссель высокочастотный ДМ - 01- 125  $\pm 10\%$  - В ГИО.477.005 ТУ»;

– дроссель промышленный герметизированный для монтажа на поверхность с максимально допустимым током 60 мА, номинальной индуктивностью 100 мкГн и допуском  $\pm 10\%$  записывается как «ДПГ-2-0,06-100 мкГн  $\pm 10\%$  ЦКСН.671342.001 ТУ»

Контурные катушки общего применения изготавливаются в основном на базе ферритовых сердечников типа Б, сердечников из карбонильного железа типа СБ и без сердечника (воздушные сердечники). Все они содержат в своем составе подстроечный сердечник.

Например:

– катушка индуктивности с номинальной индуктивностью 15 мкГн для монтажа в отверстие на базе сердечника Б-30, конструктивное исполнение 1, с подстройкой со стороны, противоположной выводам катушки, влагозащищенный с четырьмя выводами - «Катушка индуктивности КИ-Б30-1,4- 15,0 ГИО.428.034 ТУ»;

– катушка индуктивности с номинальной индуктивностью 15 мкГн для монтажа в отверстия печатной платы (А) на базе сердечника СБ-12а с подстройкой со стороны, противоположной выводам катушки - «Катушка индуктивности КИ-СБ-12а-А-15,0 Же0.434.049 ТУ»;

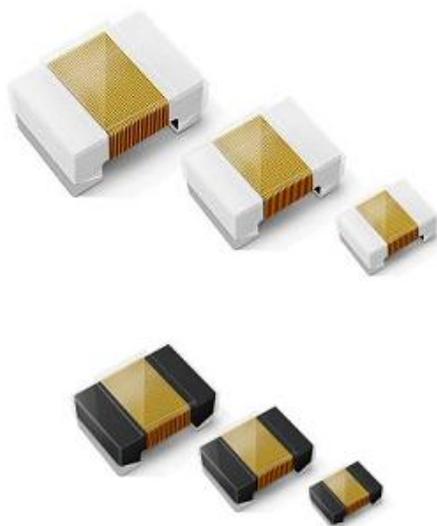
– катушка индуктивности с номинальной индуктивностью 315 мкГн для монтажа в отверстия печатной платы воздушная с подстроечным сердечником, третий вариант размеров - «Катушка индуктивности КИ-ВП-3 - 315 Же0.479.078 ТУ».

Проволочные высокочастотные и сверхвысокочастотные чип-индуктивности, предназначенные для работы в электрических цепях постоянного и переменного токов, изготавливают двух типов:

– катушка индуктивности с керамическим сердечником (КИК1005, КИК1608, КИК2012);

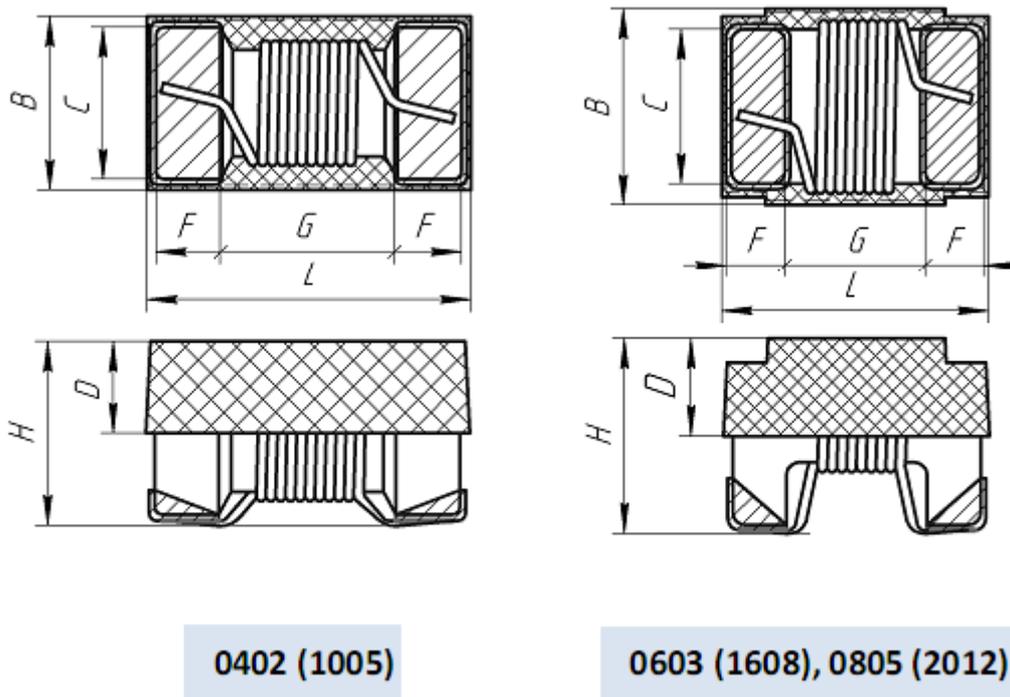
– катушка индуктивности с ферритовым сердечником (КИФ1005, КИФ1608, КИФ2012).

На рисунке 5.1 показан внешний вид высокочастотные и сверхвысокочастотных чип-индуктивностей.



**Рис. 5.1.** Внешний вид высокочастотные и сверхвысокочастотных чип-индуктивностей

На рисунке 5.2 показано устройство высокочастотные и сверхвысокочастотных чип-индуктивностей.



**Рис. 5.2.** Устройство высокочастотные и сверхвысокочастотных чип-индуктивностей

На рисунке 5.3 представлены основные параметры отечественных высокочастотных и сверхвысокочастотных чип-индуктивностей.

Основные характеристики	КИК1005, КИК1608, КИК2012	КИФ1005, КИФ1608, КИФ2012
▪ Номинальная индуктивность (L), нГн	1–10000	15–22000
▪ Допускаемое отклонение индуктивности, ±%	2; 5; 10; 20; 30	5; 10; 20; 30
▪ Добротность (Q)	≥13	≥8
▪ Минимальная резонансная частота, ГГц	0,050–12,90	0,01–3,50
▪ Сопротивление обмотки постоянному току (R), Ом	0,03–17,0	0,05–10,0
▪ Допустимый ток обмотки, мА	40–1360	120–2100
▪ Диапазон рабочих температур	от минус 60 до +140 °С	от минус 60 до +100 °С

**Рис. 5.3.** Основные параметры отечественных высокочастотных и сверхвысокочастотных чип-индуктивностей.

На рисунке 5.4 показана структура ПУО отечественных высокочастотных и сверхвысокочастотных чип-индуктивностей.



**Рис. 5.4.** Структура ПУО отечественных высокочастотных и сверхвысокочастотных чип-индуктивностей

Катушка индуктивности  $L_2$  входит в состав неперестраиваемого преселектора, контур которого настроен на середину 80-ти метрового любительского диапазона. Этот диапазон находится в интервале частот от 3,5 до 3,8 МГц, то есть имеет ширину 0,3 МГц. Эта ширина должна равняться полосе пропускания параллельного колебательного контура  $L_2, C_4$ , а его центральная частота находится из формулы

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 \cdot C_4}} \approx 3,65 \text{ МГц.}$$

Этот контур с одной стороны нагружен через трансформаторную индуктивную связь с антенной, параметры которой имеют неопределенное значение, при помощи катушки индуктивности  $L_1$ . Поэтому и резонансная частота контура  $f_0$  будет изменяться при изменении параметров антенны.

Это изменение будет не так сильно сказываться на чувствительность приемника, если контур относительно широкополосный. Полоса пропускания  $2\Delta f$  преселектора составляет 0,3 МГц.

С другой стороны контур нагружен на входное сопротивление дифференциального каскада, которое достаточно большое и практически не шунтирует этот контур. Добротность конденсатора  $C_4$  существенно выше добротности катушки индуктивности  $L_2$ . Поэтому добротность контура будет определяться добротностью индуктивности  $Q_L$ , которую можно легко определить по формуле

$$Q_L = \frac{f_0}{2\Delta f} = \frac{3,65}{0,3} \approx 12.$$

Изменение температуры  $\Delta T$  будет также влиять на настройку контура преселектора В нашем случае  $\Delta T = 30$  К. С учетом выбранного ранее конденсатора контура  $C_4$  с параметрами  $\alpha_{C_4,T}$  равной  $30 \cdot 10^{-6}$  К для группы ТКЕ NPO и номинальной емкости при неизменной резонансной частоте будем иметь

$$\frac{\Delta C_4}{C_4} = \frac{\Delta L_2}{L_2} = \alpha_{C_4,T} \cdot \Delta T = 30 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \approx 0,1 \text{ \%}.$$

Причем, полученное значение изменение емкости имеет максимальное значение, так как знаки температурных коэффициентов конденсаторов и катушек противоположные.

Тогда максимально возможное изменение резонансной частоты контура преселектора будет также составлять 0,1 %, что практически не сказывается на параметры преселектора. Поэтому в нашем случае температурный фактор учитывать не будем.

В общем случае относительное изменение частоты  $\delta f$  связано с производственными допусками на катушку  $\delta L$  и конденсаторе  $\delta C$  следующим выражением

$$\delta f = -\frac{1}{2}(\delta L + \delta C).$$

Минимальное относительное изменение частоты будет при  $\delta L$  равным нулю. Однако такого быть не может. Примем  $\delta L = \delta C = 5 \text{ \%}$ , тогда  $\delta f$  тоже равно 5 %. В абсолютных значениях это будет  $0,05 f_0$  или около 200 кГц.

При этом коэффициент коэффициент передачи преселектора в первом приближении уменьшается в  $\sqrt{1 + \delta f}$  раз или 2,5 % что практически незаметно для чувствительности и избирательности приемника.

Катушка индуктивности L3 входит в состав колебательного контура гетереодина, который в отличие от контура преселектора является перестраиваемым. Поэтому жестких требований по производственному допуску нет.

Для стабильной работы гетереодина необходимо, чтобы резонансная частота не изменялась при изменении температуры в пределах рабочего интервала от 10 до 40°C.

В общем случае температурный коэффициент изменения частоты  $\alpha_{f,T}$  связано с температурными коэффициентами катушки  $\alpha_{L3,T}$  и конденсатора  $\alpha_{C2,T}$  следующим выражением

$$\alpha_{f,T} = -\frac{1}{2}(\alpha_{C2,T} + \alpha_{L3,T}).$$

Для удовлетворительного приема SSB любительских станции достаточно уход частоты  $\Delta f$  не более 200 Гц в температурном диапазоне  $\Delta T$ , равном 30 К, что соответствует допустимому температурному коэффициенту изменения частоты  $\alpha_{f0,T}$

$$\alpha_{f0,T} = \frac{\Delta f}{f_0 \cdot \Delta T} = \frac{200}{3,65 \cdot 10^6 \cdot 30} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}.$$

Отсюда, с учетом выбранного ранее конденсатора контура C2 с параметрами  $\alpha_{C4,T}$  равной  $30 \cdot 10^{-6} \text{K}$  для группы ТКЕ NP0, температурный коэффициент индуктивности  $\alpha_{L3,T}$  будет равен

$$\alpha_{L3,T} = -2\alpha_{f,T} - \alpha_{C2,T} = -3,6 \cdot 10^{-6} - 30 \cdot 10^{-6} \approx 34 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}.$$

К сожалению в информационных документах на SMD катушки индуктивности не приводятся значения температурных коэффициентов индуктивности. Известно, что катушки без сердечников имеют более высокую стабильность, которую можно оценить как удвоенный температурный коэффициент линейного расширения медной проволоки токопровода катушки  $\alpha_{1,T}$  по формуле

$$\alpha_{L3,T} = 2\alpha_{1,T} = 2 \cdot 16 \cdot 10^{-6} = 32 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}.$$

Таким образом, отрицательный температурный коэффициент конденсатора C2 практически полностью компенсируется положительным температурным коэффициентом индуктивности L3.

С целью уменьшения номенклатуры катушек индуктивности выберем одинаковыми катушки L2 и L3 с параметрами по температурной стабильности, характерными для более стабильной катушки L2 и производственным допуском  $\pm 5\%$ . То есть эти обе SMD катушки имеют конструкцию без сердечника. По этой же причине выбираем конструкцию катушки L1 такую, как L2 и L3.

Катушка L4 входит в состав ФНЧ вместе с конденсаторами C12 и C13. Индуктивность этой катушки достаточно большая, поэтому конструктивно она

реализуется на ферритовом сердечнике. Частота среза этого фильтра определяется выражением

$$f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{L_4 C_{12}}} = 4,6 \text{ кГц}$$

Для прослушивания однополосных телефонных сигналов достаточно иметь полосу пропускания  $f_{\text{сдон}}$  равную 3,2 кГц. Тогда запас по частоте в относительных единицах  $\delta f_c$  получается равным

$$\delta f_c = \frac{f_c - f_{\text{сдон}}}{f_c} = \frac{1,4}{4,6} = 0,3.$$

В свою очередь

$$\delta f_c = -\frac{1}{2}(\delta L_4 + \delta C_{12}),$$

откуда без учета знаков получаем

$$\delta L_4 = 2\delta f_c - \delta C_{12}.$$

Отклонение емкости  $\delta C_{12}$  конденсатор C12 состоит из допуска на производственную погрешность  $\delta C_{\text{пр},12}$  и на температурную нестабильность  $\delta C_{\text{T},12}$

$$\delta C_{12} = \delta C_{\text{пр},12} + \delta C_{\text{T},12}.$$

Согласно таблице 6.3  $\delta C_{\text{пр},12}$  равен 10 %, а из графика на рисунке 6.3 следует, что в температурном интервале от 10 до 40°C  $\delta C_{\text{T},12}$  равна 10 %.

Тогда из условия наихудшего случая имеем  $\delta C_{12}$  равным 20 %. Суммарное температурное и производственное относительное отклонение индуктивности  $\delta L_4$  катушки L4 будет равно

$$\delta L_4 = 2\delta f_c - \delta C_{12} = 0,6 - 0,2 = 0,4.$$

Также как и для конденсатора C12 отклонение индуктивности  $\delta L_4$  катушки L4 состоит из допуска на производственную погрешность  $\delta L_{\text{пр},4}$  и на температурную нестабильность  $\delta L_{\text{T},4}$

$$\delta L_4 = \delta L_{\text{пр},4} + \delta L_{\text{T},4}.$$

Анализ, проведенный в интернете по SMD катушкам различных фирм, показал, что наиболее распространенный производственный допуск на эти катушки составляет  $\pm 20$  %. Примем этот допуск за основу. На температурную стабильность остается также плюс 20 %. Параметры по температурной стабильности в Data Sheet для SMD катушек не приводятся.

Согласно разным источникам информации температурный коэффициент индуктивности  $\alpha_T$  вообще для катушек с ферритовыми сердечниками при большом коэффициенте использования магнитных свойств достигает  $3 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ . Примем значение этого параметра за основу.

С учетом последнего значения рассчитаем  $\delta L_{T,4}$  для температурного диапазона  $\Delta T$  от 10 до 40°C

$$\delta L_{T,4} = \alpha_T \cdot \Delta T = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 30 \approx 0,01 \text{ или } 1 \%$$

Полученное значение практически не сказывается на параметры фильтра. Поэтому в нашем случае температурный фактор учитывать не будем.

Результаты анализа функций, исполняемых катушками индуктивности в схеме приемника, логических рассуждений о влиянии их индуктивности на чувствительность приемника и стабильности частоты, расчетов или рекомендаций по применению, приведенной в различной литературе представим в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Основные электрические параметры катушек индуктивности приемника

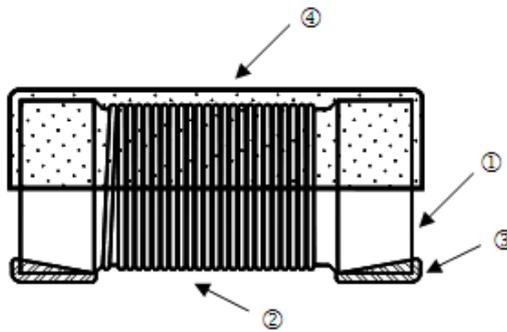
Поз. обозн.	Номин. емкость.	Функция	Частота	Температ. стабильн.	Выбранная температурн. стабильности	Зарубежн. код	Точность	Предполагаемый максимальный допуск	Прим.
L1	2,2 мкГн	связь	ВЧ	средняя	$34 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$	-	средняя	10 %	
L2	8,2 мкГн	контурный	ВЧ	средняя	$34 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$	-	высокая	5 %	
L3	8,2 мкГн	контурный	ВЧ	высокая	$34 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$	-	высокая	5 %	
L4	100 мкГн	фильтр	НЧ	средняя	средняя	-	средняя	20 %	

Поиск в интернете показал, что на территории России существует только один завод по производству чип-индуктивностей – это фирма «Эркон» в г. Горьком. Рискованно делать ставку в плане доступности только на одно отечественное предприятие без преприятий-дублеров. Тем более, что в каталоге этой фирмы отсутствуют номиналы 8,2 мкГн и 100 мкГн.

Минимальную стоимость имеют радиокомпоненты, произведенные в странах Юго-Восточной Азии, таких как КНР, Сингапур, Малазия, Тайвань и другие. Китайские товары очень часто имеют низкое качество. По объему выпуску различных SMD катушек индуктивности при приемлемом отношении цена/качество лидируют фирмы, расположенные на Тайване. В частности, фирма Viking производит широкий ряд SMD катушек индуктивности как на керамическом основании, так и на ферритовом сердечниках.

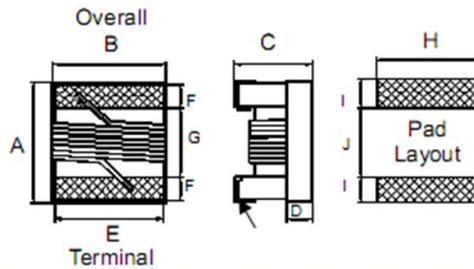


Рис. 5.5. Фотография SMD катушки индуктивности фирмы Viking



① Ceramic Core	③ Electrode (Ag/Pd+Ni+Sn)
② Magnet Wire	④ UV Glue

Рис. 5.6. Конструктивное устройство SMD катушки индуктивности на керамическом основании типа WL фирмы Viking



Type	Size (Inch)	A max.	B max.	C max.	D Ref.	E	F	G	H	I	J	Weight (g) (1000pcs)
WL02	0402	1.27	0.76	0.61	0.15	0.51	0.23	0.56	0.66	0.50	0.46	0.8
WL03	0603	1.80	1.12	1.02	0.38	0.76	0.33	0.86	1.02	0.64	0.64	3.46
WL05	0805	2.29	1.73	1.52	0.51	1.27	0.44	1.02	1.78	1.02	0.76	12.13
WL08	1008	2.92	2.79	2.13	0.65	2.03	0.51	1.52	2.54	1.02	1.27	30.73
WL06	1206	3.45	1.90	1.40	0.50	1.60	0.50	2.20	1.93	1.02	1.78	40

Рис. 5.7. Габаритные и установочные размеры SMD катушки индуктивности разных размеров типа WL фирмы Viking, а также размеры контактных площадок под них

## Part Numbering

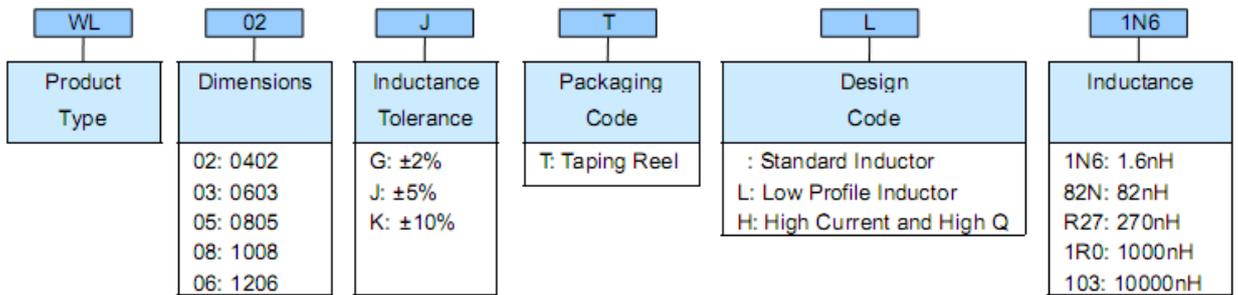


Рис. 5.8. Порядок построения ПУО SMD катушки индуктивности типа WL фирмы Viking

Inductance (nH)	Tolerance	L Freq. (MHz)	Quality Factor min.	SRF (GHz) min.	DCR ( $\Omega$ ) max.	IDC (mA) max.	Color Code
*2200	$\pm 2, \pm 5, \pm 10\%$	7.9	28 @ 50MHz	0.160	2.80	280	Violet
8200	$\pm 2, \pm 5, \pm 10\%$	7.9	15 @ 7.96MHz	0.025	6.00	170	Yellow

Рис. 5.9. Некоторые параметры выбранных нами для приемника SMD катушек индуктивности типа WL с размером 1008

Тогда ПУО с расшифровкой для катушки L1 будет выглядеть следующим образом:

WL08KT2R2 / WL08-2,2 мкГн  $\pm 10\%$  Viking

ПУО с расшифровкой для катушек L2 и L3 будет выглядеть следующим образом:

WL08JT8R2 / WL08-8,2 мкГн  $\pm 5\%$  Viking

## Part Numbering

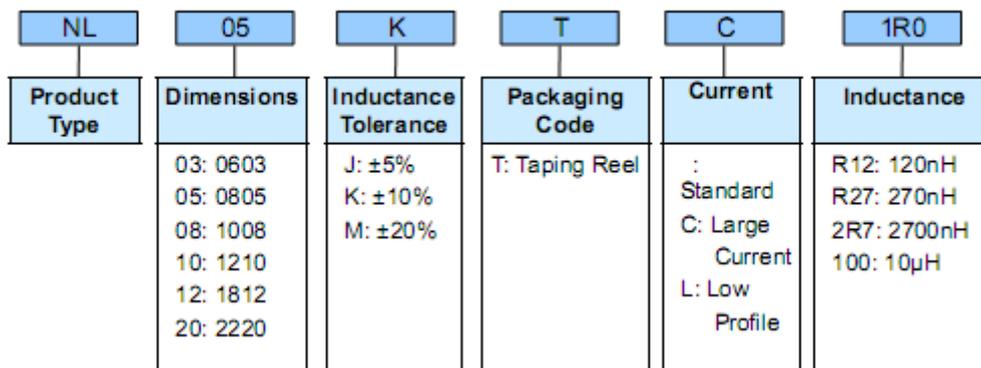


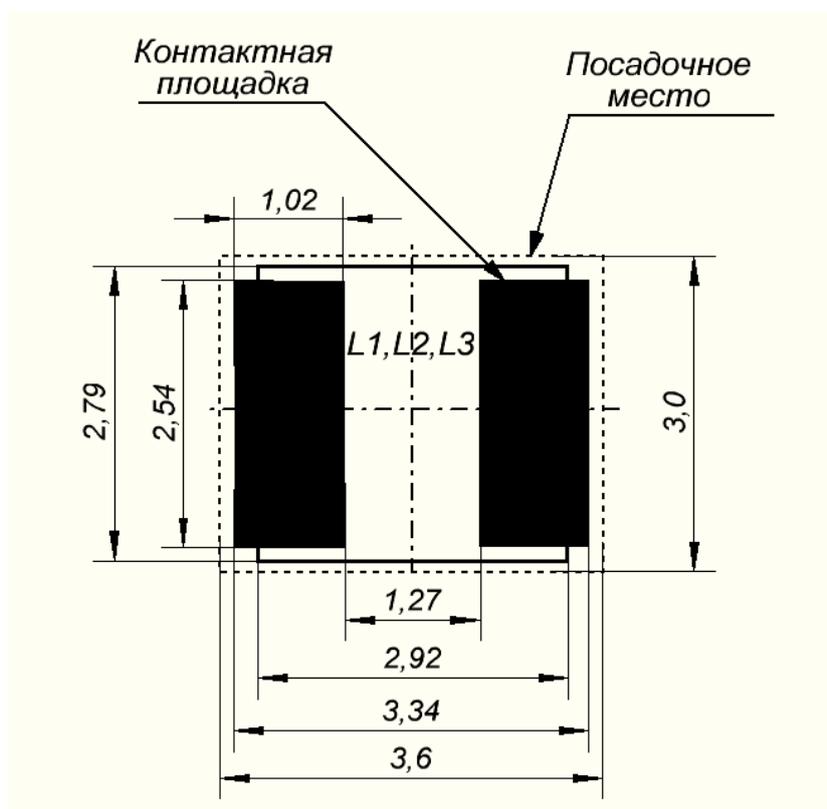
Рис. 5.10. Порядок построения ПУО SMD катушки индуктивности на ферритовом сердечнике типа NL фирмы Viking

Codes	Inductance (µH)	Tolerance	Q typ.	Test Freq. (MHz)	SRF (MHz) min.	DCR (Ω) max.	IDC (mA) max.	Color Code		
								1st	2nd	3rd
101	100	±5, ±10%	13	1	4	13.2	200	Brown	Black	Yellow

**Рис. 5.11.** Некоторые параметры выбранных нами для приемника SMD катушки индуктивности типа NL с размером 1008

Тогда ПУО с расшифровкой для катушки L4 будет выглядеть следующим образом:

NL08MT101 / NL08-0,2-100 мкГн ± 20 % Viking



**Рис. 5.12.** Размеры катушек, контактных площадок и посадочного места для катушек L1, L2, L3 и L4 с размерами 1008

Размеры ( $l_L \times w_L$ ) и площади  $S_L$  посадочного места для всех катушек приемника одинаковы и равны

$$S_L = l_L \times w_L = 3,6 \times 3 \text{ мм} = 10,8 \text{ мм}^2.$$

## 6. ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ПИТАНИЯ

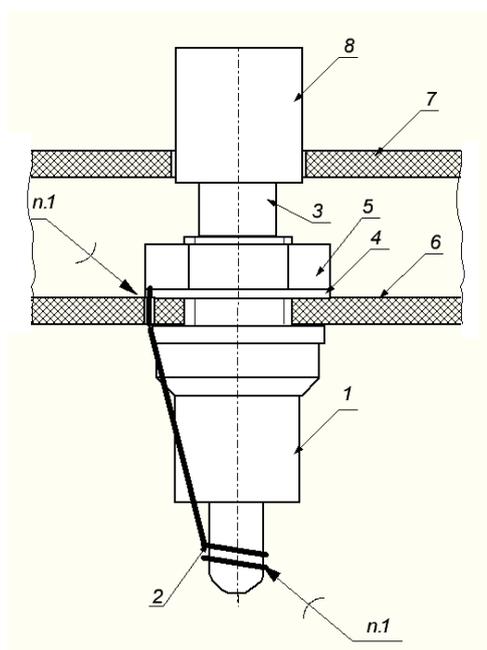
Выключатель питания SB1 служит в приемнике для коммутации цепи источника питания.

Коммутацию можно осуществлять методом подключения и отключения штекера от внешнего источника питания к гнезду XP1 приемника. Однако,

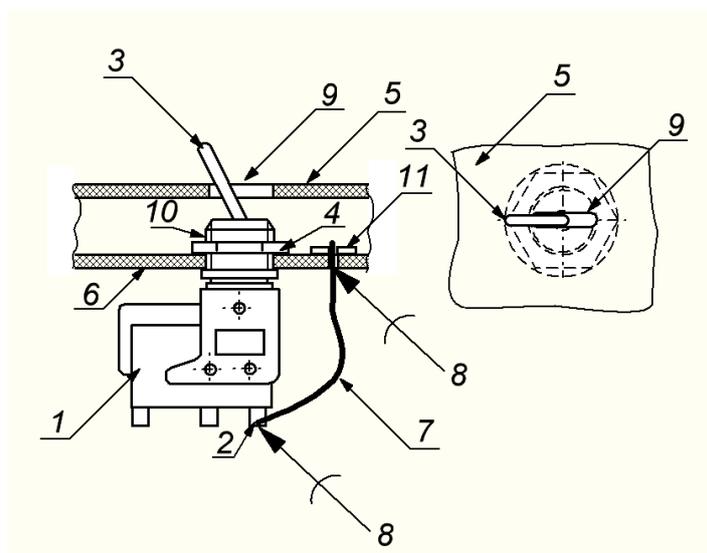
число рабочих циклов при таком способе коммутации существенно меньше, чем при использовании отдельного переключателя.

В качестве выключателя обычно используют перекидные переключатели – тумблеры или нажимные переключатели – кнопки. В обоих вариантах исполнения выключателей к ним прикладывается механическое усилие оператора. Поэтому эти компоненты необходимо механически закреплять на какой-либо несущей конструкции, чтобы на паяное соединение этого элемента к плате не прикладывалась механическая нагрузка.

Выберем вариант механического крепления этих элементов к плате, как мы делали с переменными резисторами и конденсатором (рисунки 5.5, 5.8 и 8.3). Варианты установки кнопочного переключателя и тумблера представлены на рисунках 6.1 и 6.2.



**Рис. 6.1.** Вариант расположения кнопочного переключателя в конструкции изделия с механической фиксацией при помощи резьбового соединения на печатной плате: 1 – корпус кнопки; 2 – выводы; 3 – толкатель; 4 – шайба; 5 – гайка; 6 – плата; 7 – лицевая панель крышки; 8 – ручка толкателя; n.1 – пайка



**Рис. 6.2.** Вариант расположения тумблера в конструкции изделия с механической фиксацией при помощи резьбового соединения на печатной плате: 1 – корпус тумблера; 2 – выводы; 3 – рычаг; 4 – гайка; 5 – лицевая панель крышки; 6 – плата; 7 – соединительный проводник; 8 – место пайки; 9 – щель для перемещения рычага; 10 – резьбовая втулка для крепления тумблера; 11 – контактная площадка

С эргономической точки зрения более предпочтителен вариант с кнопкой, так как у кнопки больше поверхность соприкосновения с рукой оператора и, соответственно, меньше реакция со стороны переключателя на пальцы оператора. В случае с кнопкой оператор работает только подушкой одного пальца.

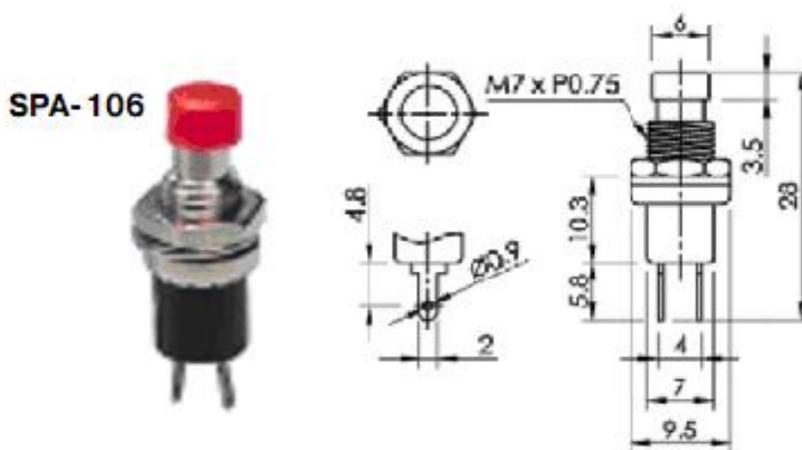
Кнопка позволяет реализовать большие расстояния между платой и крышкой, что делает ее более универсальной. Зазоры между отверстием в крышке и ручкой толкателя можно сделать меньше, чем щель в крышке для перемещения рычага тумблера. Тем самым обеспечивается лучшая защита от пыли и грязи. Преимущество применения тумблера заключается в отсутствии необходимости в установке индикатора состояния питания приемника.

На основании выше приведенных рассуждений остановимся на применении в качестве коммутационного устройства кнопочного переключателя, монтируемого в приемник по варианту, представленном на рисунке 6.1. Кнопочный переключатель естественно должен быть с фиксацией и как можно меньших размеров, особенно со стороны своего корпуса.

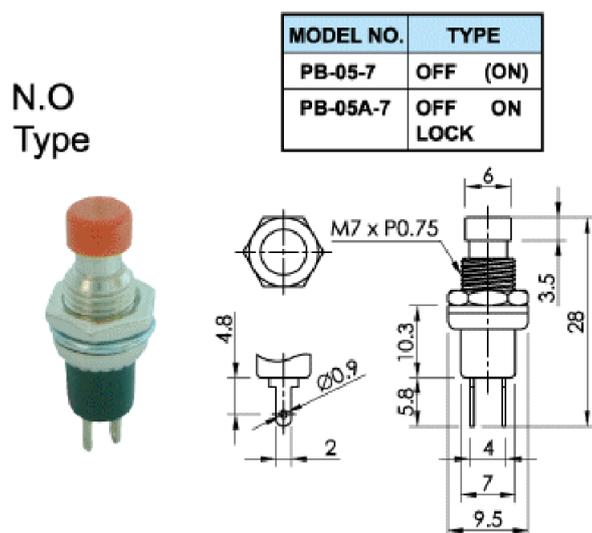
Минимальную стоимость имеют радиокомпоненты, произведенные в странах Юго-Восточной Азии, таких как КНР, Сингапур, Малазия, Тайвань и другие. Китайские товары очень часто имеют низкое качество. По объему выпуска различных коммутационных устройств при приемлемом отношении цена/качество лидируют фирмы, расположенные на Тайване. В частности, фирма Switronic Industrial Corp производит широкий ряд коммутационных устройств: тумблеров, кнопок, галетных, движковых и других переключателей

на любые токи и напряжения. Интересующие нас кнопочные выключатели представлены несколькими сериями: PB, PBS, SPB, TPS, SPST, SPDT разной электрической и конструкторской модификаций.

По конструктивному исполнению и стоимости нам наиболее подходят кнопки SPA-106A1, PB-05A-7KGN1-G и PBS-24-102. Первые два типа кнопок, представленные на рисунках 6.3 и 6.4, являются конструктивными аналогами и рассчитаны на ток до 1 А и напряжения до 250 В. Кнопка PBS-24-102, представленная на рисунке 6.4, рассчитана на большую мощность коммутации, поэтому и размеры ее побольше.

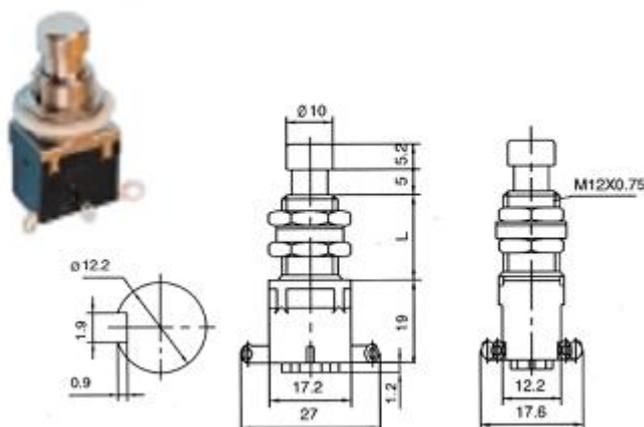


**Рис. 6.3.** Внешний вид, габаритные и установочные размеры кнопки SPA-106A1 фирмы Switronic Industrial Corp (Тайвань)



**Рис. 6.4.** Внешний вид, габаритные и установочные размеры кнопки PB-05A-7 фирмы Switronic Industrial Corp (Тайвань)

PBS-24-102 3pin  
 PBS-24-102 6pin  
 250В, 2А



**Рис. 6.5.** Внешний вид, габаритные и установочные размеры кнопки PBS-24 - 102 фирмы Switronic Industrial Corp (Тайвань)

Самую низкую стоимость имеют кнопки SPA-106A1 в среднем около 50 рублей, поэтому выберем эту серию кнопок. На рисунке 6.6 представлен порядок выполнения ПУО для этой серии.

**Система обозначений:**

**SPA-101 A 1**  
 1 2 3

1. Серия
2. А – с фиксатором, ON-OFF  
 В – без фиксатора, OFF-(ON)
3. Цвет: 1 -красный, 4 - зеленый

**Рис. 6.6.** Порядок представления ПУО для кнопок серии SPA- ( от 101 до 109) фирмы Switronic Industrial Corp (Тайвань)

Тогда ПУО для выбранной кнопки будет иметь вид: Кнопка SPA-106A1 Switronic.

Посадочное место представляет собой круг, диаметром  $D_{SB}$  согласно рисунка 6.3 равным 10 мм и площадью  $S_{SB}$  около 80 мм<sup>2</sup>.

## 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНИТЕЛИ

Электрической схемой предусмотрены три электрических соединителя для подключения антенны, внешнего источника питания и телефонов. В приемнике расположены ответные части этих соединителей:

- коаксиальная ВЧ розетка XW1 для подключения ВЧ вилки от антенны;
- гнездо-вилка XP1 для подключения штекера-розетки от внешнего источника питания;
- гнездо-розетка XS1 для подключения штекера-вилки телефонов.

Согласно с принятым конструктивным устройством все эти соединители крепятся к плате, то есть относятся к виду приборных..

## **7.1. КОАКСИАЛЬНАЯ ВЧ РОЗЕТКА XW1 ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ВЧ ВИЛКИ ОТ АНТЕННЫ**

Среди ВЧ электрических соединителей минимальные цены имеют соединители типа RCA.

RCA jack или композитный (также называемый phono connector, или CINCH/AV connector, а также в просторечии «колокольчик», «тюльпан», AV-разъём) — стандарт электрического соединителя, широко применяемый в аудио- и видеотехнике.

Название RCA произошло от названия Radio Corporation of America, предложившей этот тип разъёма в начале 1940-х годов для подключения фонографов к усилителям.

Большим недостатком таких соединителей является то, что при подключении сначала соединяется контактная пара сигнала (с напряжением), а лишь затем контакты корпусов. Это может вызвать повреждения приборов в момент соединения при наличии разности потенциалов между корпусами, что часто происходило при подключении телевизоров к ТВ-выходу на видеокартах.

Стандартный RCA штекер (на сленге — «папа») выглядит как центральный металлический выдающийся вперёд контактный штырь диаметром 3,2 мм, внешней открытой длиной 9,0 мм, внутренней закрытой длиной 6,0 мм, окружённый металлическим круглым ободком (минимальным внутренним диаметром 8,0 мм. Внешний диаметр ободка зависит только от его толщины и не нормируется.

Гнездо RCA (на сленге — «мама») — обычно приборная часть, на который надевается ободок, имеет внешний диаметр 8,0 мм и глубину 7,50 мм, поэтому обжимающие губки ободка должны иметь немного больший внутренний диаметр.

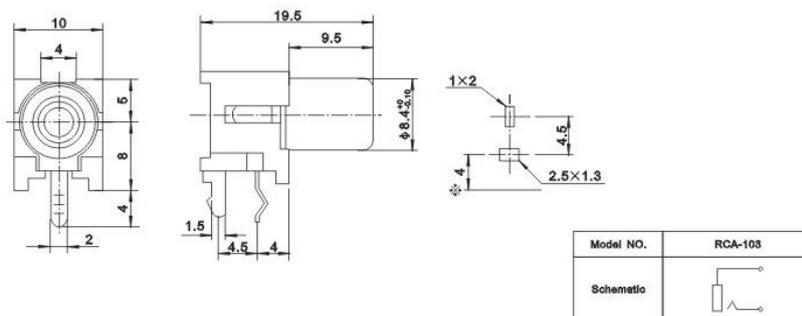
В недорогом исполнении пространство между коннектором/цангой и ободком/корпусом (внутренний изолятор) заполняется простой пластмассой или полиэтиленом, в среднеценовых — текстолитовыми шайбами или аналогичными из прессованного стекловолокна, в дорогих — термостойким тефлоном или керамикой.

Обратимся снова к фирмам Юго-Восточной Азии. Среди фирм этой части света выгодно выделяется фирма «Dragon City Industries ( DCI)» со штаб-квартирой в Гонконге. Эта фирма выпускает более 20 одиночных розеток серии RS-1XX , такое же число конструктивных модификации двойных RS-2XX, тройных RS-3XX и других вариантов только для одной серии.

Первоначальный отбор проводился по цене и числу рабочих циклов среди одиночных розеток. В результате этого отбора выбраны три розетки, фотографии, габаритные и установочные размеры которых представлены на рисунках 7.1 – 7.6.



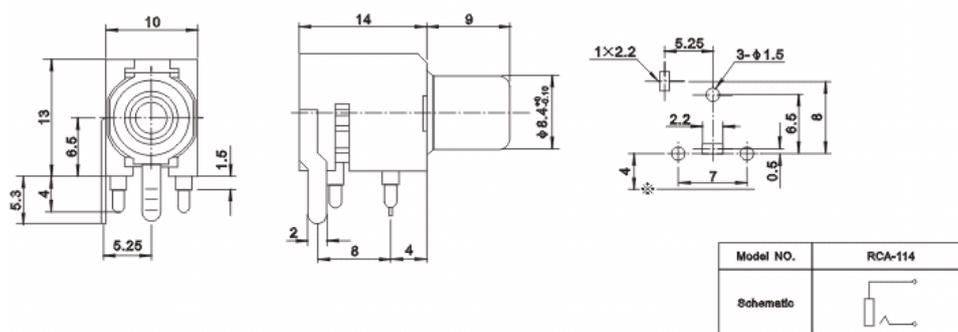
**Рис. 7.1.** Внешний вид гнезда RCA103 фирмы DCI, Гонконг



**Рис. 7.2.** Габаритные и установочные размеры гнезда RCA103 фирмы DCI



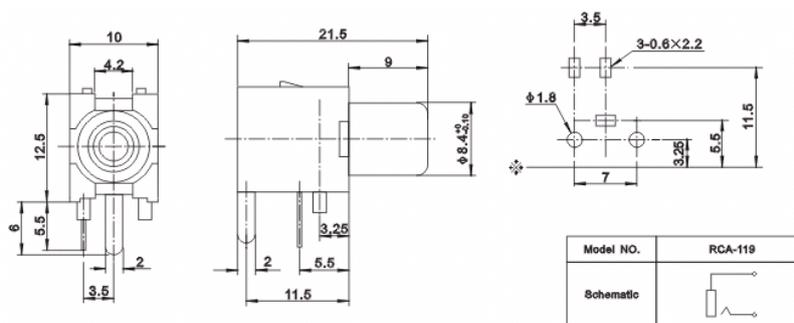
**Рис. 7.3.** Внешний вид гнезда RCA114 (RS109) фирмы DCI



**Рис. 7.4.** Габаритные и установочные размеры гнезда RCA114 (RS109) фирмы DCI



**Рис. 7.5.** Внешний вид гнезда RCA119 фирмы DCI

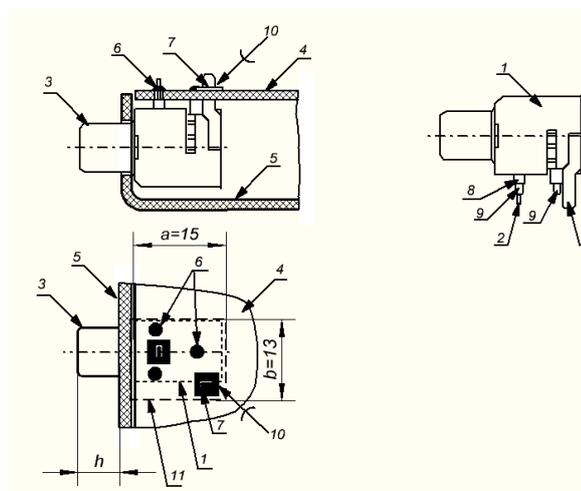


**Рис. 7.6.** Габаритные и установочные размеры гнезда RCA119 фирмы DCI

При этом нужно помнить, что к этим компонентам в процессе эксплуатации прикладывается механическое усилие от руки оператора в процессе коммутации ответных штекеров. Поэтому предпочтение отдадим гнезду RCA114 (RS109), у которого три дополнительных точки механического соединения с платой.

ПУО для этого гнезда будет иметь вид: «Гнездо RS109 DCI», где R – фирменное обозначение ВЧ (коаксиального) гнезда, S – розетка на плате, 1 – число розеток, 09 – особенности конструкции, аббревиатура фирмы.

На рисунке 7.7 представлен вариант установки гнезда RCA114 (RS109) на печатную плату и его сопряжение с основанием корпуса.



**Рис. 7.7.** Вариант установки гнезда RCA114 (RS109) на печатную плату и его сопряжения с основанием корпуса: 1 – корпус гнезда; 2 – выводы; 3 – внешний электрод коаксиала; 4 – плата; 5 – основание корпуса; 6 – термически развальцованные колонки стоек; 7 – контактная площадка; 8 – стойка; 9 – колонка стойки; 10 – паяное соединение; 11 – посадочное место со стороны печатных проводников

Размеры  $a \times b$  и площадь  $S_{XW1}$  посадочного места представлены на рисунке 7.7 и составляют

$$S_{XW1} = a \times b = 15 \times 13 \text{ мм} = 195 \text{ мм}^2.$$

## 7.2. ВЫБОР ГНЕЗДА ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ВНЕШНЕГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Гнездо XP1 для подключения внешнего источника питания планируется располагать на противоположной от установленного ВЧ гнезда XW1. При установке платы необходимо сначала завести в отверстие на торце основания корпуса коаксиальный электрод, а затем осадить плату на свое место. В процессе установки платы на основание корпуса необходим зазор между внешним торцом гнезда XP1 и внутренней стенкой основания корпуса, иначе невозможно установить плату. Однако, этот зазор остается в собранном состоянии.

Необходимо минимизировать пространство, через которое внутрь устройства могут попадать пыль и грязь. Для этого в образовавшееся пространство надо поместить какой-либо уплотнитель. Причем этот уплотнитель не должен препятствовать установке платы. Поэтому он должен находиться за пределами внутренней стенки основания корпуса и свободно убираться при изъятии платы.

Последнее требование может быть реализовано только с использованием резьбового соединения, а в качестве уплотнителя можно использовать фланцевую втулку с внешней резьбовой поверхностью. Нарезать ответную резьбу в тонкой стенке основания корпуса можно, но она будет очень ненадежной из-за малого числа витков. Для минимизации зазора при вкручивании этой втулки она должна упереться в торец гнезда и даст постоянную механическую нагрузку на корпус гнезда и на резьбу в стенке основания корпуса. Эта нагрузка может сорвать и без того хлипкую резьбу в стенке основания корпуса.

Поэтому ответную резьбовую часть нам надо поискать в другом месте. Введение дополнительных конструктивных элементов является нежелательным вариантом. Наиболее приемлемым является вариант, при котором ответная резьбовая часть находится на самом гнезде. Причем, чтобы не уменьшать диаметр проходного отверстия для штекера на удвоенную толщину стенки резьбовой части втулки, резьба должна находиться на внешней поверхности фланцевой втулки. Таких вариантов исполнения не так много. Из 140 вариантов исполнения только для фирмы «Dragon City Industries» нашлось только 2 варианта DS-028 и DS-078 углового исполнения гнезда с резьбовой торцевой частью. На рисунках 7.8 и 7.9 показаны фотографии этих гнезд.



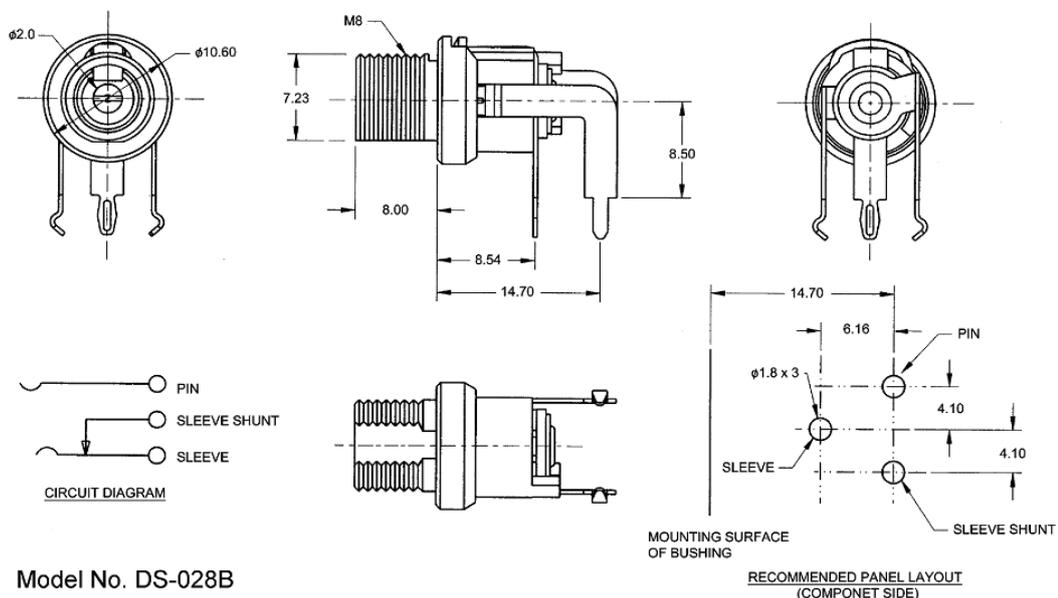
**Рис. 7.8.** Фотография гнезда DS-028 фирмы «Dragon City Industries»



**Рис. 7.9.** Фотография гнезда DS-078 фирмы «Dragon City Industries»

Выберем гнездо DS-028 потому, что жесткость выводов вдоль направления перемещения штекера (жесткость пластины на ребро) больше жесткости пластины на плоскость.

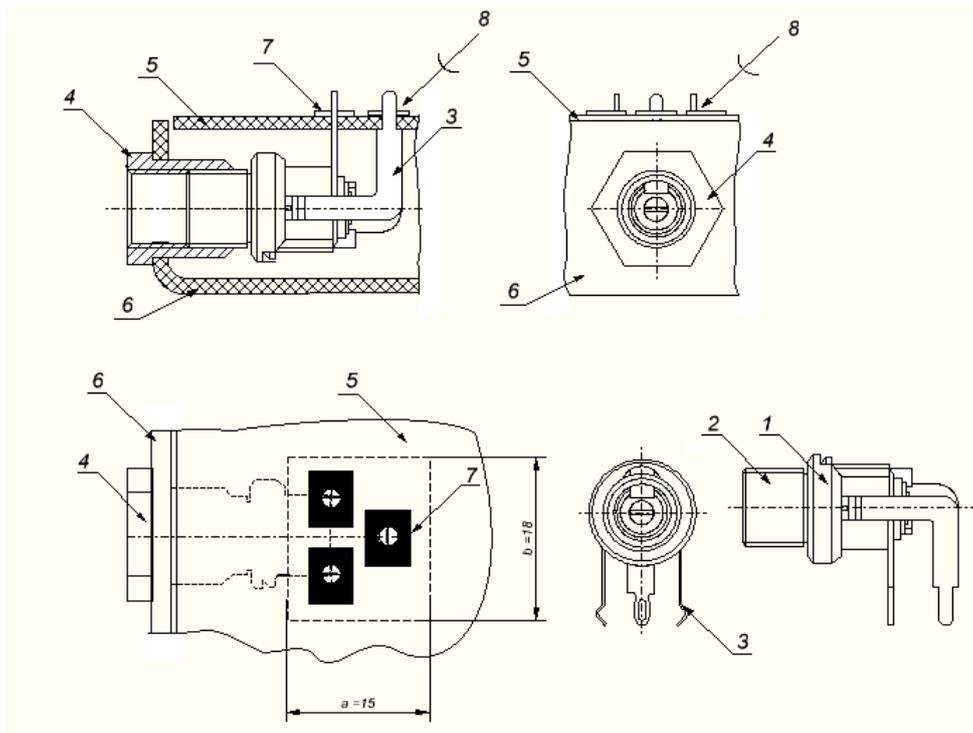
На рисунке 7.10 показаны габаритные и установочные размеры гнезда DS-028 фирмы DCI.



Model No. DS-028B

**Рис. 7.10.** Габаритные и установочные размеры гнезда DS-028 фирмы DCI

На рисунке 7.11 представлен вариант установки гнезда DS-028 на печатную плату и его сопряжение с основанием корпуса.



**Рис. 7.11.** Вариант установки гнезда DS-028 на печатную плату и его сопряжения с боковой гранью основания корпуса: 1 – корпус гнезда; 2 – резьбовая часть корпуса гнезда; 3 – выводы; 4 – фланцевая втулка с внутренней резьбой; 5 – плата печатная; 6 – основание корпуса; 7 – контактная площадка; 8 – паяное соединение

ПУО для этого гнезда будет иметь вид: «Гнездо DS-028 DCI», где DS – фирменное обозначение низковольтного гнезда постоянного тока, XXX – особенности конструкции, аббревиатура фирмы.

Размеры  $a \times b$  и площадь  $S_{\text{ХР1}}$  посадочного места представлены на рисунке 7.11 и составляют

$$S_{\text{ХР1}} = a \times b = 15 \times 18 \text{ мм} = 270 \text{ мм}^2.$$

### 7.3. ВЫБОР ГНЕЗДА ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТЕЛЕФОНОВ

Одним из признаков оптимизации конструкции является уменьшение номенклатуры примененных в ней комплектующих без ущерба качеству, то есть унификация. То же самое относится и к числу поставщиков этих комплектующих. Поэтому выбор гнезда для подключения телефонов проведем среди искомых комплектующих фирмы «Dragon City Industries», тем более, что эта фирма выпускает большую номенклатуру этих гнезд.

Анализ конструкции гнезд для подключения телефонов не только фирмы «Dragon City Industries», но и других, показал, что все они имеют как правило пластмассовый корпус с пружинными пластинчатыми контактами. В корпусе имеется отверстие для ввода штекера, электрические выводы для подключения к печатной плате, элементы для механического крепления к плате, а на торце расположена кольцевая втулка для сопряжения с элементами корпуса изделия.

Более простыми по конструкции и, как правило более дешевыми, являются гнезда с минимальным числом коммутационным пружинных контактов, тем более, что в приемнике использован электрический соединитель для коммутации монофонического сигнала. Поэтому выбираем моно гнездо. Все моно гнезда содержат контактную пару для коммутации других акустических устройств, то есть количество контактов не меньше трех. Минимальную цену имеют гнезда, на торце корпуса которой имеется кольцевая втулка для сопряжения без резьбы.

Как следует из анализа конструкций различных устройств, где были использованы гнезда с приведенными выше параметрами, наиболее популярным является гнездо джек 2,5 на плату ST002. Применим это гнездо в нашем приемнике.

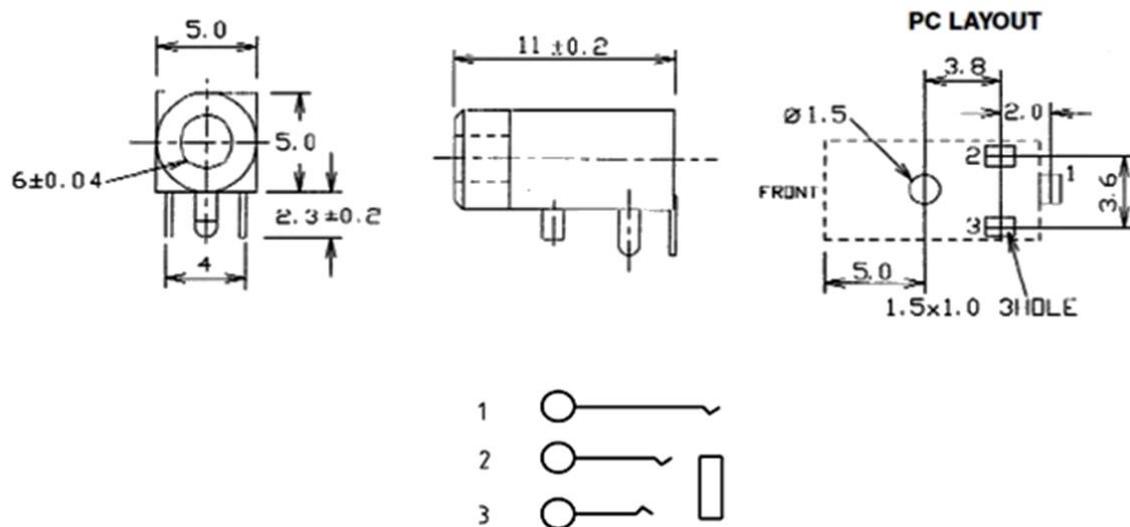
По своей конструкции без учета соотношения размеров гнездо для подключения телефонов практически полностью соответствует ВЧ гнезду типа RCA. С учетом особенности установки платы на основании корпуса однотипные по конструкции гнезда нужно устанавливать на одну сторону печатной платы.

На рисунке 7.12 показана фотография гнезда ST-002 фирмы DCI.



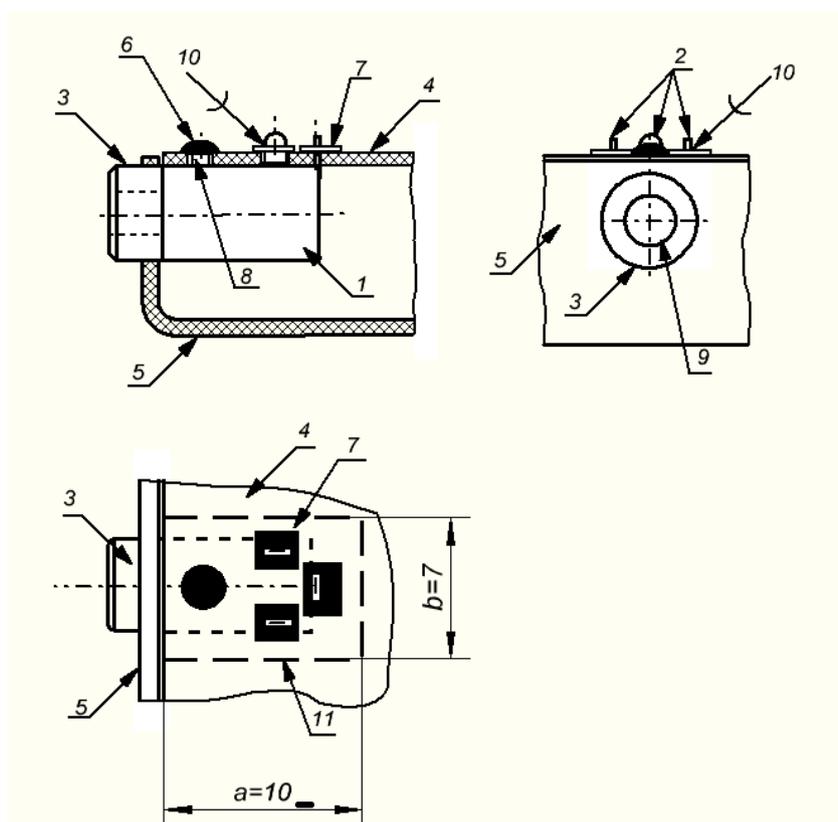
**Рис. 7.12.** Фотография гнезда ST-002 фирмы DCI

На рисунке 7.13 показаны габаритные и установочные размеры гнезда ST002 фирмы DCI.



**Рис. 7.13.** Габаритные и установочные размеры гнезда ST-002 фирмы DCI

На рисунке 7.14 представлен вариант установки гнезда ST002 на печатную плату и его сопряжение с основанием корпуса.



**Рис. 7.14.** Вариант установки гнезда ST-002 на печатную плату и его сопряжения с боковой гранью основания корпуса: 1 – корпус гнезда; 2 – выводы; 3 – втулка корпуса; 4 – плата; 5 – основание корпуса; 6 – термически развальцованная колонка; 7 – контактная площадка; 8 – стойка; 9 – отверстие для штекера; 10 – паяное соединение; 11 – посадочное место со стороны печатных проводников

ПУО для этого гнезда будет иметь вид: «Гнездо ST-002 DCI», где ST – фирменное обозначение низковольтного гнезда постоянного тока, XXX – особенности конструкции, DCI - аббревиатура фирмы.

Размеры  $a \times b$  и площадь  $S_{XS1}$  посадочного места представлены на рисунке 7.14 и составляют

$$S_{XS1} = a \times b = 10 \times 7 \text{ мм} = 70 \text{ мм}^2.$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Данные методические указания направлены на изучение вопросов выбора элементной базы устройства и составления перечня элементов.

При необходимости углубить теоретические знания по рассмотренным темам следует обратиться к библиографическому списку.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТП ВГТУ 62-2007 Текстовые документы. Правила оформления [Текст]. - Воронеж: ВГТУ, 2007. – 53 с
2. Epcos Tantalum Chip Capacitors Speed Power, Low ESR Ordering code: B45197A2227+50\*. [Текст]. - Электрон. дан. - Режим доступа : <http://www.farnell.com/datasheets/58262.pdf>
3. Polymer Aluminum Electrolytic Capacitors. [Текст]Электрон. дан. - Режим доступа : [http // www. murata. com. / Catalog № C90E -1](http://www.murata.com/Catalog№C90E-1)
4. Куневич, А.В. Индуктивные элементы на ферритах [Текст]. / А.В. Куневич, И.Н. Сидоров.- СПб: Лениздат, 1997.- 475с
5. Транзисторы: Справочник [Текст]. / О. П. Григорьев, В. Я. Замятин, Б. В. Кондратьев, С. Л. Пожидаев - М.: Радио и связь, 1989. - 272 с.: ил
6. Лярский, В.Ф. Электрические соединители: Справочник. [Текст]. / В.Ф Лярский , О. Б. Мурадян — М.: Ра-дио и связь, 1988. — 272 с.: ил.
7. Мухитдинов, М. Светоизлучающие диоды и их применение [Текст]. / М. Мухитдинов, Э.С Мусаев - М.: Ра-дио и связь, 1988г. - 80 с.: ил
8. Электронный каталог «Конденсаторы керамические SMD Viking Tech Corporation» [Текст]. - Электрон. дан. - Режим доступа : <https://www.promelec.ru/catalog/5/48/67/brand-viking/>
9. Электронный каталог «Чип-резисторы толсто пленочные общего применения» [Текст]. - Электрон. дан. - Режим доступа : <https://www.erkonn.ru/catalog/rezistory-obshchego-primeneniya/r1-12/>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Лабораторная работа №2. Выбор элементной базы .....	3
2. Содержание работы. ....	3
3. Выбор оксидных конденсаторов .....	3
4. Выбор переменного конденсатора .....	12
5. Катушки индуктивности. ....	16
6. Выключатель питания. ....	26
7. Электрические соединители. ....	30
7.1. Коаксиальная ВЧ розетка ХW1 для подключения ВЧ вилки от антенны.....	31
7.2. Выбор гнезда для подключения внешнего источника питания .....	34
7.3. Выбор гнезда для подключения телефонов .....	36
Заключение.....	39
Библиографический список.....	40

# **Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств**

## ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 2  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

*Часть 2*

Составитель  
Худяков Юрий Васильевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 23.09.2022.

Уч.-изд. л. 2,2.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84