

О Г Л А В Л Е Н И Е

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	5
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	9
ВВЕДЕНИЕ	12
ЧАСТЬ I. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	14
ГЛАВА 1.1. Общие сведения о конструировании радиоэлектронных средств	14
1.1.1. Понятие инженерного проектирования	14
1.1.2. Задачи проектирования РЭС	15
1.1.3. Особенности РЭС как объектов проектирования	17
1.1.4. Особенности проектирования конструкций РЭС	19
1.1.5. Стадии проектирования РЭС	21
1.1.6. Модульный принцип проектирования	22
Вопросы для контроля	24
ГЛАВА 1.2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	25
1.2.1. Состав и классификация стандартов ЕСКД	25
1.2.2. Схемная конструкторская документация	28
1.2.3. Чертежи деталей	40
1.2.4. Сборочные чертежи	43
1.2.5. Электронная конструкторская документация	47
1.2.6. Обозначение конструкторских документов в соответствии с классификатором ЕСКД	50
1.2.7. Единая система технологической документации	53
Вопросы для контроля	59
ЧАСТЬ II. ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ НУЛЕВОГО УРОВНЯ	61
ГЛАВА 2.1. Общие сведения об электронных модулях нулевого уровня	61
2.1.1. Этапы и направления развития элементной базы РЭС	61
2.1.2. Элементная база современных РЭС	63
2.1.3. Особенности конструкций корпусов электронных модулей нулевого уровня	65
Вопросы для контроля	68
ГЛАВА 2.2. ПАССИВНЫЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЯ	69
2.2.1. Резисторы	69
2.2.2. Конденсаторы	76
2.2.3. Трансформаторы и дроссели	83
2.2.4. Коммутационные устройства с магнитным управлением	92
2.2.5. Коммутационные устройства с механическим управлением	103
Вопросы для контроля	108

ГЛАВА 2.3. Активные электрорадиоизделия	109
2.3.1. Полупроводниковые диоды	109
2.3.2. Транзисторы	118
2.3.3. Интегральные микросхемы	124
2.3.4. Устройства индикации	137
Вопросы для контроля	155
ЧАСТЬ III. ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ ПЕРВОГО УРОВНЯ	157
ГЛАВА 3.1. Основы конструирования электронных модулей первого уровня	157
3.1.1. Этапы конструирования электронных модулей первого уровня	157
3.1.2. Общие сведения о печатных платах	157
3.1.3. Требования к конструкционным параметрам печатных плат	162
3.1.4. Требования к электрическим параметрам печатных плат	165
3.1.5. Общетехнические и технологические требования	
к печатным платам	172
Вопросы для контроля	174
ГЛАВА 3.2. Конструкторское проектирование печатных плат	176
3.2.1. Состав технического задания на проектирование печатных плат	176
3.2.2. Анализ назначения, объекта установки и условий эксплуатации РЭС	178
3.2.3. Обоснование и выбор группы жёсткости	188
3.2.4. Анализ схемы электрической принципиальной	190
3.2.5. Выбор элементной базы и вариантов её монтажа	192
3.2.6. Выбор типа конструкции и класса точности печатной платы	196
3.2.7. Выбор материала основания печатной платы	197
3.2.8. Определение габаритных размеров печатной платы	200
3.2.9. Определение толщины основания печатной платы	202
3.2.10. Расчёт элементов проводящего рисунка	203
3.2.11. Определение мест и способов нанесения маркировки	210
3.2.12. Обеспечение защиты от внешних воздействий	211
3.2.13. Автоматизация конструирования печатных плат	211
Вопросы для контроля	213
ГЛАВА 3.3. ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЁТЫ	216
3.3.1. Оценка устойчивости к вибрационным нагрузкам	216
3.3.2. Определение устойчивости к ударным воздействиям	227
3.3.3. Анализ теплового режима	230
Вопросы для контроля	236
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	238
ПРИЛОЖЕНИЯ	240
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	248

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем учебном пособии использованы ссылки на действующие отечественные и международные стандарты по состоянию на 01.01.2018 г.

1. ГОСТ 2.103–2013. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.
2. ГОСТ Р 52003–2003. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения.
3. ГОСТ 2.001–2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.
4. ГОСТ 1.0–2015. Межгосударственная система стандартизации. Основные положения.
5. ГОСТ 2.701–2008. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
6. ГОСТ 2.102–2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.
7. ГОСТ 2.124–2014. Единая система конструкторской документации. Порядок применения покупных изделий.
8. ГОСТ 2.702–2011. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем.
9. ГОСТ 2.721–74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
10. ГОСТ 2.710–81. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
11. ГОСТ 2.301–68. Единая система конструкторской документации. Форматы.
12. ГОСТ 2.104–2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
13. ГОСТ 2.101–2016. Единая система конструкторской документации. Виды изделий.
14. ГОСТ 2.109–73. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам.
15. ГОСТ 2.307–2011. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений.
16. ГОСТ 2.318–81. Единая система конструкторской документации. Правила упрощённого нанесения размеров отверстий.
17. ГОСТ 2.308–2011. Единая система конструкторской документации. Указания допусков формы и расположения поверхностей.
18. ГОСТ 2.309–73. Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей.
19. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

20. ГОСТ 2.310–68. Единая система конструкторской документации. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.
21. ГОСТ 1050–2013. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.
22. ГОСТ 10316–78. Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Технические условия.
23. ГОСТ 2.417–91. Единая система конструкторской документации. Платы печатные. Правила выполнения чертежей.
24. ГОСТ Р 51040–97. Платы печатные. Шаги координатной сетки.
25. ГОСТ 2.106-96. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
26. ГОСТ 29137–91. Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования.
27. ГОСТ 2.051–2013. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.
28. ГОСТ Р 34.10–2012. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи.
29. ГОСТ 2.004–88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.
30. ГОСТ 2.601–2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.
31. ГОСТ 2.602–2013. Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы.
32. ГОСТ 2.201–80. Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов.
33. ГОСТ 3.1001–2011. Единая система технологической документации. Общие положения.
34. ГОСТ 3.1428–91. Единая система технологической документации. Правила оформления документов на технологические процессы (операции) изготовления печатных плат.
35. ГОСТ 14.004–83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.
36. ГОСТ 18472–88. Приборы полупроводниковые. Основные размеры.
37. ГОСТ Р 54844–2011. Микросхемы интегральные. Основные размеры.
38. ГОСТ Р 52002–2003. Электротехника. Термины и определения основных понятий.
39. ГОСТ 21414–75. Резисторы. Термины и определения.
40. ГОСТ 2.728–74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
41. ГОСТ 24013–80. Резисторы постоянные. Основные параметры.

42. ГОСТ 10318–80. Резисторы переменные. Основные параметры.
43. ГОСТ 28884–90. Ряды предпочтительных значений для резисторов и конденсаторов.
44. ГОСТ 9664–74. Резисторы. Допускаемые отклонения от номинального значения сопротивления.
45. ГОСТ 28883–90. Коды для маркировки резисторов и конденсаторов.
46. ГОСТ 21415–75. Конденсаторы. Термины и определения.
47. ГОСТ 8032–84. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел.
48. ГОСТ Р 50292–92. Конденсаторы постоянной ёмкости для электронной аппаратуры. Часть 8. Групповые технические условия на конденсаторы постоянной ёмкости с керамическим диэлектриком типа 1.
49. ГОСТ 26192–84. Конденсаторы постоянной ёмкости. Коды цветовые для маркировки.
50. ГОСТ 18685–73. Трансформаторы тока и напряжения. Термины и определения.
51. ГОСТ 20938–75. Трансформаторы малой мощности. Термины и определения.
52. ГОСТ 17596–72. Трансформаторы согласования низкочастотные мощностью до 25 Вт. Основные параметры.
53. ГОСТ 16019–2001. Аппаратура сухопутной подвижной радиосвязи. Требования по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и методы испытаний.
54. 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.
55. ГОСТ 2.755–87. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
56. ГОСТ 15133–77. Приборы полупроводниковые. Термины и определения.
57. ГОСТ 2.730–73. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.
58. ГОСТ 19783–74. Паста кремнийорганическая теплопроводная. Технические условия.
59. ГОСТ 19480–89. Микросхемы интегральные. Термины, определения и буквенные обозначения электрических параметров.
60. ГОСТ 31997-2012. Лампы миниатюрные.
61. ГОСТ Р 53386–2009. Платы печатные. Термины и определения.
62. ГОСТ Р 53429–2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции.
63. ГОСТ 25347–82. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
64. ГОСТ 23752–79. Платы печатные. Общие технические условия.

65. ГОСТ Р МЭК 61192–1–2010. Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 1. Общие технические требования.
66. ГОСТ Р 51623–2000. Конструкции базовые несущие радиоэлектронных средств. Система построения и координационные размеры.
67. ГОСТ 2.314–68. Единая система конструкторской документации. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий.
68. ГОСТ Р МЭК 60297–3–101–2006 Конструкции несущие базовые радиоэлектронных средств. Блочные каркасы и связанные с ними вставные блоки. Размеры конструкций серии 482,6 мм (19 дюймов).
69. ГОСТ Р МЭК 60917–1–2011 Модульный принцип построения базовых несущих конструкций для электронного оборудования. Часть 1. Общий стандарт.
70. ОСТ 45.010.030–92. Электронные модули первого уровня РЭС. Установка изделий электронной техники на печатные платы.
71. ОСТ 11.074.009–78. Резисторы. Классификация и система условных обозначений.
72. ОСТ 11.074.008-76. Конденсаторы. Классификация и система условных обозначений.
73. ОСТ 11.336.919–81. Приборы полупроводниковые. Система условных обозначений.
74. ОСТ 11.073.915–80. Микросхемы интегральные. Классификация и система условных обозначений.
75. РД–50–708–91. Инструкция. Платы печатные. Требования к конструированию.
76. IEC 61249-2-6 (2003). Материалы для печатных плат и других структур межсоединений. Часть 2-6. Армированные материалы основания с плакировкой и без плакировки. Броминированные эпоксидные слоистые пластики со стеклотканью Е нетканой/тканой, с определенной воспламеняемостью (вертикальное испытание на горение), плакированные медью.
77. NEMA Standards Publication No. LI 1-1998. *Industrial Laminating Thermosetting Products*.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- BiCMOS* – *Bipolar Complementary Metal-Oxide Semiconductor* – биполярная КМОП-логика
- CMOS* – *Complementary Metal-Oxide Semiconductor* (см. КМОП)
- DCTL* – *Direct-Coupled Transistor Logic* (см. НСТЛ)
- DIL* – *Dual Inline* – два в линию – корпус с двухрядным расположением выводов
- DIP* – *Dual Inline Package* – пластмассовый *DIL*
- DTL* – *Diode-Transistor Logic* (см. ДТЛ)
- ECL* – *Emitter-Coupled Logic* (см. ЭСЛ)
- I₂/L* – см. *IIL*
- I₃/L* – см. *IIIЛ*
- IIIЛ* – *Isoplanar Injection Integrated Logic* (см. ИИИЛ)
- IIL* – *Integrated Injection Logic* (см. ИИЛ)
- IPS* – *In-Plane Switching* – плоскостное переключение
- LCD* – *Liquid Crystal Display* – жидкокристаллический дисплей
- LED* – *Light Emitting Diode* – светоизлучающий диод
- MVA* – *Multi-domain Vertical Alignment* – мультидоменное вертикальное выравнивание
- PDP* – *Plasma Display Panel* – плазменная дисплейная панель
- QIL* – *Quad Inline* – четыре в линию – корпус с четырьмя рядами выводов
- QLED* – *Quantum dot Light Emitting Diode* – светоизлучающий диод на основе квантовых точек
- RCTL* – *Resistor-Capacitor-Transistor Logic* (см. РЕТЛ)
- RTL* – *Resistor-Transistor Logic* (см. РТЛ)
- SIL* – *Single Inline* – один в линию – корпус с однорядным расположением выводов
- TFT* – *Thin-Film Transistor* – тонкоплёночный транзистор
- TTL* – *Transistor-Transistor Logic* (см. ТТЛ)
- TTLSh* – *Transistor-Transistor Logic (with) Schottky (diodes)* (см. ТТЛШ)
- UHA* – *Ultra High Aperture* – ультравысокая апертура
- АПУ – алфавитно-предметный указатель
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь
- БИС – большая интегральная схема
- БНК – базовая несущая конструкция
- ГЖП – гибко-жёсткая плата
- ГОСТ – государственный стандарт
- ГПК – гибкий печатный кабель
- ГПП – гибкая печатная плата
- ДПП – двухсторонняя печатная плата
- ДТЛ – диодно-транзисторная логика
- ДЭ – документ электронный
- ЕСЗКС – единая система защиты от коррозии и старения

ЕСКД	– единая система конструкторской документации
ЕСПД	– единая система программной документации
ЕСТД	– единая система технологической документации
ЕСТПП	– единая система технологической подготовки производства
ЖКИ	– жидкокристаллический индикатор
ЗСИ	– знакосинтезирующий индикатор
И2/Л	– см. ИИЛ
И3/Л	– см. ИИИЛ
ИЕ	– информационная единица
ИИИЛ	– интегрально-инжекционная изопланарная логика
ИИЛ	– интегрально-инжекционная логика
ИМС	– интегральная микросхема
ИУЛ	– информационно-удостоверяющий лист
КД	– конструкторская документация
КМОП	– комплементарная металл-оксид-полупроводник логика
КУ	– коммутационное устройство
ЛЭ	– логический элемент
МДП	– металл-диэлектрик-полупроводник
МДС	– магнитодвижущая сила
МОП	– металл-оксид-полупроводник
МПП	– многослойная печатная плата
МЭК	– Международная электротехническая комиссия
НСТЛ	– непосредственно связанная транзисторная логика
ОПП	– односторонняя печатная плата
ОСТ	– отраслевой стандарт
ОТК	– отдел технического контроля
ПЛИС	– программируемая логическая интегральная схема
ПМК	– поверхностью-монтируемый компонент
ПП	– печатная плата
РЕТЛ	– резисторно-ёмкостная транзисторная логика
РПП	– рельефная печатная плата
РТЛ	– резисторно-транзисторная логика
РЭС	– радиоэлектронное средство
САПР	– система автоматизированного проектирования
СБИС	– сверхбольшая интегральная схема
СВЧ	– сверхвысокая частота
ТД	– технологическая документация
ТЗ	– техническое задание
ТКЕ	– температурный коэффициент ёмкости
ТКС	– температурный коэффициент сопротивления
ТТЛ	– транзисторно-транзисторная логика
ТТЛШ	– транзисторно-транзисторная логика с диодами Шоттки
ТУ	– технические условия
УБНК	– унифицированная базовая несущая конструкция
УГО	– условное графическое обозначение

- УТП – унифицированный трансформатор питания
УФЭ – устройство функциональной электроники
ЦАП – цифроаналоговый преобразователь
ЧПУ – числовое программное управление
ЭВМ – электронно-вычислительная машина
ЭДС – электродвигущая сила
ЭЛТ – электронно-лучевая трубка
ЭМ0 – электронный модуль нулевого уровня
ЭМ1 – электронный модуль первого уровня
ЭМ2 – электронный модуль второго уровня
ЭМ3 – электронный модуль третьего уровня
ЭП – эскизный проект
ЭРИ – электрорадиоизделие
ЭСЛ – эмиттерно-связанная логика
ЭЦП – электронная цифровая подпись

ВВЕДЕНИЕ

Создание новой, перспективной продукции является важнейшей целью, стоящей перед российской радиоэлектронной промышленностью. Характерной особенностью современного рынка является наличие множества товаров одного и того же назначения, но отличающихся разнообразием дизайнераского оформления, конструктивными особенностями, надёжностью, качеством и стоимостью. Сфера радиоэлектроники, являясь компонентом структуры глобального рынка, также неизбежно должна следовать общемировым тенденциям в рыночной экономике, в том числе производить изделия, способные конкурировать с продукцией как известных, так и малоизвестных отечественных и зарубежных производителей. Достижение поставленной цели обеспечивается решением целого комплекса разнообразных и сложных задач. Одной из таких задач является подготовка квалифицированных кадров для предприятий радиоэлектронного профиля. Решению этой задачи отводится главное место в общем направлении на модернизацию промышленности.

Компетентный конструктор радиоэлектронных средств (РЭС) должен уметь не только представлять принцип работы устройства и досконально разбираться в нормативно-технической документации на разных уровнях конструктивной иерархии, но и отлично знать современную элементную базу, особенности функционирования аппаратуры в различных условиях эксплуатации, способы защиты от воздействия на РЭС дестабилизирующих внешних факторов различной природы, а также владеть навыками проектных работ с использованием современных информационных технологий.

При написании данного учебного пособия на основании анализа целого ряда литературных источников разных лет, авторам удалось структурированно синтезировать в этом издании разрозненную (а зачастую и противоречивую) информацию в области проектирования и технологии РЭС.

Учебное пособие состоит из трёх частей. В первой приводятся базовые сведения об инженерном проектировании, стадиях проектирования РЭС и технической документации. Поскольку умение руководствоваться такими документами при выполнении всех этапов проектных работ – обязательное требование к специалисту, то в пособии существенное место отведено сведениям о действующих стандартах и актуальной нормативно-технической документации, используемых для решения задач, возникающих на всех этапах проектирования РЭС.

Вторая часть посвящена особенностям конструкций электронных модулей нулевого уровня. Современные РЭС, в том числе аппаратура средств связи, приборы и устройства промышленного, оборонного, космического и бытового назначения изготавливаются на базе электрорадиоизделий (ЭРИ), номенклатура которых насчитывает сотни наименований, типов и типоразмеров. Разработчику РЭС необходимо свободно ориентироваться во всем многообразии радиоэлектронных компонентов и уметь обоснованно осуществлять выбор элементной базы. Наряду с применяемой технологией изготовления ЭРИ главным образом определяют качество и надёжность

изделий РЭС в целом, а также их основные технические характеристики, устойчивую и безаварийную работу в различных условиях эксплуатации. Поэтому значительное внимание в пособии уделено свойствам, классификации, системе условных обозначений, маркировке и вопросам применения ЭРИ.

В третьей части изложены особенности конструирования функциональных узлов на печатном монтаже с учётом требований, предъявляемых к конструкции ЭС по воздействию дестабилизирующих факторов. Рассматриваются этапы проектирования печатных плат, в том числе поверочные расчёты на вибро- и ударопрочность, анализ теплового режима.

Содержание учебного пособия полностью соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту и предназначено для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлениям укрупненной группы специальностей 11.00.00 – «Электроника, радиотехника и системы связи», всех форм обучения. Пособие может быть использовано студентами при выполнении лабораторных, контрольных работ, разделов курсового проекта по дисциплинам «Основы конструирования РЭС», «Основы проектирования электронных средств», «Основы обеспечения тепловых воздействий и механической устойчивости РЭС», «Конструирование узлов и устройств электронных средств», «Конструирование радиоэлектронных средств и комплексов специального назначения». Пособие также может быть полезно студентам и других технических направлений и специальностей.

ЧАСТЬ I. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

ГЛАВА 1.1. Общие сведения о конструировании радиоэлектронных средств

Процесс конструирования представляет собой практическую деятельность человека по созданию материального образа разрабатываемого объекта с использованием натурных моделей и их графических изображений. Конструкция РЭС, рассматриваемая как структурное образование, составленное из совокупности элементов и деталей с различными физическими свойствами и формами, находящихся в определённой взаимосвязи, во многом определяет качество функционирования и конкурентоспособность проектируемой системы. В первую очередь это относится к надёжности, технологичности, безопасности, энергетической эффективности. Конструирование РЭС в настоящее время рассматривается как выполнение сложных инновационных проектов, важными особенностями которых являются высокая степень неопределенности и риска, большие затраты материальных и временных ресурсов, необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов.

1.1.1. Понятие инженерного проектирования

Под инженерным проектированием понимают процессы создания, преобразования и формализованного представления образа ещё не существующего технического объекта. Образ объекта в целом или его составных частей создаётся в воображении человека или формируется в соответствии с некоторыми алгоритмами в ходе взаимодействия человека и компьютера [1]. Следовательно, инженерное проектирование представляет собой процесс, в котором научно-техническая информация используется для создания нового объекта, приносящего обществу определённую пользу. В настоящее время принято выделять **функциональный, оптимальный и системный** подходы к проектированию.

Основной целью при функциональном подходе к проектированию является создание эффективно работающего и выполняющего требуемую функцию объекта. Основное внимание обращается прежде всего на показатели качества и надёжности. Функциональное проектирование часто заложено в основу массового производства разнообразных изделий. Основным недостатком такого подхода является сложность правильного выбора целевой функции и расстановки приоритетов. Например, можно спроектировать изделие, надёжно и качественно выполняющее свою основную функцию, но обладающее непривлекательным для потребителей дизайном и неудобное в эксплуатации. Такой подход к проектированию присущ в случае отсутствия на рынке товаров конкурентов.

Подход к проектированию, целью которого является не только поиск функционально эффективных решений, но и удовлетворение разных, порой противоречивых критериев, получил название оптимального. Активно оптимальное проектирование начало применяться со второй половины прошлого столетия благодаря достижениям теории принятия решений и теории исследования операций, а также развитию вычислительной техники, позволившей оперативно просчитывать многочисленные варианты и решать сложные математические задачи. При оптимальном проектировании на этапе технического задания составляется полный перечень требований к разрабатываемому объекту. Из этих требований формируются частные показатели качества, наиболее важные из которых сводятся в комплексный критерий оптимизации.

В последние годы не только существенно возросла сложность проектируемых объектов, но и их воздействие на общество и окружающую среду, в том числе тяжёлые последствия аварий и катастроф, высокие требования к цене и качеству, сокращению сроков выпуска новой продукции. Необходимость учёта этих обстоятельств внесла изменения в традиционный характер и методологию проектной деятельности. Сформировалась новая проектная идеология, получившая название системного подхода к проектированию. Основным принципом системного подхода к проектированию является рассмотрение разрабатываемого объекта как системы, состоящей из множества элементов, обладающих определённой структурой, свойствами и разнообразными внутренними и внешними связями. Системное проектирование комплексно решает поставленные задачи, принимает во внимание взаимодействие и взаимосвязь отдельных объектов и их частей как между собой, так и с внешней средой, учитывает социально-экономические и экологические последствия их функционирования. Системное проектирование основывается на тщательном совместном рассмотрении объекта и процесса проектирования.

При том или ином подходе проектирование РЭС в большинстве случаев заключается в разработке в течение заданного времени и с минимальными затратами конструкции и технологических процессов производства новых конкурентоспособных электронных средств, которые с требуемой эффективностью выполняют предписанные им функции в заданных условиях. В процессе проектирования выполняется комплекс исследовательских и расчётно-конструкторских работ, в результате выполнения которых создаётся документация на разрабатываемое изделие, необходимая для его производства.

1.1.2. Задачи проектирования РЭС

По степени новизны создаваемых объектов РЭС выделяют следующие задачи проектирования [2]:

1. **Частичная модернизация существующего изделия**, обеспечивающая незначительное улучшение или расширение функциональных характеристик и других показателей качества. Например, повышение надёжности, точности

работы, дальности действия, уменьшение габаритов, энергопотребления и т.д. В зависимости от вида показателя качества под незначительным улучшением понимается изменение характеристик от нескольких процентов (точность работы) до нескольких десятков процентов.

2. **Существенная модернизация прототипа**, в результате которой происходит значительное улучшение показателей качества РЭС (от нескольких десятков до сотен процентов, т.е. в несколько раз). Это может достигаться серьёзными изменениями конструкции и принципа действия.

3. **Создание принципиально новых РЭС**, использующих иные принципы действия, решаящих другие задачи и изготовленных по вновь разработанным технологиям. При сопоставлении с прототипами и аналогами отдельные показатели качества новых РЭС могут увеличиваться на несколько порядков.

Основными путями достижения новизны проектируемых РЭС являются:

- использование новых физических явлений и принципов действия;
- применение новых материалов, в том числе наноматериалов, более совершенной элементной базы и структуры;
- применение современных информационных технологий, методов искусственного интеллекта, отказоустойчивости и т.п.;
- улучшение производственных процессов на основе использования прогрессивных и энергосберегающих технологий, автоматизации процессов, внедрения методов контроля качества и др.

В общем случае проектирование следует рассматривать как один из этапов жизненного цикла РЭС. Укрупнённо это можно представить в виде замкнутого цикла обновления, показанного на рис. 1.1.1 [3].



Рис. 1.1.1. Цикл обновления

Данный цикл содержит пять последовательно повторяющихся этапов:

1) формирование цели модернизации (создания нового изделия) выполняется на основании накопленного опыта эксплуатации и проектирования объекта, требований заказчика, характеристик продукции конкурентов, последних достижений в науке и технике;

2) анализ объектов и предметной области предусматривает нахождения общих идей и концепций, которые могут быть использованы для достижения поставленных целей;

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru