

Н. М. Бобков

Общее конструирование РЭС в примерах и задачах
КУРСОВАЯ РАБОТА ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ РЭС

Методические указания

Сокращения

ВВФ – внешний(е) воздействующий(е) фактор(ы)

ЕСКД – Единая система конструкторской документации

ИЭТ – изделия электронной техники. Для выражения этого и близких понятий в технической литературе и стандартах используются также аббревиатуры ЭРИ – электрорадиоизделие (изделие электронной техники, квантовой электроники или электротехническое), ЭРЭ – электрорадиоэлемент, ЭТИ – электротехническое изделие

КД – конструкторская документация

МУ – методические указания

ОКР – опытно-конструкторская работа

РЭС – радиоэлектронное средство

СРПП – Система разработки и постановки продукции на производство

ТЗ – техническое задание

1 Общий порядок выполнения курсовой работы

Курсовая работа по настоящим МУ представляет собой разработку эскизного проекта в два этапа и первого этапа разработки КД опытного образца (опытной партии) печатного узла, предназначенного для РЭС. Место, которое занимают эти стадии и этапы в разработке КД по стандарту [1], показано в таблице 1.

Таблица 1 – Стадии разработки КД и этапы выполнения работ по ЕСКД

Стадия разработки		Этапы выполнения работ	Примечание
Разработка проектной КД	Разработка технического предложения	См. стандарт [1]	
	Разработка эскизного проекта	Разработка КД эскизного проекта Изготовление и испытания и/или разработка и анализ материальных макетов (при необходимости) и/или разработка, анализ электронных макетов (при необходимости)	Без присвоения литеры
		Рассмотрение и утверждение эскизного проекта с присвоением КД литеры «Э»	
	Разработка технического проекта	См. стандарт [1]	
Разработка рабочей КД	Разработка КД опытного образца (опытной партии) изделия	Разработка КД, предназначенной для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии) изделия, без присвоения литеры	
		Изготовление и предварительные испытания опытного образца (опытной партии) изделия	
		Корректировка КД по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) изделий с присвоением КД литеры «О»	Литера «О» означает, что КД готова к приемочным испытаниям изделия
		Приемочные испытания опытного образца (опытной партии) изделия	
		Корректировка КД по результатам приемочных испытаний опытного образца (опытной партии) изделий с присвоением КД литеры «О ₁ »	Присвоение КД литеры «О ₁ » обычно означает окончание ОКР
	Разработка КД на изделие серийного (массового) производства	См. стандарт [1]	
Разработка КД на изделие единичного производства	См. стандарт [1]		

Примечание – Выполняемые в курсовой работе стадии и этапы выделены полужирным шрифтом

В ЕСКД конструкторские документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные (техническое предложение, эскизный проект, технический проект) и рабочие (рабочая документация) [2]. Проектная документация – один из двух видов КД.

Проекты не предназначены для изготовления изделий. В них отражаются результаты внутреннего проектирования – конструкция нового изделия. Проекты служат только для согласования новой конструкции со всеми участниками разработки и утверждения конструкции заказчиком. Утвержденный эскизный (или технический) проект – это подробное иллюстрированное чертежами и схемами задание на разработку рабочей КД.

Разработка всех трех проектов не является обязательной. Часто разработка КД выполняется в две стадии: разработка эскизного или технического проекта и разработка КД опытного образца (опытной партии) изделия. В курсовой работе на стадии разработки проектной КД должен быть разработан только эскизный проект.

D1 эскизный проект: Совокупность проектных конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление о назначении, об устройстве, принципе работы и габаритных размерах разрабатываемого изделия, а также данные, определяющие его основные параметры [1].

В курсовой работе эскизный проект должен состоять из трех обязательных документов: ведомости эскизного проекта (ЭП), пояснительной записки (ПЗ) и габаритного чертежа (ГЧ) печатного узла. При необходимости можно включить и другие проектные документы из предусмотренных стандартом [2]. В эскизный проект не включают конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления макетов [4], а также исключительно рабочие документы, например, чертежи деталей, сборочные чертежи, спецификации.

Этап рассмотрение и утверждение эскизного проекта курсовой работы заключается в проверке разработанной студентом документации и оценки ее преподавателем по пятибалльной системе.

На основании утвержденного (то есть принятого с положительной оценкой) эскизного проекта и ТЗ на курсовую работу должна быть разработана рабочая КД.

D2 рабочая конструкторская документация: Совокупность конструкторских документов, предназначенных для изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонта изделия [3].

Рабочая КД на разрабатываемый в курсовой работе печатный узел включает в себя спецификацию, сборочный чертеж (СБ), электрическую принципиальную схему (ЭС), перечень элементов (ПЭЭ) и чертеж детали печатной платы.

Приемка курсовой работы заключается в проверке разработанной студентом проектной и рабочей КД и оценки ее преподавателем по пятибалльной системе.

2 ТЗ на курсовую работу

ДЗ техническое задание на разработку продукции: Исходный технический документ для разработки продукции и технической документации на нее [3].

Изделия представляют собой один из видов продукции. Организационно их разработка выполняется в виде ОКР. ТЗ на разработку изделия (на выполнение ОКР) содержит общие сведения о разработке изделия, требования, предъявляемые к изделию, и требования к самому процессу выполнения ОКР. Действие ТЗ распространяется на все стадии ОКР, включая утверждение акта приемки опытного образца (опытной партии) и доработку КД по результатам приемочных испытаний. Курсовая работа представляет собой часть небольшой ОКР. В ней отсутствуют обязательные для ОКР этапы – изготовление и проведение приемочных испытаний опытных образцов.

ТЗ на курсовую работу выполняется со значительными упрощениями по сравнению с ТЗ на ОКР на типовом бланке. К ТЗ прилагаются электрическая принципиальная схема и перечень ИЭТ, которые для различных вариантов курсовой работы могут быть составлены на основе схем, приведенных на рисунке 1, и списков ИЭТ, приведенных в таблицах 2 и 3.

Проводники, обозначенные на схемах буквой **а**, соединяются с выводами 7 микросхем, имеющими четырнадцать выводов, и с выводами 8 микросхем, имеющими шестнадцать выводов; проводники, обозначенные буквой **б**, – с выводами 14 микросхем, имеющими четырнадцать выводов, и с выводами 16 микросхем, имеющими шестнадцать выводов.

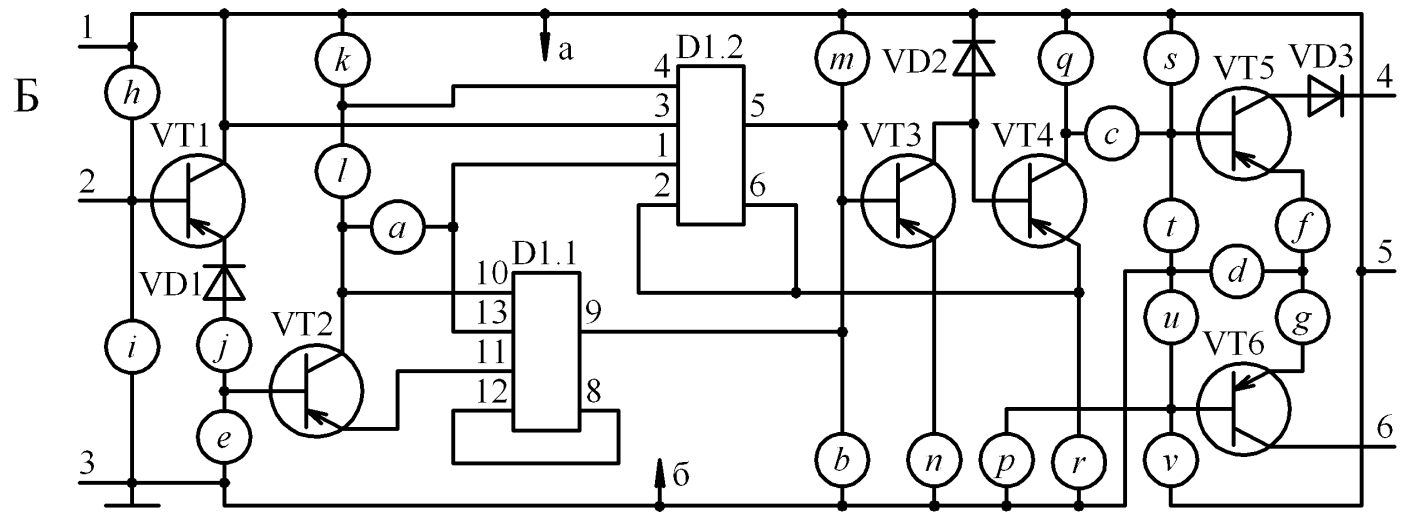
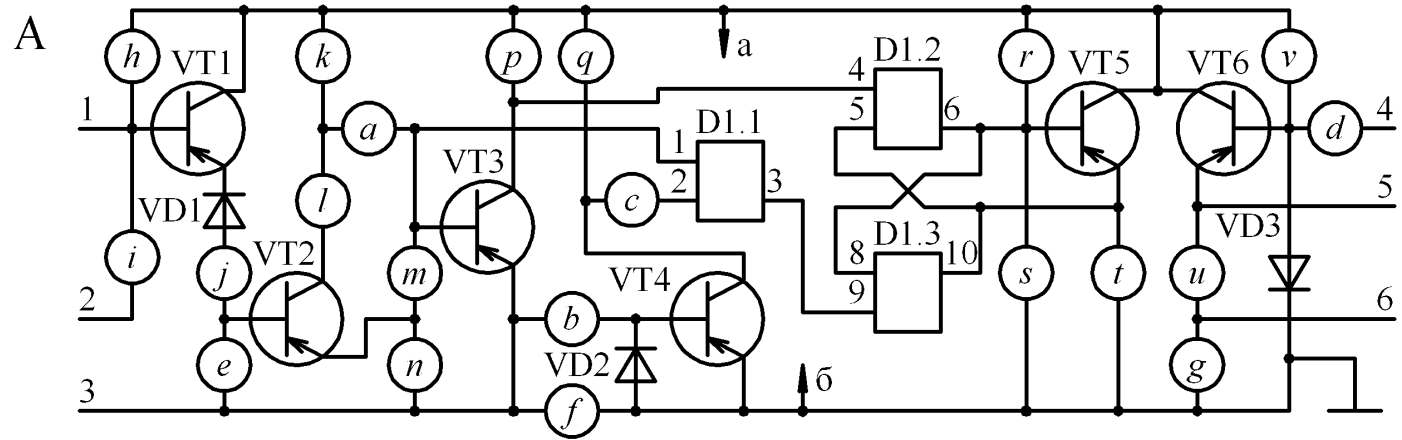


Рисунок 1

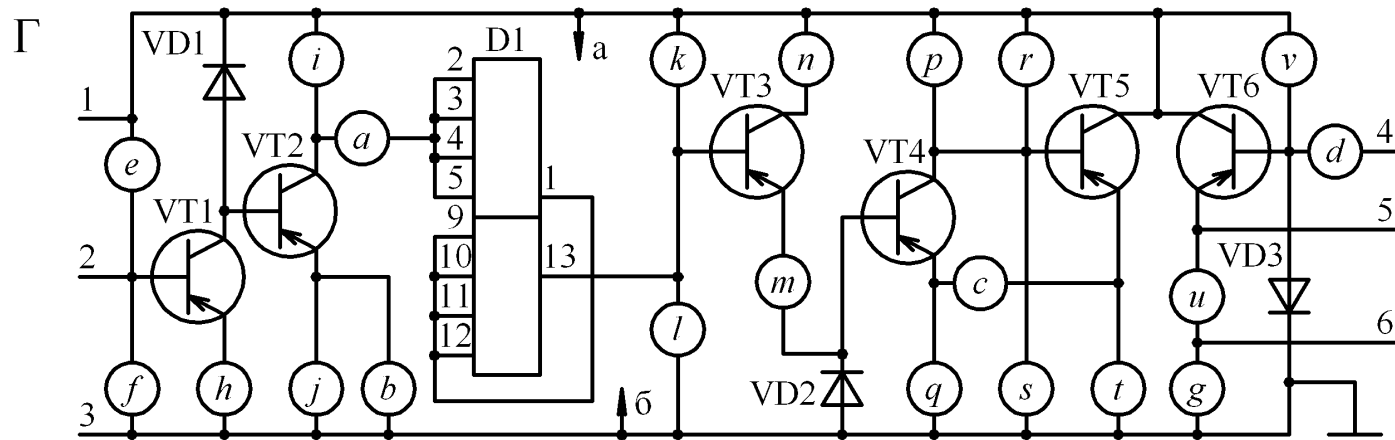
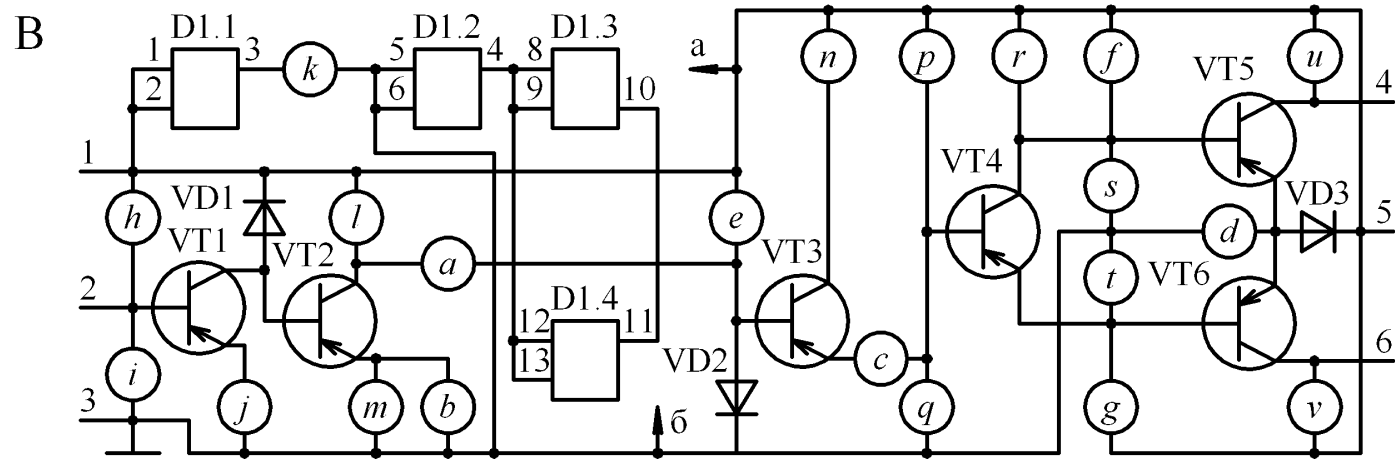


Рисунок 1 (продолжение)

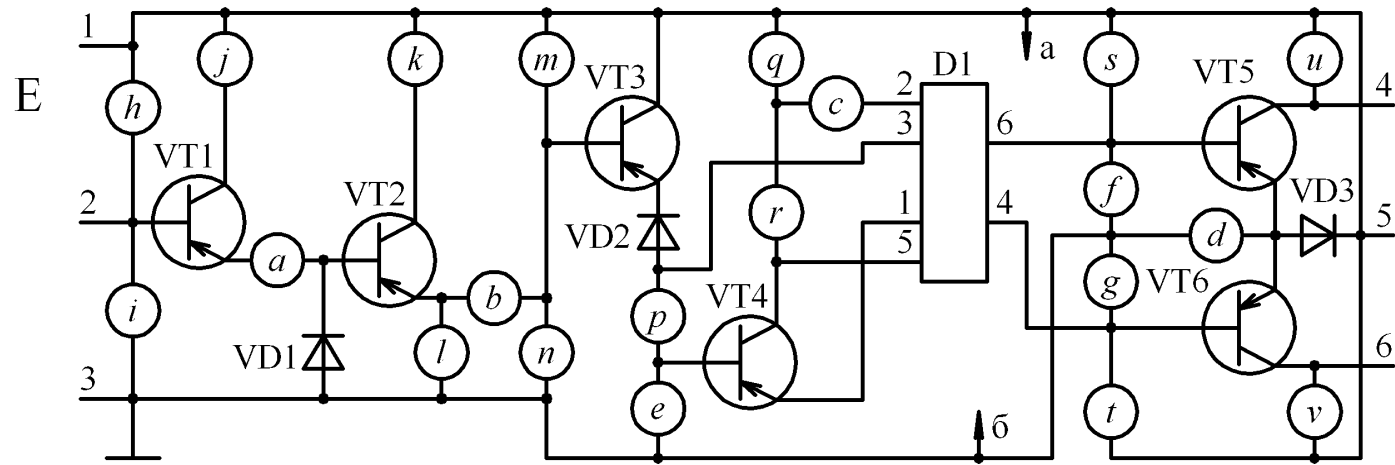
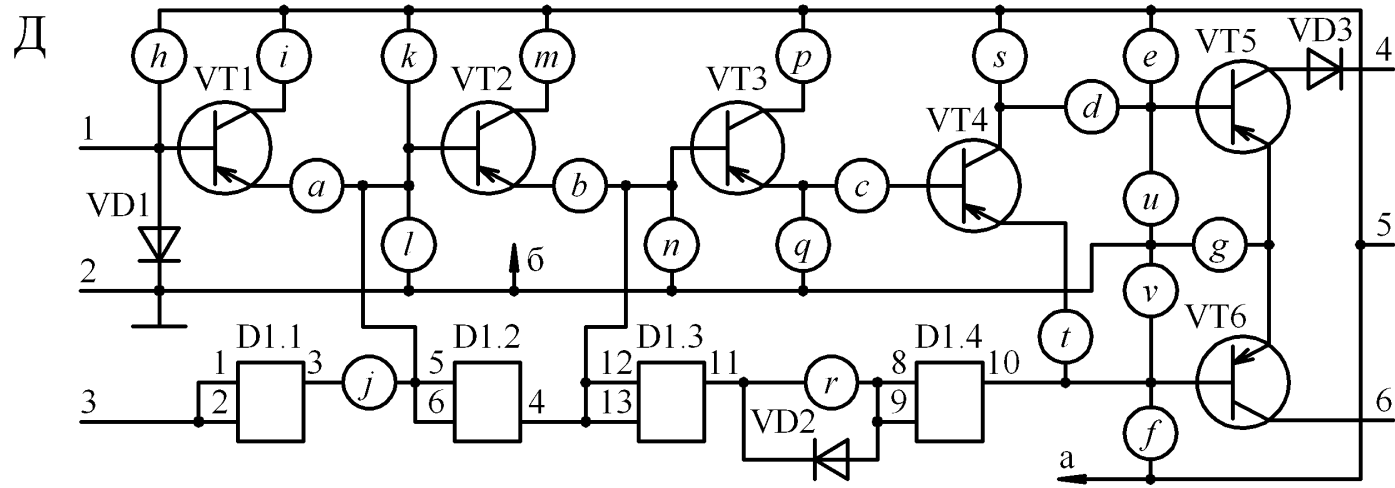


Рисунок 1 (продолжение)

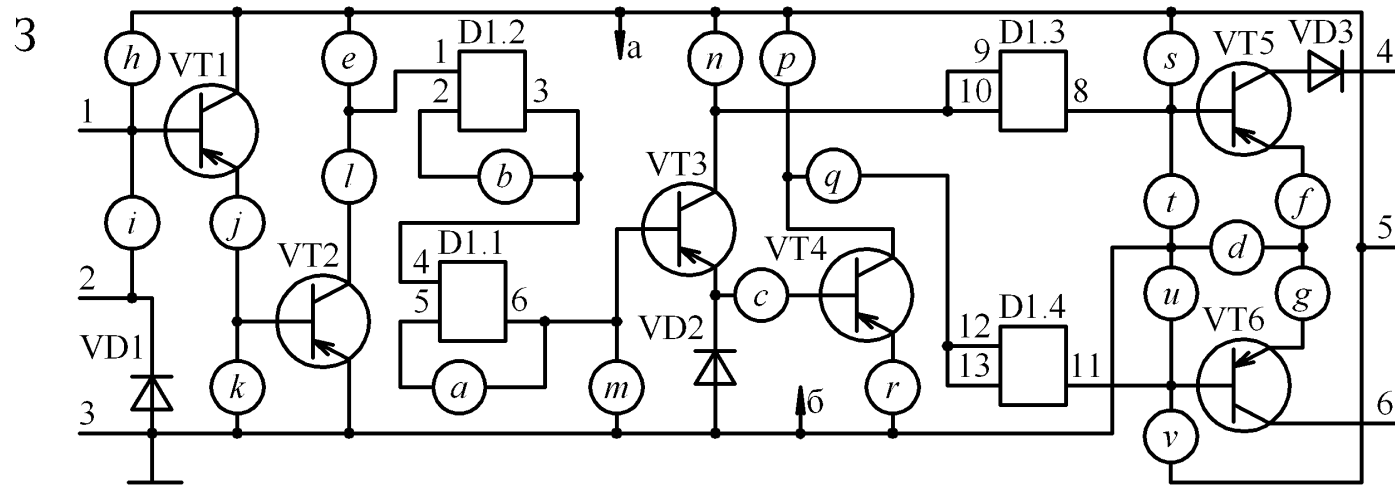
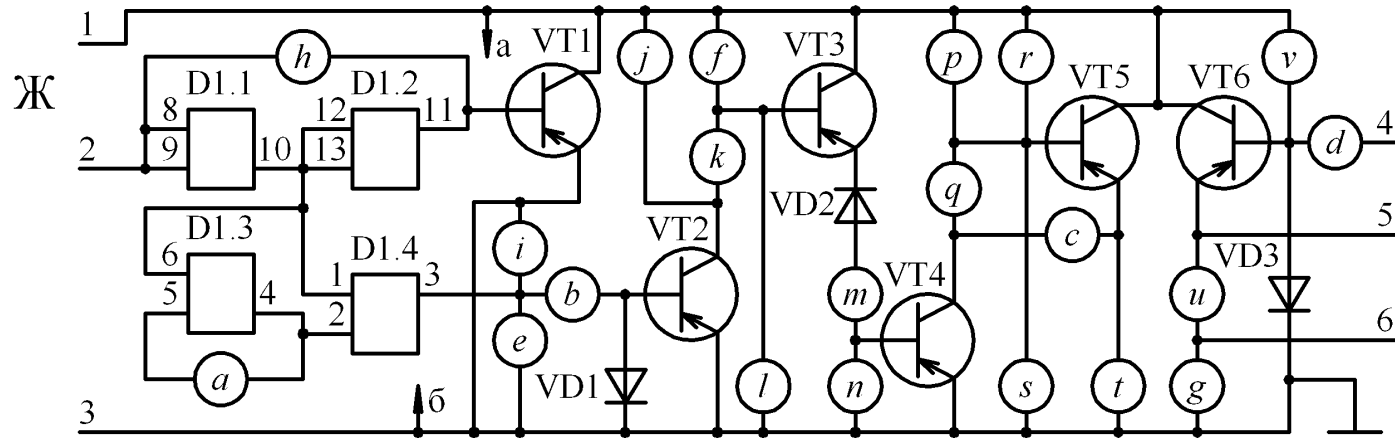


Рисунок 1 (продолжение)

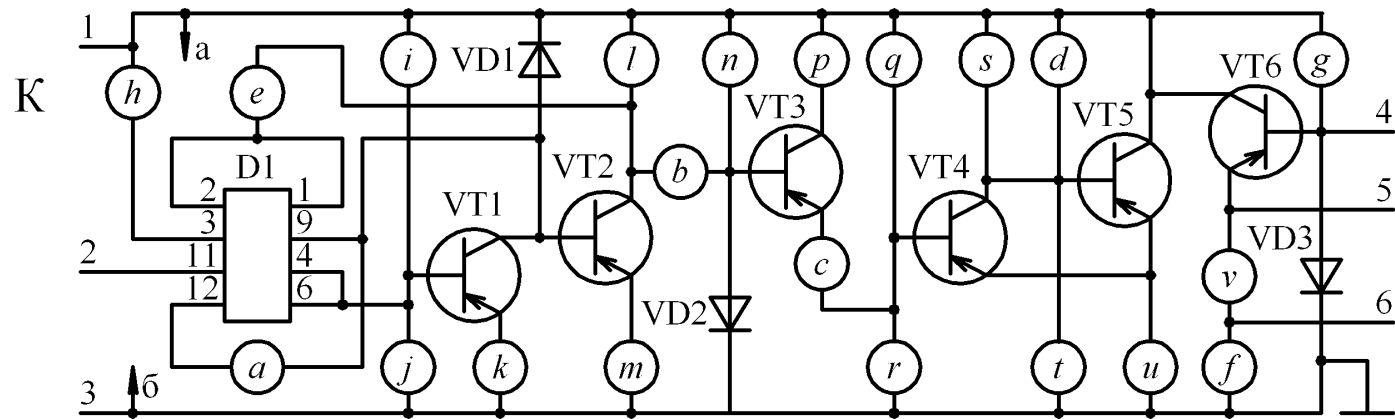
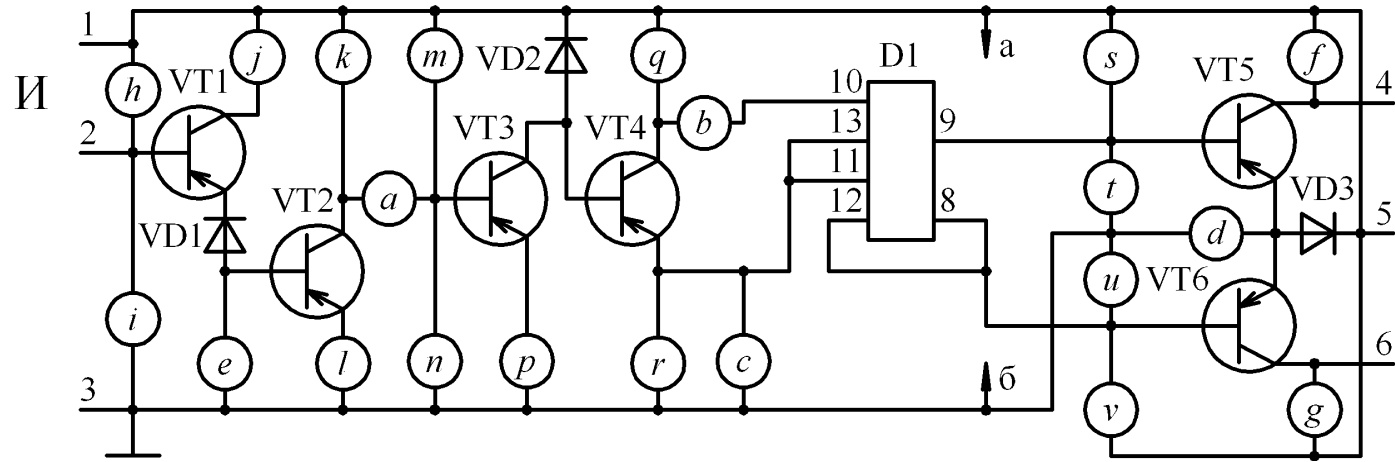


Рисунок 1 (окончание)

Таблица 2 – Список диодов, транзисторов, типоразмеры корпусов микросхем по стандарту [5]

Вариант КР	Диоды	Транзисторы		Типоразмер корпуса микросхемы	Вариант КР	Диоды	Транзисторы		Типоразмер корпуса микросхемы
		VT1 – VT4	VT5, VT6				VT1 – VT4	VT5, VT6	
01	КД504А	КТ117Г	КТ601А	2102	16	КД102А	2Т203Г	МП10Б	4307
02	ГД402А	КТ201Г	1Т101	2103	17	КД410А	2Т316Д	2Т608Б	4308
03	КС213Б	КТ316Д	МП101Б	2105	18	КС170А	КТ339А	2Т506Б	4311
04	ГД511А	ГТ328В	КТ603А	2106	19	Д2Б	2Т363А	ГТ403А	4312
05	КД407А	КТ203В	ГТ402Д	2115	20	Д9Б	МП103А	2Т602Б	4313
06	КД503	1Т376А	1Т403Е	2116	21	КС170А	2Т117В	2Т831В	4318
07	Д18	КТ315А	КТ608А	2127	22	КД104А	КТ368А	2Т632А	4319
08	Д104	2Т368Б	1Т116Б	4105	23	КД105Б	КТ315Ж	2Т638А	2201
09	КС168В	КТ363А	МП15А	4106	24	КС175А	КТ361К	2Т325В	2202
10	КД103А	МП13Б	КТ602А	4108	25	КС182А	КТ117А	КТ325А	1207
11	Д219А	ГТ346В	2Т603Г	4112	26	Д310	КТ203А	2Т630Б	1203
12	Д223	КТ361А	ГТ404И	4115	27	КС191А	КТ201А	МП42Б	1205
13	КД209А	МП9А	КТ801А	4124	28	Д106А	КТ316А	2Т355А	1206
14	Д20	2Т201А	2Т830Г	4158	29	КС210Б	ГТ328А	МП21А	1215
15	КС162А	2Т326А	2Т633А	4306	30	ГД507А	ГТ346А	2Т505А	1216

Таблица 3 – Конденсаторы, дроссели, катушки индуктивности, резисторы для различных вариантов КР

Вариант КР	Обозначение ИЭТ на рисунке 1																				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>	<i>v</i>
	Номер ИЭТ из списка, приведенного в конце таблицы																				
01	1	6	7	8	11	14	16	21	40	29	37	26	34	36	35	23	26	25	34	21	30
02	2	7	9	10		15	17	22	31	30	38	27	35	37	25	24	27	36	35	22	26
03	3	8	1	2		16	18	23	32	21	39	28	36	38	26	25	28	37	26	23	27
04	4	9	3	4		17	19	24	33	22	40	29	37	39	27	36	29	38	27	24	28
05	5	10	5	6		18	20	25	34	23	31	30	38	40	28	37	30	39	28	25	29
06	6	1	7	8		19	12	26	35	24	32	21	39	21	29	38	31	40	29	36	30
07	7	2	9	10		20	13	27	36	25	33	22	40	22	30	39	32	21	30	37	31
08	8	3	1	2		12	14	28	37	26	34	23	31	23	31	40	33	22	31	38	32
09	9	4	3	4		13	15	29	38	27	35	24	32	24	32	21	34	23	32	39	33
10	10	5	5	6		14	16	30	39	28	36	25	33	21	33	22	35	24	33	40	34
11	1	6	7	8	12	11	17	31	40	29	37	26	34	22	34	23	36	25	34	21	40
12	2	7	9	10	13		18	32	21	30	38	27	35	23	35	24	37	26	35	22	31
13	3	8	1	2	14		19	33	22	31	39	28	36	24	36	25	38	27	36	23	32
14	4	9	3	4	15		20	34	23	32	40	29	37	25	37	26	39	28	37	24	33
15	5	10	5	6	16		12	35	24	33	21	30	38	26	38	27	40	29	38	25	34
16	6	1	7	8	17		13	36	25	34	22	31	39	27	39	28	21	30	39	26	35
17	7	2	9	10	18		14	37	26	35	23	32	40	28	40	29	22	31	40	27	36
18	8	3	1	2	19		15	38	27	36	24	33	21	29	21	30	23	32	21	28	37
19	9	4	3	4	20		16	39	28	37	25	34	22	30	22	31	24	33	22	29	38
20	10	5	5	6	12		17	40	29	38	26	35	23	31	23	32	25	34	23	33	39
21	1	6	7	8	13	11	21	30	39	27	36	24	32	24	33	26	35	24	31	40	
22	2	7	9	10	14		16	22	31	40	28	37	25	33	25	34	27	36	25	32	21
23	3	8	1	2	15		17	23	32	21	29	38	26	34	26	35	28	37	26	33	22
24	4	9	3	4	16		18	24	33	22	30	39	27	35	27	36	29	38	27	34	23

Окончание таблицы 3

Вариант КР	Обозначение ИЭТ на рисунке 1																					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	
	Номер ИЭТ из списка, приведенного в конце таблицы																					
25	5	10	5	6	17	19	11	25	34	23	31	40	28	36	28	37	30	39	28	35	24	
26	6	1	7	8	18	20		26	35	24	32	21	29	37	30	38	31	40	29	36	25	
27	7	2	9	10	19	12		27	36	25	33	22	30	38	31	39	32	21	30	37	26	
28	8	3	1	2	20	13		28	37	26	34	23	31	39	32	40	33	22	31	38	27	
29	9	4	3	4	12	14		29	38	27	35	24	32	40	33	21	34	23	32	39	28	
30	10	5	5	6	13	15		30	39	28	36	25	33	21	34	22	35	24	33	40	29	
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <p>Конденсаторы</p> <p>1. КМ-6а-М75-3600 пФ ±10%</p> <p>2. КМ-6а-П33-820 пФ ±10%</p> <p>3. КМ-6а-П33-1500 пФ ±10%</p> <p>4. КМ-6а-П47-820 пФ ±10%</p> <p>5. КМ-6а-П47-2200 пФ ±10%</p> <p>6. К71-4-250 В-0,01 мкФ ±10%</p> <p>7. К71-4-250 В-0,012 мкФ ±10%</p> <p>8. К71-4-250 В-0,015 мкФ ±10%</p> <p>9. К71-4-250 В-0,018 мкФ ±10%</p> <p>10. К71-4-250 В-0,022 мкФ ±10%</p> <p>11. Катушка индуктивности</p> <p>Дроссели высокочастотные</p> <p>12. ДМ-3-1 мкГ</p> <p>13. ДМ-0,6-8 мкГ</p> </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <p>Дроссели высокочастотные</p> <p>14. ДМ-0,1-60 мкГ</p> <p>15. ДМ-3-3 мкГ</p> <p>16. ДМ-0,6-16 мкГ</p> <p>17. ДМ-0,1-140 мкГ</p> <p>18. ДМ-3-5 мкГ</p> <p>19. ДМ-1,2-25 мкГ</p> <p>20. ДМ-0,1-315 мкГ</p> <p>Резисторы</p> <p>21. С2-33-0,5-10 Ом ±10%-А-Д-В</p> <p>22. С2-33-0,5-12 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>23. С2-33-0,5-15 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>24. С2-33-0,5-22 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>25. С2-33-0,5-47 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>26. С2-33-0,5-82 Ом ±10% -А-Д-В</p> </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <p>Резисторы</p> <p>27. С2-33-0,5-100 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>28. С2-33-0,5-150 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>29. С2-33-0,5-180 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>30. С2-33-0,5-200 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>31. С2-33-1,0-220 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>32. С2-33-1,0-270 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>33. С2-33-1,0-300 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>34. С2-33-1,0-330 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>35. С2-33-1,0-360 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>36. С2-33-1,0-390 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>37. С2-33-1,0-430 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>38. С2-33-1,0-510 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>39. С2-33-1,0-560 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>40. С2-33-1,0-680 Ом ±10% -А-Д-В</p> </td> </tr> </table>																				<p>Конденсаторы</p> <p>1. КМ-6а-М75-3600 пФ ±10%</p> <p>2. КМ-6а-П33-820 пФ ±10%</p> <p>3. КМ-6а-П33-1500 пФ ±10%</p> <p>4. КМ-6а-П47-820 пФ ±10%</p> <p>5. КМ-6а-П47-2200 пФ ±10%</p> <p>6. К71-4-250 В-0,01 мкФ ±10%</p> <p>7. К71-4-250 В-0,012 мкФ ±10%</p> <p>8. К71-4-250 В-0,015 мкФ ±10%</p> <p>9. К71-4-250 В-0,018 мкФ ±10%</p> <p>10. К71-4-250 В-0,022 мкФ ±10%</p> <p>11. Катушка индуктивности</p> <p>Дроссели высокочастотные</p> <p>12. ДМ-3-1 мкГ</p> <p>13. ДМ-0,6-8 мкГ</p>	<p>Дроссели высокочастотные</p> <p>14. ДМ-0,1-60 мкГ</p> <p>15. ДМ-3-3 мкГ</p> <p>16. ДМ-0,6-16 мкГ</p> <p>17. ДМ-0,1-140 мкГ</p> <p>18. ДМ-3-5 мкГ</p> <p>19. ДМ-1,2-25 мкГ</p> <p>20. ДМ-0,1-315 мкГ</p> <p>Резисторы</p> <p>21. С2-33-0,5-10 Ом ±10%-А-Д-В</p> <p>22. С2-33-0,5-12 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>23. С2-33-0,5-15 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>24. С2-33-0,5-22 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>25. С2-33-0,5-47 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>26. С2-33-0,5-82 Ом ±10% -А-Д-В</p>	<p>Резисторы</p> <p>27. С2-33-0,5-100 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>28. С2-33-0,5-150 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>29. С2-33-0,5-180 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>30. С2-33-0,5-200 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>31. С2-33-1,0-220 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>32. С2-33-1,0-270 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>33. С2-33-1,0-300 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>34. С2-33-1,0-330 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>35. С2-33-1,0-360 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>36. С2-33-1,0-390 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>37. С2-33-1,0-430 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>38. С2-33-1,0-510 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>39. С2-33-1,0-560 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>40. С2-33-1,0-680 Ом ±10% -А-Д-В</p>
<p>Конденсаторы</p> <p>1. КМ-6а-М75-3600 пФ ±10%</p> <p>2. КМ-6а-П33-820 пФ ±10%</p> <p>3. КМ-6а-П33-1500 пФ ±10%</p> <p>4. КМ-6а-П47-820 пФ ±10%</p> <p>5. КМ-6а-П47-2200 пФ ±10%</p> <p>6. К71-4-250 В-0,01 мкФ ±10%</p> <p>7. К71-4-250 В-0,012 мкФ ±10%</p> <p>8. К71-4-250 В-0,015 мкФ ±10%</p> <p>9. К71-4-250 В-0,018 мкФ ±10%</p> <p>10. К71-4-250 В-0,022 мкФ ±10%</p> <p>11. Катушка индуктивности</p> <p>Дроссели высокочастотные</p> <p>12. ДМ-3-1 мкГ</p> <p>13. ДМ-0,6-8 мкГ</p>	<p>Дроссели высокочастотные</p> <p>14. ДМ-0,1-60 мкГ</p> <p>15. ДМ-3-3 мкГ</p> <p>16. ДМ-0,6-16 мкГ</p> <p>17. ДМ-0,1-140 мкГ</p> <p>18. ДМ-3-5 мкГ</p> <p>19. ДМ-1,2-25 мкГ</p> <p>20. ДМ-0,1-315 мкГ</p> <p>Резисторы</p> <p>21. С2-33-0,5-10 Ом ±10%-А-Д-В</p> <p>22. С2-33-0,5-12 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>23. С2-33-0,5-15 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>24. С2-33-0,5-22 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>25. С2-33-0,5-47 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>26. С2-33-0,5-82 Ом ±10% -А-Д-В</p>	<p>Резисторы</p> <p>27. С2-33-0,5-100 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>28. С2-33-0,5-150 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>29. С2-33-0,5-180 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>30. С2-33-0,5-200 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>31. С2-33-1,0-220 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>32. С2-33-1,0-270 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>33. С2-33-1,0-300 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>34. С2-33-1,0-330 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>35. С2-33-1,0-360 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>36. С2-33-1,0-390 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>37. С2-33-1,0-430 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>38. С2-33-1,0-510 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>39. С2-33-1,0-560 Ом ±10% -А-Д-В</p> <p>40. С2-33-1,0-680 Ом ±10% -А-Д-В</p>																				

Переменные данные для ТЗ зависят от варианта требований и устанавливаются по таблице 4.

Таблица 4

Вариант требований	Группы механического исполнения РЭС	Климатические исполнения РЭС	Категория размещения РЭС	Частоты, вибрации на которых недопустимы резонансы, Гц,	Отношение с номинальных размеров длины и ширины печатной платы	Перегрев воздуха внутри корпуса РЭС, °С
01	М44, М16	УХЛ	2	0 – 40	2,5	15
02	М16, М45	О	1	0 – 50	2	15
03	М11, М17	УХЛ	2	0 – 60	1,5	15
04	М22, М11	О	3	0 – 40	2,5	15
05	М11, М26	УХЛ	2	0 – 50	2	15
06	М22, М31	О	2	0 – 60	1,5	15
07	М11, М44	УХЛ	2	0 – 40	2,5	15
08	М17, М45	О	1	0 – 50	2	15
09	М16, М17	УХЛ	2	0 – 60	1,5	15
10	М17, М31	О	2	0 – 40	2,5	15
11	М16, М31	УХЛ	2	0 – 50	2	20
12	М17, М22	О	2	0 – 60	1,5	20
13	М11, М16	УХЛ	3	0 – 40	2,5	20
14	М22, М44	О	2	0 – 50	2	20
15	М11, М31	УХЛ	2	0 – 60	1,5	20
16	М22, М26	О	2	0 – 40	2,5	20

Окончание таблицы 4

Вариант требований	Группы механического исполнения РЭС	Климатические исполнения РЭС	Категория размещения РЭС	Частоты, вибрации на которых недопустимы резонансы, Гц,	Отношение с номинальных размеров длины и ширины печатной платы	Перегрев воздуха внутри корпуса РЭС, °С
17	М11, М45	УХЛ	1	0 – 50	2	20
18	М17, М44	О	2	0 – 60	1,5	20
19	М16, М22	УХЛ	3	0 – 40	2,5	20
20	М17, М26	О	2	0 – 50	2	20
21	М22, М45	УХЛ	1	0 – 60	1,5	25
22	М17, М46	М	2	0 – 40	2,5	25
23	М26, М31	УХЛ	2	0 – 50	2	25
24	М26, М44	О	2	0 – 60	1,5	25
25	М25, М46	М	2	0 – 40	2,5	25
26	М26, М45	О	1	0 – 50	2	25
27	М31, М44	УХЛ	2	0 – 60	1,5	25
28	М31, М45	О	1	0 – 40	2,5	25
29	М16, М46	М	2	0 – 50	2	25
30	М44, М45	О	1	0 – 60	1,5	25

Примечание – Группы механического исполнения – по стандарту [6], климатические исполнения и категории размещения – по стандарту [7].

Средняя наработка на отказ устанавливается в ТЗ указанием значения из ряда 10 000, 12 000, 16 000, 20 000, 25 000, 30 000, 40 000, 50 000, 75 000, 100 000 ч, коэффициенты нагрузок ИЭТ – из ряда 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8.

Коэффициент заполнения печатной платы для включения в ТЗ устанавливается по изделиям-аналогам. В отсутствие аналогов коэффициент заполнения задается в ТЗ указанием интервала значений 0,3 ... 0,5.

3 Проектная КД курсовой работы

3.1 Проектная документация (эскизный проект) курсовой работы состоит из пояснительной записки, габаритного чертежа и ведомости эскизного проекта.

D4 пояснительная записка: Документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений [2].

Код пояснительной записки – ПЗ, правила выполнения – в стандартах [4, 8, 9]. Стандарты не устанавливают жестких требований к содержанию пояснительной записки. По стандарту [9] пояснительная записка состоит из следующих разделов:

- введение;
- назначение и область применения разрабатываемого изделия;
- техническая характеристика;
- описание и обоснование выбранной конструкции;
- расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции;
- описание организации работ с применением разрабатываемого изделия;
- ожидаемые технико-экономические показатели;
- уровень унификации и стандартизации.

В начале пояснительной записки помещают содержание, в конце – перечень сокращений.

Положения стандарта [9] в части содержания пояснительной записки носят рекомендательный характер: в зависимости от особенностей изделия отдельные разделы можно объединять или исключать, можно вводить и новые разделы. Особенностью печатного узла – изделия, разрабатываемого в курсовой работе, – является его простота. В промышленности на такие узлы проекты не выполняются. Простые изделия обычно разрабатывают в составе более сложных изделий. Поэтому содержание пояснительной записки эскизного проекта курсовой работы (см. приложение В) отличается от рекомендованного стандартом.

Конкретное содержание разделов пояснительной записки в курсовой работе должно быть увязано с содержанием ТЗ на курсовую работу. К каждому установленному в ТЗ требованию (кроме требований, относящихся к рабочей КД) в

пояснительной записке должно быть приведено описание конструктивных мер, обеспечивающих его выполнение. Установлены в ТЗ требования по условиям эксплуатации – в пояснительной записке должно быть обосновано выполнения этих требований, установлены в ТЗ требования по надежности – в пояснительной записке должен быть приведен расчет надежности и т. д.

Пояснительная записка эскизного проекта курсовой работы выполняется на белой бумаге с применением компьютера и печатающих устройств вывода с компьютера. Отдельные фрагменты допускается выполнять вручную чертежным шрифтом по стандарту [10].

3.2 При выполнении эскизного проекта необходимо расчетным путем определить габаритные размеры печатной платы. По результатам этого расчета следует выполнить габаритный чертеж печатного узла.

D10 габаритный чертеж: Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами [2].

Код документа – ГЧ, правила выполнения – по стандарту [11].

Габаритный чертеж курсовой работы выполняется вручную с использованием чертежных инструментов на листе белой бумаги формата А4. Надписи на чертеже выполняются чертежным шрифтом.

3.3 Отдельные документы эскизного проекта объединяются в комплект ведомостью проекта.

D11 ведомость эскизного проекта: Документ, содержащий перечень документов, вошедших в эскизный проект [2].

Код документа – ЭП, правила выполнения по стандарту [9]. Ведомость эскизного проекта курсовой работы выполняют на белой бумаге с применением компьютера и печатающих устройств вывода с компьютера. Допускается выполнение ведомости вручную чертежным шрифтом.

4 Рабочая КД курсовой работы

Полный комплект рабочей КД на печатный узел включает в себя: спецификацию, сборочный чертеж, схему электрическую принципиальную, перечень элементов и чертеж детали печатной платы.

D12 спецификация: Документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта [2].

Для специфицированных изделий (сборочной единицы, комплекса, комплекта) спецификация является основным конструкторским документом. Код документа в ЕСКД для нее не установлен. Правила выполнения спецификации – по

стандарту [9]. В курсовой работе спецификацию выполняют на белой бумаге с применением компьютера и печатающих устройств вывода с компьютера. Допускается выполнение спецификации вручную чертежным шрифтом.

D13 сборочный чертеж: Документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля [2].

Код сборочного чертежа – СБ. Общие правила выполнения сборочных чертежей установлены стандартом [11].

Так как печатный узел, представляет собой изделие, изготавливаемое с применением электрического монтажа, при выполнении КД на него необходимо учитывать правила, установленные стандартом [12]. По этому стандарту КД изделия с электромонтажом можно выполнять в одном из четырех вариантов: А, Б, В и Г. КД для сборки и электромонтажа печатных узлов удобно выполнять в одном из следующих вариантов:

А – для изготовления изделия, механическую сборку и электромонтаж которого целесообразно производить по одному и тому же чертежу, выпускают один сборочный чертеж и одну спецификацию;

Б – для изготовления изделия, механическую сборку и электромонтаж которого производить по одному и тому же чертежу нецелесообразно, из состава изделия с электромонтажом выделяют в виде самостоятельной сборочной единицы изделие механической сборки или совокупность составных частей, устанавливаемых при электромонтаже. На изделие механической сборки выпускают сборочный чертеж и спецификацию, в которых составные части, устанавливаемые при электромонтаже, не приводят. На изделие с электромонтажом выпускают самостоятельные спецификацию и сборочный чертеж, в которые изделие механической сборки включают как составную часть.

Сборочный чертеж курсовой работы выполняют на белой бумаге с применением компьютера и печатающих устройств вывода с компьютера. Отдельные фрагменты сборочного чертежа допускается выполнять вручную.

D14 схема: Документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними [2].

В комплект рабочей КД на печатный узел должна входить электрическая принципиальная схема и перечень элементов к ней (коды ЭЗ и ПЭЗ соответственно). Правила выполнения этих документов установлены стандартами [13, 14].

В курсовой работе схему и перечень выполняют на белой бумаге с применением компьютера и печатающих устройств вывода с компьютера. Отдельные фрагменты схемы допускается выполнять вручную. Перечень можно полностью выполнять вручную чертежным шрифтом.

Однослойные и двухслойные печатные платы являются деталями, многослойные печатные платы – сборочными единицами. Для изготовления односторонних и двухсторонних печатных плат выпускаются чертежи деталей, для

изготовления многослойных печатных плат – спецификации и сборочные чертежи. Печатная плата, разрабатываемая в курсовой работе, может быть только односторонней или двухсторонней. Для ее изготовления необходим только чертеж детали.

D15 чертеж детали: Документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля [2].

Код чертежа детали в ЕСКД не установлен. Правила выполнения чертежа детали печатной платы приведены в стандарте [15].

5 Наименование и обозначение изделий и конструкторских документов

Наименование изделия в основной надписи конструкторского документа записывают в именительном падеже единственного числа. Оно должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первое место помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое». В наименование не включают сведения о назначении изделия и его местоположении [11].

Полное наименование изделия на титульном листе, в основной надписи и при первом упоминании в тексте документа должно быть одинаковым с наименованием его в основном конструкторском документе. В последующем тексте порядок слов в наименовании должен быть прямой, т. е. на первом месте должно быть определение (имя прилагательное), а затем – название изделия (имя существительное); при этом допускается употреблять сокращенное наименование изделия [8].

Каждому конструкторскому документу курсовой работы должно быть присвоено индивидуальное обозначение по правилам, установленным стандартом [16]. Чаще всего обозначение конструкторского документа формируется на основе обозначения изделия, которое состоит из девяти цифр, например: 687286.069. Первые шесть цифр – код классификационной характеристики – назначаются по Классификатору ЕСКД. Последние три цифры – порядковый регистрационный номер – присваивает организация-разработчик для каждого кода классификационной характеристики. В курсовой работе первые две из трех последних цифр обозначения – порядковый номер студента по учебному журналу (01, 02, ... 09, 10, 11, ...), последняя цифра (1, 2, ... 9) назначается студентом так, чтобы разные изделия с одинаковыми классификационными характеристиками имели разные последние цифры обозначения, а значит и обозначение в целом.

По Классификатору ЕСКД [17] печатные узлы (панели, платы с элементами объемного монтажа) имеют следующие классификационные характеристики:

шириной до 125 мм включительно – 687281,
шириной свыше 125 « 200 мм включительно – 687282,
« « 200 « 300 мм « – 687283.

Печатные платы на жестком основании с прямолинейным контуром в плане имеют следующие классификационные характеристики [18]:

шириной до 20 мм включительно односторонние – 758711, двухсторонние – 758721;
шириной свыше 20 « 30 мм « « – 758712, « – 758722;
« « 30 « 50 мм « « – 758713, « – 758723;
« « 50 « 80 мм « « – 758714, « – 758724;
« « 80 « 120 мм « « – 758715, « – 758725.

6 Содержание альбома документов курсовой работы

Документы курсовой работы помещают в один альбом в следующей последовательности:

- титульный лист альбома (см. приложение А);
- техническое задание на курсовую работу;
- титульный лист эскизного проекта (см. приложение Б);
- ведомость эскизного проекта;
- пояснительная записка эскизного проекта, первый (титульный) лист которой приведен в приложении А;
- габаритный чертеж печатного узла;
- титульный лист комплекта рабочей конструкторской документации (см. приложение Б);
- спецификация печатного узла;
- сборочный чертеж печатного узла;
- схема электрическая принципиальная печатного узла;
- перечень элементов;
- чертеж детали печатной платы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Титульные листы альбома с документами курсовой работы и пояснительной записки

<p>Министерство образования, науки и молодежной политики Нижегородской области</p> <p>Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение "Нижегородский радиотехнический колледж"</p> <p>11.02.01 Радиоаппаратостроение (базовая подготовка)</p> <p>КУРСОВАЯ РАБОТА</p> <p>по дисциплине "Конструирование и производство радиоаппаратуры"</p> <p>Тема: Разработка конструкторской документации (КД) на печатный узел</p> <p>Руководитель _____ Н. М. Бобков "___" _____ 2018 г.</p> <p>Обучающийся _____ П. А. Иванов "___" _____ 2018 г. Группа 4РА-99-1</p> <p>Работа защищена "___" _____ 2018 г. с оценкой _____</p> <p>2018</p>
--

<p>Министерство образования, науки и молодежной политики Нижегородской области</p> <p>Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение "Нижегородский радиотехнический колледж"</p> <p>УЗЕЛ ПЕЧАТНЫЙ</p> <p>Пояснительная записка эскизного проекта 687281.350ПЗ</p> <p>2018</p>	<table border="1"><tr><td>Инв. № подл.</td><td>Подп. и дата</td></tr><tr><td>Инв. № подл.</td><td>Подп. и дата</td></tr><tr><td>Взам. инв. №</td><td>Инв. № подл.</td></tr><tr><td>Взам. инв. №</td><td>Инв. № подл.</td></tr><tr><td>Подп. и дата</td><td></td></tr><tr><td>Подп. и дата</td><td></td></tr></table>	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № подл.	Подп. и дата		Подп. и дата	
Инв. № подл.	Подп. и дата												
Инв. № подл.	Подп. и дата												
Взам. инв. №	Инв. № подл.												
Взам. инв. №	Инв. № подл.												
Подп. и дата													
Подп. и дата													

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Титульные листы эскизного проекта и комплекта рабочей конструкторской документации

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Курсовая работа
по дисциплине "Конструирование и производство
радиоаппаратуры"

ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Курсовая работа
по дисциплине "Конструирование и производство
радиоаппаратуры"

**РАБОЧАЯ
КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ
ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ИЗДЕЛИЯ**

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пояснительная записка эскизного проекта курсовой работы

В этом приложении даются рекомендации по выполнению пояснительной записки эскизного проекта курсовой работы, приводятся примеры текстов пояснительной записки. Рекомендации заключены в рамки. Текст из рамок в пояснительную записку включать не следует. Примеры, приведенные в разных разделах, не следует рассматривать как части одной пояснительной записки.

Приводимые в пояснительной записке расчеты в общем случае должны содержать:

- эскиз или схему рассчитываемого объекта (при необходимости);
- задачу расчета (с указанием, что требуется определить при расчете);
- данные для расчета;
- условия расчета;
- расчет;
- заключение.

Эскиз или схему допускается вычерчивать в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление о рассчитываемом изделии.

Первым листом пояснительной является титульный лист (см. приложение А).

Содержание

1 Введение	2
2 Наименование и область применения разрабатываемого изделия	4
2.1 Краткая характеристика области и условий применения изделия	12
2.2 Общая характеристика объекта, для применения в котором предназначено данное изделие	14
...	
6 Уровень стандартизации и унификации	86
Перечень принятых сокращений	88
Перечень использованной литературы	89

1 Введение

По стандарту [4] в этом разделе следует указать наименование, номер и дату утверждения ТЗ.

Эскизный проект выполняется по техническому заданию на курсовую работу «Разработка конструкторской документации (КД) на печатный узел» по дисциплине «Конструирование и производство радиоэлектронных средств», утвержденного заместителем директора ГБПОУ «НРТК» по учебно-методической работе 26 февраля 2016 года.

Разрабатываемый печатный узел предназначен для РЭС, по условиям эксплуатации относящихся:

в части воздействия механических ВВФ – к группам М11 и М13 по ГОСТ 30631 – 99,

в части воздействия климатических факторов – к исполнению УХЛ категории размещения 2 по ГОСТ 15150 – 69.

Настоящая пояснительная записка содержит общее описание конструкции печатного узла, разработанного при выполнении эскизного проекта, а также обоснование принятых при его разработке технических решений.

2 Назначение и область применения разрабатываемого изделия

По стандарту [4] в этом разделе следует приводить соответствующие сведения из ТЗ и/или технического предложения, а также сведения, конкретизирующие и дополняющие ТЗ и техническое предложение, частности краткую характеристику области и условий применения изделия и при необходимости общую характеристику объекта, для применения в котором предназначено данное изделие.

В нем приводятся сведения о назначении разрабатываемого изделия, анализ условий эксплуатации.

2.1 Краткая характеристика области и условий применения изделия

Разрабатываемый корпус предназначен для применения в переносных электронных средствах измерений различного назначения массой до 16 кг, эксплуатируемых на открытом воздухе (категория размещения 1 по ГОСТ 15150 – 69) в макроклиматических районах с умеренным, холодным, сухим и влажным тропическим климатом (климатическое исполнение О по ГОСТ 15150 – 69) при любой погоде. Электропитание аппаратуры может осуществляться как от встроенных аккумуляторов, так и от внешних источников электроэнергии, в том числе от промышленной сети переменного тока. Аппаратура, как правило, должна сохранять свою работоспособность после погружения в воду, после падения с высоты до 0,75 м на бетонную или стальную плиту. После монтажа в аппаратуре

корпус по стойкости к климатическим и механическим воздействиям должен соответствовать требованиям группы IV по ГОСТ 22261 – 94 с дополнительными требованиями к вибропрочности по ГОСТ 20.57.406 – 81 степень жесткости V.

2.2 Анализ условий эксплуатации

3 Техническая характеристика

Раздел обязательный. В нем приводят основные технические характеристики изделия и сведения о соответствии или отклонениях от требований, установленных техническим заданием. Данные рекомендуется сводить в таблицу.
--

Основные технические характеристики разрабатываемого печатного узла и сведения о соответствии или отклонениях от требований, установленных ТЗ, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики разрабатываемого изделия

Номер пункта ТЗ	Параметр или характеристика	Значение параметра или характеристики		Заключение о соответствии требованиям ТЗ	Примечание
		по ТЗ	по проекту		
2.1	Печатный узел должен соответствовать эскизу электрической схемы и списку изделий ИЭТ, приведенным в приложении к ТЗ	–	–	Соответствует	См. раздел __
2.2	Требования к формовке выводов и установке ИЭТ на печатную плату – по ГОСТ 29137 – 91	–	–	Соответствует	См. раздел __
2.3	В качестве выводов использовать лепестки 2–0,8–3,0–14–Л63–05 ГОСТ 16840 – 78. Лепестки должны быть установлены на коротких сторонах печатной платы	–	–	–	Будет выполняться на стадии «Разработка КД опытного образца изделия»
2.4	Требования к РЭС по стойкости к механическим ВВФ – по ГОСТ 30631 – 99 для групп(ы) механического исполнения _____ .	–	–	Соответствует	См. раздел __
...	...				
2.7	Средняя наработка на отказ, ч	10 000	15 600	Соответствует	См. раздел __
...	...				
3.5	Отношение номинальных размеров длины и ширины печатной платы	2	2	Соответствует	
–	Габаритные размеры, мм	–		–	Требований в ТЗ нет
	длина		150		
	ширина		300		
	высота		20		
–	Масса печатного узла, кг	–	0,120	–	Требований в ТЗ нет

4 Описание и обоснование выбранной конструкции

Раздел обязательный. В нем приводят описание и обоснование общей компоновки печатного узла, обоснование выбора вариантов формовки выводов и установки ИЭТ, расчет размеров печатной платы.

5. Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции

В разделе обязательно приводятся расчет резонансных частот, расчет надежности и другие расчеты, необходимость выполнения которых установлена в ТЗ. В разделе приводятся и расчеты, выполнение которых не предусмотрено в ТЗ, но необходимость которых для подтверждения работоспособности и надежности конструкции была установлена в процессе выполнения эскизного проекта курсовой работы.

6 Уровень стандартизации и унификации

Раздел обязательный.

6.1 Качественная характеристика стандартизации и унификации спроектированного узла

В этом пункте приводятся сведения о стандартных, унифицированных и заимствованных составных частях, примененных при проектировании печатного узла; сведения об использованных типовых конструктивных решениях, дается качественная оценка уровня стандартизации и унификации.

6.2 Расчет количественных показателей уровня стандартизации и унификации

Задача расчета – проверить выполнение установленных в ТЗ требований к уровню стандартизации и унификации.

Данные для расчета:

общее количество типоразмеров составных частей в разрабатываемом печатном узле $n=29$;

общее количество составных частей в разрабатываемом печатном узле $N=63$;
установленное в ТЗ минимальное значение коэффициента повторяемости $K_{\Pi \min}=2$.

Условия расчета – уровень стандартизации и унификации разрабатываемого печатного узла оценивается по значению коэффициента повторяемости K_{Π} , расчет которого выполняется по приложению 3 к методическим указаниям «Курсовая работа».

Расчет

Коэффициент повторяемости печатного узла

$$K_{\Pi} = \frac{N}{n} = \frac{63}{29} = 2,86, \quad (6.1)$$

где K_{Π} – коэффициент повторяемости;

N – общее количество составных частей в печатном узле;

n – общее количество типоразмеров составных частей в печатном узле.

Заключение. Достигнутый коэффициент повторяемости превышает установленный в ТЗ на курсовую работу. Рекомендации ТЗ по уровню стандартизации и унификации выполнены.

Перечень использованной литературы

Перечень использованной литературы является обязательным. Приводится в конце пояснительной записки. Выполнение перечня и ссылки на него в тексте – по стандарту [19]. **ВКЛЮЧАТЬ В ПЕРЕЧЕНЬ СЕКРЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И ДОКУМЕНТЫ ДЛЯ СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НЕ ДОПУСКАЕТСЯ.** В качестве примера выполнения перечня использованной литературы можно использовать перечень использованной литературы к настоящим МУ.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Расчет размеров печатной платы

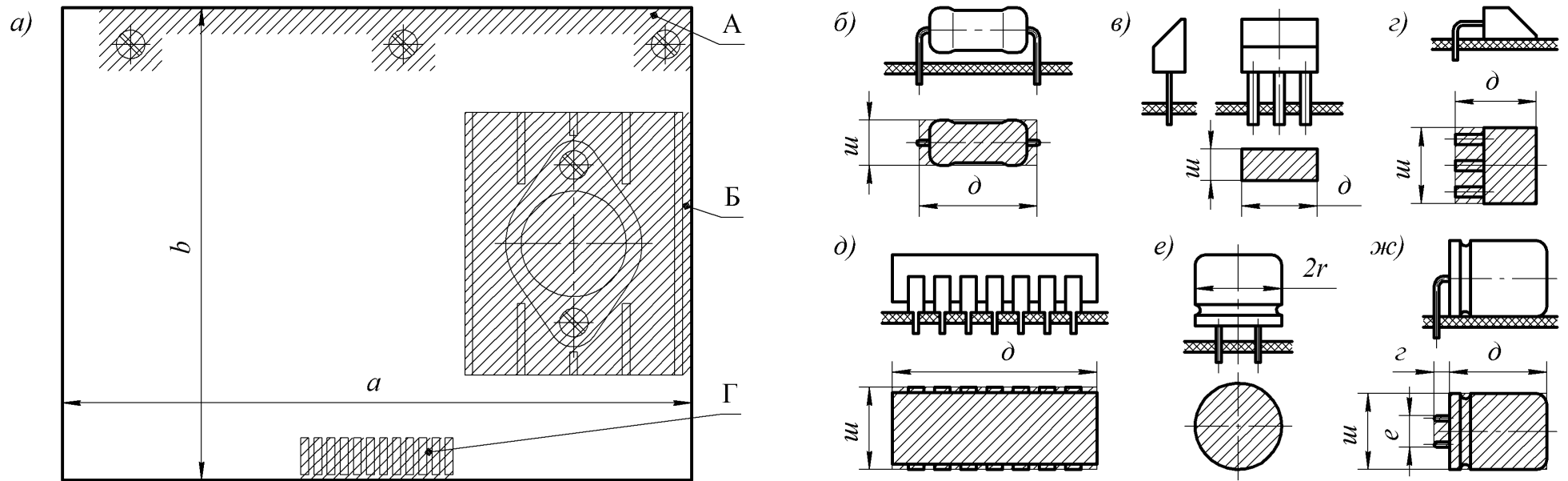


Рисунок Г1

При расчете размеров удобно длины подставлять в формулы в сантиметрах, площади – в квадратных сантиметрах. Необходимая площадь печатной платы S рассчитывается по формуле

$$S = \frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^n s_i + S_{\text{Д}},$$

где S – общая площадь печатной платы,

k_3 – коэффициент заполнения площади печатной платы по ТЗ на курсовую работу,

s_i – площадь, занимаемая i -ным ИЭТ,

S_d – площадь, занимаемая элементами крепления печатной платы, радиаторами и т. д., «запрещенная» для установки ИЭТ (заштрихованные площади А, Б, Г на рисунке Г1, а).

Площадь, занимаемая ИЭТ, зависит от размеров и конфигурации ИЭТ (рисунки Г1, б – ж). При расчете площади конфигурация ИЭТ по возможности упрощается, например, так как на рисунках Г1, б – ж. Площадь, занимаемая ИЭТ (на рисунках она заштрихована), определяется по формулам:

$$\begin{aligned} \text{для ИЭТ по рисункам Г1, б – д} \quad s_i &= wd, \\ \text{для ИЭТ по рисунку Г1, е} \quad s_i &= \pi r^2, \\ \text{для ИЭТ по рисунку Г1, ж} \quad s_i &= wd + e\gamma. \end{aligned}$$

Номинальные размеры длины и ширины печатной платы определяются решением системы уравнений

$$S = ab, \quad a = cb,$$

где a и b – номинальные размеры длины и ширины печатной платы (рисунок Г1, а),

c – отношение номинальных размеров длины и ширины печатной платы по ТЗ на курсовую работу.

Рассчитанные размеры округляются до значений, установленных стандартом [20], при этом должно сохраняться заданное в ТЗ отношение номинальных размеров длины и ширины печатной платы.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Расчет резонансных частот печатной платы

При испытаниях изделий на воздействие вибрации резонансом называют увеличение амплитуды вынужденных колебаний элементов механической системы изделия в два раза и более по сравнению с амплитудой колебаний точек их крепления при постоянном внешнем воздействии. Резонанс возникает на частотах вибрационных нагрузок, близких к собственной частоте f_0 этих элементов. Резонансные частоты (частоты, на которых наблюдается резонанс) лежат в диапазоне вибрации от $0,8f_0$ до $1,4f_0$.

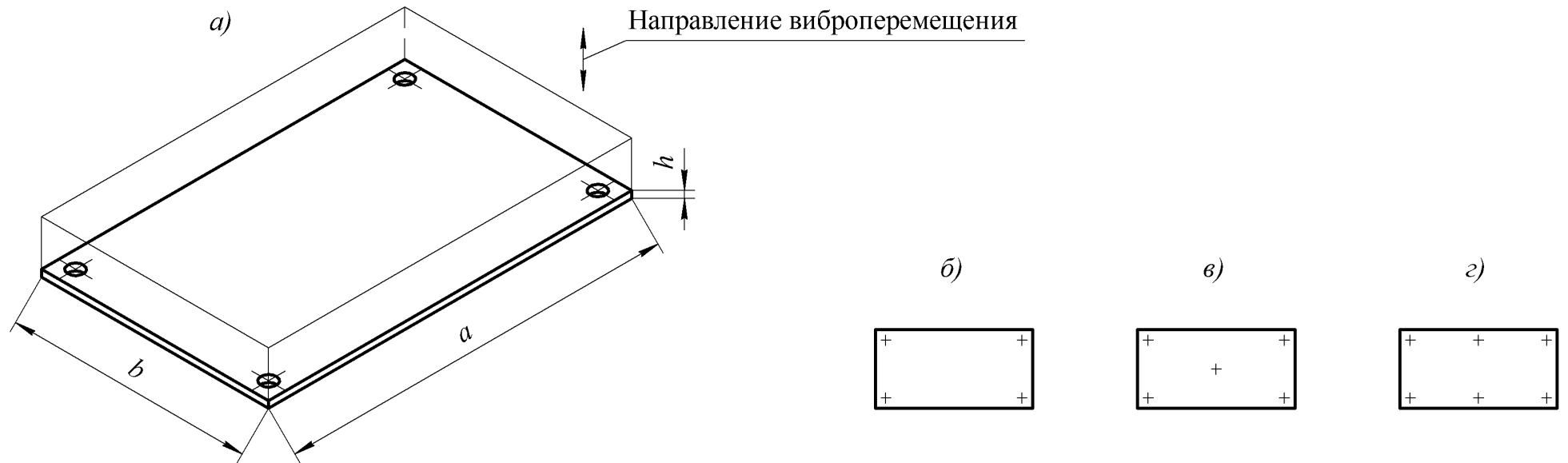


Рисунок Д1

Собственная частота пластинки с равномерно распределенной нагрузкой (рисунок Д1, а) в герцах определяется по формуле [21]

$$f_0 = k \sqrt{\frac{D}{m}}$$

где k – коэффициент, зависящий от способа крепления пластинки;

D – цилиндрическая жесткость пластинки, Н·м;

m – масса единицы площади пластинки с равномерно распределенной на ней массой нагрузкой, кг/м².

При креплении пластинки в четырех точках (рисунок Д1, б) $k = 1,57 \frac{a^2 + b^2}{(ab)^2}$,

при креплении пластинки в пяти точках (рисунок Д1, в) $k = 1,57 \frac{a^2 + 5b^2}{(a^2 + b^2)b^2}$,

при креплении пластинки в шести точках (рисунок Д1, г) $k = 1,57 \frac{2a^2 + b^2}{(2ab)^2}$.

Размеры в эти формулы подставляются в метрах.

Цилиндрическая жесткость пластинки рассчитывается по формуле

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}$$

где E – модуль продольной упругости материала пластинки, Па;

μ – коэффициент Пуассона материала пластинки.

Для стеклотекстолита $E=3,02 \cdot 10^{10}$ Па, $\mu=0,22$.

Масса единицы площади пластинки с равномерно распределенной на ней массой нагрузкой рассчитывается по формуле

$$m = \rho h + \frac{M_H}{ab},$$

где ρ – плотность материала пластинки, кг/м³;

h – толщина пластинки, м;

M_H – масса нагрузки на пластинку, кг.

Для пластинки (печатной платы) из стеклотекстолита $\rho=1,85 \cdot 10^3$ кг/м³.

Для выполнения требований ТЗ к жесткости печатной платы (по отсутствию резонансов в заданном диапазоне частот) необходимо, чтобы рассчитанное значение величины $0,8f_0$ было не меньше установленной в ТЗ частоты.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Расчет показателей уровня стандартизации и унификации

В качестве количественных показателей уровня унификации и стандартизации конкретного изделия используют коэффициент применяемости ($K_{\text{ПР}}$) и коэффициент повторяемости ($K_{\text{П}}$). Расчет этих коэффициентов выполняется по формулам из рекомендаций [22]. Официально эти рекомендации в настоящее время не действуют, но приведенные в них формулы для расчета количественных показателей уровня стандартизации и унификации по-прежнему используются.

Коэффициент применяемости определяется как отношение количества типоразмеров составных частей в изделии (без оригинальных) к общему количеству типоразмеров составных частей в изделии в процентах. Этот коэффициент характеризует уровень конструктивной преемственности составных частей в разрабатываемом изделии и вычисляется по формуле:

$$K_{\text{ПР}} = \frac{n - n_0}{n} 100\%,$$

где n – общее количества типоразмеров составных частей в изделии;
 n_0 – количество оригинальных составных частей в изделии.

Под типоразмером изделия понимают изделия данного типа и исполнения с определенными значениями параметров (число типоразмеров соответствует числу наименований составных частей в спецификации). К оригинальным относят составные части, разработанные впервые для данного изделия.

Коэффициент повторяемости характеризует уровень внутрипроектной унификации изделия и взаимозаменяемость составных частей внутри данного изделия. Чаще всего он определяется как отношение общего количества составных частей в изделии к общему количеству типоразмеров составных частей:

$$K_{\Pi} = \frac{N}{n},$$

где N – общее количество составных частей в изделии.

Перечень использованной литературы

1. ГОСТ 2.103 – 2013 ЕСКД. Стадии разработки.
2. ГОСТ 2.102 – 2013 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
3. Р 50-605-80 – 93 Рекомендации. СРПП. Термины и определения.
4. ГОСТ 2.119 – 2013 ЕСКД. Эскизный проект.
5. ГОСТ 17467 – 88 Микросхемы интегральные. Основные размеры.
6. ГОСТ 30631 – 99 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации.
7. ГОСТ 15150 – 69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
8. ГОСТ 2.105 – 95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

9. ГОСТ 2.106 – 96 ЕСКД. Текстовые документы.
10. ГОСТ 2.304 – 81 ЕСКД. Шрифты чертежные.
11. ГОСТ 2.109 – 73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
12. ГОСТ 2.413 – 72 ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа.
13. ГОСТ 2.701 – 2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
14. ГОСТ 2.702 – 2008 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
15. ГОСТ 2.414 – 91 ЕСКД. Платы печатные. Правила выполнения чертежей.
16. ГОСТ 2.201 – 80 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов
17. Классификатор ЕСКД. Класс 68. Оборудование электротермическое, электросварочное и для диффузионной сварки. Устройства магнитопроводящие, токопроводящие, электроизолирующие. М., 1986.
18. Классификатор ЕСКД. Класс 75. Детали – тела вращения и (или) не тела вращения кулачковые, карданные, с элементами зацепления, арматуры, санитарно-технические, разветвленные, пружинные, ручки, уплотнительные, отсчетные, пояснительные, маркировочные, защитные, посуда, оптические, электрорадиоэлектронные, крепежные. М., 1986.
19. ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.
20. ГОСТ Р 53429 – 2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции.
21. Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В., Белоусов О. А. Конструирование узлов и устройств электронных средств: учебное пособие. Ростов н/Д, 2013.
22. РД 50-33 – 80 Методические указания. Определение уровня унификации и стандартизации изделий.

**Николай Михайлович Бобков – преподаватель Нижегородского радиотехнического колледжа, конструктор Нижегородского научно-производственного объединения имени М. В. Фрунзе.
E-mail: n.bobkov@mail.ru**