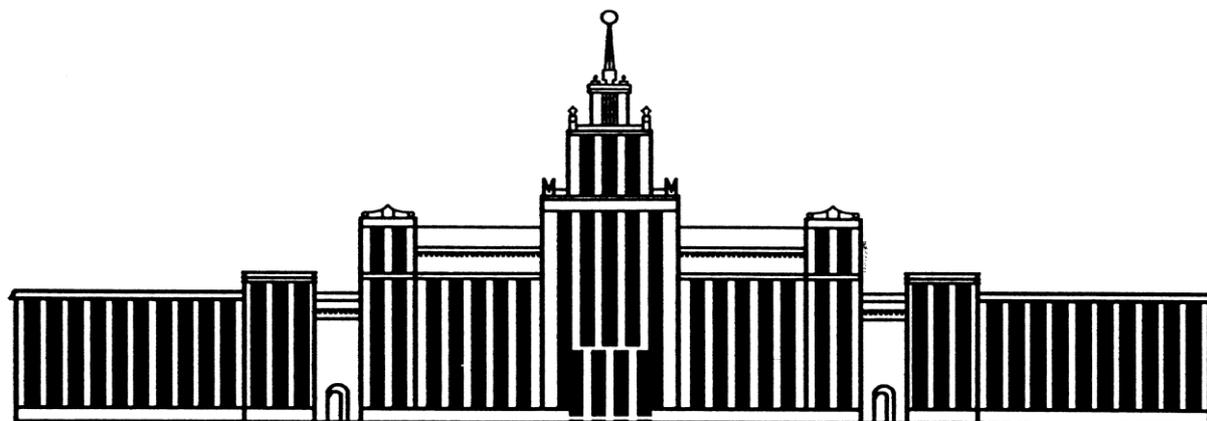

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621.38(07)
3-122

Н.С. Забейворота

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Конспект лекций

Часть 1

Челябинск
2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра физики наноразмерных систем

621.38(07)
3-122

Н.С. Забейворота

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Конспект лекций

Часть 1

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2020

УДК 621.38.002.3(075.8) + 621.382.8(075.8)
З-122

*Одобрено
учебно-методической комиссией
института естественных и точных наук*

*Рецензенты:
Е.А. Беленков, Л.А. Песин*

Забейворота, Н.С.

З-122 Основы проектирования электронной компонентной базы: конспект лекций / Н.С. Забейворота. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – Ч. 1. – 80 с.

Пособие предназначено для студентов института естественных и точных наук по направлению подготовки «Электроника и наноэлектроника» 11.03.04 и 11.04.04. Оно содержит основные темы лекций, разработанных на основе рабочей программы по дисциплине «Основы проектирования электронной компонентной базы». В нем раскрыты особенности организации проектирования электронной компонентной базы, последовательность стадий и этапов работ по её разработке, основные требования к содержанию и оформлению технической документации для выпуска продукции, а также рассмотрены системы автоматизированного проектирования технической документации.

УДК 621.38.002.3(075.8) + 621.382.8(075.8)

© Забейворота Н.С., 2020
© Издательский центр ЮУрГУ, 2020

Введение. Цели и задачи дисциплины.

Роль и место в электронике.

Развитие электронной компонентной базы России

Роль и значение работ, связанных с разработкой электронной компонентной базы, конструкции и технологии производства, в общем процессе создания электронных средств (ЭС) все более возрастает из-за роста степени интеграции применяемой микроэлектронной элементной базы, что требует новых подходов к решению задач компоновки, помехоустойчивости, обеспечения нормальных тепловых режимов и высокой надежности. С другой стороны, это вызвано расширением сфер применения ЭС, что требует использования современных методов конструирования и технологических процессов, обеспечивающих оптимальное сочетание необходимых эксплуатационных и экономических характеристик. Поэтому от правильного решения конструкторских и технологических проблем при проектировании ЭС зависят в конечном итоге ее потребительские качества.

Основные понятия

Конструкция (лат. constructio – строение, устройство, построение, план, взаимное расположение частей), англ. – construction, нем. – die Konstruktion, фр – construction.

Технология (греч. Technē – искусство, мастерство + logos – понятие, учение), англ. – technology, нем. – die Technologie, фр. – technologie.

Проектирование – это процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта, на основе первичного описания этого объекта и алгоритма его функционирования или алгоритма процесса преобразованием первичного описания, оптимизацией заданных характеристик объекта и объекта его функционирования, устранением некорректности первичных описаний на различных языках.

Под **конструкцией электронного средства** понимается совокупность элементов и деталей с различными физическими свойствами и формами, находящимися в определенной пространственной, механической, тепловой, электромагнитной и энергетической взаимосвязи. Эта взаимосвязь определяется электрическими схемами и конструкторской документацией и обеспечивает выполнение электронными средствами заданных функций с необходимой точностью и надежностью в условиях воздействия на нее различных факторов: эксплуатационных, производственных, человеческих.

Целью проектирования является разработка такой схемы и конструкции, которые обеспечивают выполнение заданных требований и наилучшие показатели качества. Качество оценивается комплексным показателем, который учитывает функциональные параметры, определяемые схе-

мой электрической, конструктивные параметры, экономические параметры, параметры эргономики, эстетики, удобства и безопасности, а также технологичности производства. Указанные частные показатели качества взаимосвязаны, противоречивы, а поэтому, при проектировании необходимо найти такие решения, которые обеспечивают оптимальность комплексного показателя качества с учетом важнейших для данного изделия частных показателей.

Технология производства, или технологический процесс – основная часть производственного процесса, заключающаяся в выполнении определенных действий, направленных на изменение исходных свойств объекта производства (в нашем случае ЭС) и достижение им определенного состояния, соответствующего технической (конструкторской) документации.

Проектирование и технология производства являются, с одной стороны, отдельными частями сложного процесса разработки ЭС, а с другой, не могут выполняться в отдельности, без учета взаимосвязей между собой и с другими этапами разработки. Являясь этапами более общего процесса: «разработка - производство - эксплуатация», как конструирование, так и технология определяют в конечном итоге общие потребительские свойства ЭС.

К разработчику электронных средств предъявляются серьезные требования, он должен обладать знаниями по всем вопросам конструкторско-технологического проектирования:

- виды и порядок разработки технической документации;
- влияние внешних факторов на работоспособность ЭС;
- методы проектирования и изготовления микроэлектронных изделий;
- методы конструирования элементов, узлов и устройств ЭС;
- обеспечение электромагнитной совместимости, механической прочности, нормальных тепловых режимов и надежности;
- проектирование ЭС с учетом требований эргономики и технической эстетики;
- общие вопросы организации производства ЭС;
- стандартные и специальные технологические процессы в производстве ЭС;
- методы сборки и монтажа ЭС;
- методы регулировки, настройки и испытаний ЭС.

Развитие информационных технологий и широкое их применение для проектирования различных изделий дает возможность разработчику ЭС использовать принципиально новые инструменты и подходы, что в конечном итоге отражается на сокращении сроков разработки, улучшении технических и снижении экономических показателей создаваемой ЭС.

Для развития электронной компонентной базы России была разработана государственная программа, выдержки из которой приведены ниже.

Паспорт государственной программы Российской Федерации
Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности
на 2013–2025 годы

Цель Программы - повышение конкурентоспособности радиоэлектронной промышленности посредством создания инфраструктуры для развития приоритетных направлений, интеграции в международный рынок и реализация инновационного потенциала.

Задачи Программы - Создание научно-технического задела по перспективным электронным и радиоэлектронным технологиям соответствующим современному уровню развития радиоэлектроники. Создание современной научно-технической и производственно-технологической базы производства конкурентоспособных радиоэлектронных изделий. Обеспечение в требуемых объемах производства радиоэлектронных изделий для приоритетных образцов вооружения, военной специальной техники, определяющих перспективный облик Вооруженных Сил Российской Федерации.

Приоритеты по развитию технологий.

Достижение целевой бизнес-модели отрасли невозможно без ликвидации технологического отставания и формирования научно-технического задела в выбранных продуктовых направлениях. Программа предусматривает фокусирование на развитии следующих ключевых технологий:

- Разработка и производство радиационно-стойкой электронной компонентной базы;
- Разработка и производство СВЧ-компонентов;
- Дизайн интегральных схем; Разработка и производство компонентов оборудования и алгоритмов защищенной связи;
- Разработка специализированного программного обеспечения;
- Сетевые технологии, технологии комплексных систем управления;
- Разработка и производство сенсоров;
- Разработка и производство прецизионного оборудования для производства микроэлектроники;
- Технологии силовой и промышленной радиоэлектроники.

Кроме сфокусированного развития ключевых технологий Программа предусматривает еще два приоритета технологического развития отрасли:

- Нишевые технологии профессионального сегмента.
- Формирование долгосрочного научно-технического задела.

Российские микропроцессоры

Разработкой и производством процессоров в России заняты сразу несколько компаний. Россия – одна из очень немногих стран мира, которая может похвастаться современными процессорами собственной разработки. Это очень большое достижение, так как микропроцессоры являются стратегически важным продуктом: особенно «военные» и «космические» варианты процессоров, которые нельзя так просто купить на свободном рынке.

Производство микросхем в России

В России и Белоруссии есть пять крупных микропроцессорных производств – зеленоградские Микрон и Ангстрем, секретная фабрика в Курчатове/НИИСИ, вспомогательное производство в Воронеже и фабрика Интеграл в Белоруссии.

Микрон и Ангстрем используют оборудование, купленное у ST, AMD и IBM. На Микроне уже реально производятся микросхемы по нормам 90 нанометров на 200 мм пластинах (SRAM и Эльбрус). Техпроцесс 65 нм неспешно ковыряют, первый опытный образец был выпущен ещё в 2014 г., в 2017 году чистый КМОП процесс-таки заработал. На Ангстреме – 600 нм на старой линии, 130 нм от AMD и 90 нм от IBM на 200 мм пластинах запустили к началу 2016 года.

Российские фабрики Микрон и Ангстрем можно применять для производства определённых продуктов, типа микроконтроллеров. Кроме того, они имеют стратегическое значение – вокруг них учатся специалисты, опыт которых пригодится и в контрактных производствах на тайваньской TSMC.

Электронная компонентная база. Классификация и компоненты аналоговых и цифровых устройств. Основные параметры и характеристики

Компонентная база ИМС

Основными конструктивными элементами-компонентами как тонкопленочных, так и толстопленочных гибридных микросхем являются: исходная диэлектрическая подложка; пленочные резисторы, конденсаторы, индуктивности, проводники и контактные площадки, а также RC- и LC-структуры; навесные бескорпусные полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды, тиристоры, МДП структуры и другие) и микросхемы; навесные миниатюрные пассивные элементы (конденсаторы больших номинальных значений, трансформаторы, дроссели и т. д.), используемые в некоторых типах схем; корпус, предназначенный для защиты микросхем от климатических и механических воздействий, облучения и т. д. Для твердо-

тельных полупроводниковых ИМС компонентная база в первую очередь отличается используемой подложкой, которая обладает полупроводниковыми свойствами и играет активную роль по сравнению с диэлектрическими подложками пленочных ИМС, т.к. в её объеме формируются активные, а иногда и пассивные элементы ИМС. Кроме подложки к компонентам полупроводниковой ИМС относятся проводниковые и диэлектрические слои, а также герметизирующие элементы.

Подложка – основная конструктивная база ИМС

К материалу подложки независимо от конструкции и назначения микросхемы предъявляют следующие требования.

1. Высокое качество обработки рабочей поверхности, обеспечивающее четкость и прочность рисунка (топологии) схемы, а также воспроизводимость электрических параметров схемных элементов.

2. Высокая механическая прочность при относительно небольшой толщине. В процессе изготовления микросхем подложка подвергается 11 многократному воздействию высокотемпературных операции, которые могут вызвать ее растрескивание и разрушение. Поэтому она должна обладать хорошими механическими свойствами.

3. Минимальная пористость. Пористость подложки влияет на структуру и свойства пленок. Кроме того, в процессе нагрева из подложки выделяются адсорбированные газы, которые могут оказывать существенное влияние на качество наносимых пленок. Высокая плотность материала подложки позволяет исключить интенсивное газовыделение.

4. Высокая теплопроводность. Выделяемое элементами гибридной микросхемы тепло при работе микросхемы отводится через подложку. Высокая теплопроводность подложки обеспечивает уменьшение температурного градиента на ее поверхности и снижение общего нагрева.

5. Химическая стойкость. Химически стойкие подложки можно подвергать воздействию технологических операций, связанных с применением различных химических реагентов. В состав подложки не должны входить вещества, которые могут вступать в реакции с пленками и влиять на их свойства.

6. Высокое удельное сопротивление. Подложка является общим основанием для всех элементов, поэтому она должна обладать хорошими диэлектрическими свойствами для обеспечения изоляции элементов схемы.

7. Близость коэффициентов термического расширения подложки и наносимых на нее пленок. Это требование необходимо выполнять для исключения возможности появления механических напряжений в пленках.

8. Низкая стоимость исходного материала и технологии его обработки.

Для изготовления подложек гибридных микросхем применяют следующие материалы: стекла электровакуумные С48-3 и С41-1, глазурь Г900-1, керамические вакуумно-плотные материалы 22ХС, поликор, сап-

фирит, ситаллы СТ-50-1, СТ-38-1 и СТ-32-I, сапфир, кварц и некоторые другие. Подложки для гибридных микросхем имеют, как правило, квадратную и прямоугольную форму. Длина подложек l и ширина b нормированны, причем рекомендуемыми являются размеры со следующими значениями произведения $l \times b$: 60×48, 30×48, 30×24, 30×16, 20×16, 10×16, 10×12, 5×6 мм.

Полупроводниковая подложка может быть изготовлена как из элементарных полупроводников (германий, кремний), так и из полупроводниковых соединений группы АIII BV (GaAS, GaIn и т.д.).

Резисторы и конденсаторы ИМС

Резисторы. В зависимости от технологии производства различают: монокристаллические, тонкопленочные и толстопленочные резисторы. Монокристаллические резисторы. Из различных технологий чаще всего используют ту, при которой резисторы образуются одновременно с формированием базовых областей транзисторов. Так как номиналы этих пассивных элементов зависят от режима изолирующей диффузии, то для получения заданных сопротивлений необходимо обеспечить точное управление процессом диффузии. Тонкопленочные резисторы. Этой разновидности резисторов свойственны такие характеристики, которые трудно достичь средствами полупроводниковой технологии. Для получения тонкопленочных резисторов используют хром, тантал, а также металлокерамику на основе оксида кремния и оксида хрома. Простейший тонкопленочный резистор представляет металлическую пленку толщиной x_1 , имеющую форму квадрата с размером стороны l .

Толстопленочные резисторы (ТПР). ТПР производятся с помощью трафаретной печати с использованием резистивных паст. Такие резисторы обладают пониженной точностью изготовления и соответственно применяются, где не требуется относительно малого изменения номинала сопротивления. Однако такие резисторы обладают повышенной механической прочностью по сравнению с тонкопленочными резисторами и применяются в основном для мобильных, передвижных объектов. Их удельное сопротивление достигается в результате варьирования состава смеси порошков, проводящих частиц и частиц окислов металлов.

Тонкопленочные резисторы имеют сильную зависимость параметров не только от технологических характеристик процесса их изготовления, но и от точности приготовления и правильности выбора материала, конструкции и расчёта их параметров. Тонкопленочные резисторы обладают высокой стабильностью электрофизических параметров и точностью изготовления. Поэтому такие резисторы нашли наиболее широкое применение в микроэлектронных структурах.

Конденсаторы. Подобно резисторам, конденсаторы ИМС в зависимости от технологии изготовления могут быть монокристаллическими, тонкопленочными и толстопленочными.

Монолитные конденсаторы. Конденсаторы данного вида представляют собой р-п-переходы, смещенные в обратном направлении и образуются между эпитаксиальными слоями п- и р-типов. Кроме того, между эпитаксиальным слоем п-типа и подложкой возникает некоторая паразитная емкость. Емкость таких конденсаторов, подобно емкости варикапов, зависит от приложенного напряжения.

Тонкопленочные конденсаторы. Имеется несколько видов таких конденсаторов. Чаще всего они представляют металлические параллельные пластины, разделенные слоем диэлектрика; существуют также МОПконденсаторы. Их можно рассматривать и как монолитные, и как тонкопленочные элементы. Они образуются между алюминиевой пленкой и полупроводником п + -типа с малым сопротивлением, который возникает при 16 диффузионном формировании эмиттерной области.

Толстопленочные конденсаторы. Такие конденсаторы чаще всего формируют в заказных ИМС. Наибольшая трудность при их изготовлении возникает ввиду разности температурных коэффициентов линейного расширения алюминия, из которого выполнена подложка, и титана, применяемого для формирования другой обкладки. Существуют различные способы преодоления этой и ряда других трудностей.

Проводники и контактные площадки ИМС

Элементы любого типа ИМС объединяются в единую схему при помощи системы пленочных коммутационных проводников, которые в местах соединения с другими пассивными или активными элементами ИМС образуют контактные пары (контактные переходы). Контактные площадки ИМС необходимы для присоединения внешних выводов микросхемы и выводов навесных элементов. Они должны с минимальными потерями подводить напряжение питания к функциональным компонентам микросхемы, с минимальными искажениями передавать сигналы, обеспечивать надежный, чаще всего невыпрямляющий и малошумящий, контакт с элементами микросхемы.

Требования, предъявляемые к пленочным проводникам и контактными площадкам, в ряде случаев являются противоречивыми. Например, увеличение ширины пленочного проводника приводит к уменьшению его индуктивности и одновременному увеличению его емкости относительно земли и расположенных в непосредственной близости элементов микросхемы. Материалы с малым значением удельного сопротивления, применяемые для проводников и контактных площадок, как правило, имеют плохую адгезию к подложке.

Если проводящая пленка одновременно выступает в качестве контактной площадки, то при отсутствии ограничений по ширине минимальная и максимальная ее толщина определяются возможностью получения надежного паяного или сварного соединения. Максимальная толщина проводя-

щей пленки определяется также допустимой погрешностью изготовления критичных к линейным размерам пленочных элементов, например резисторов. Еще одним фактором, определяющим верхнюю границу толщины проводящей пленки, является усилие отрыва или сдвига пленки. Этот параметр в первом приближении зависит от соотношения сил адгезии пленки к подложке и «возникающих напряжений (например, из-за разности коэффициентов линейного расширения пленки и подложки).

Если силы адгезии сконцентрированы лишь в области контакта двух разнородных слоев и, следовательно, не зависят от толщины пленки, то термические напряжения пропорциональны объему пленки, т. е. сила сцепления пленки и основания уменьшается с уменьшением толщины.

Эти и многие другие факторы ограничивают диапазон возможных значений толщины проводящих пленок, который изменяется примерно от 0,1 до 10 мкм.

Организация проектирования электронной компонентной базы

Этапы разработки продукции технического назначения

Государственными стандартами РФ определен порядок разработки и постановки на производство продукции технического назначения, в том числе и ЭС. В частности, Государственным стандартом установлены следующие стадии разработки:

- Техническое предложение;
- Эскизный проект (ЭП);
- Технический проект.

Основой для разработки является *техническое задание* (ТЗ), содержание которого устанавливает ГОСТ. В ТЗ излагаются назначение и область применения разрабатываемой ЭС, технические, конструктивные, эксплуатационные и экономические требования к ЭС, условия по ее хранению и транспортированию, требования по надежности, правила проведения испытаний и приемки образцов в производстве.

На стадии *технических предложений* проводится анализ существующих технических решений, патентные исследования, проработка возможных вариантов создания ЭС, выбор оптимального решения, макетирование отдельных узлов ЭС, выработка требований для последующих этапов разработки.

На стадии *эскизного проектирования* осуществляют конструкторскую и технологическую проработку выбранного варианта реализации ЭС; изготавливается действующий образец или серия ЭС; проводятся их испытания в объеме, достаточном для подтверждения заданных в ТЗ технических и эксплуатационных параметров; организуется разработка в полном объеме необходимой конструкторской документации, которой присваивается

литера «Э»; прорабатываются основные вопросы технологии изготовления, наладки и испытания элементов, узлов, устройств и ЭС в целом.

На стадии *технического проекта* принимаются окончательные решения о конструктивном оформлении ЭС и составляющих ее узлов, разрабатывается полный комплект конструкторской и технологической документации, которой присваивается литера «Т», изготавливается опытная серия ЭС, проводятся испытания ЭС на соответствие заданным в ТЗ техническим и эксплуатационным требованиям. Результаты технического проектирования являются основой для разработки полного комплекта рабочей конструкторской документации, которой присваивается литера «О».

В последующем осуществляется *технологическая подготовка производства*, выпуск установочной серии и организация серийного (массового) выпуска ЭС.

Стадии разработки ТЗ, технических предложений и ЭП включаются, как правило, в *научно-исследовательскую работу* (НИР), а стадии разработки технического проекта и технологической подготовки производства в *опытно-конструкторскую разработку* (ОКР).

В последние годы применительно к продукции технического назначения используется термин **жизненный цикл**, под которым понимаются все этапы создания изделия, начиная с разработки ТЗ и кончая эксплуатацией готовых изделий с последующей утилизацией.

Все вышесказанное относится к вновь создаваемой ЭС, основанной на использовании принципиально новых технических решений. В настоящее время в связи с развитием предприятий, специализирующихся на разработке и производстве отдельных узлов и устройств ЭС, появилась возможность существенного сокращения трудовых и временных затрат на создание крупносерийных или массовых изделий (так называемые сборочная или «отверточная» технология). В этом случае разработчикам ЭС необходимо тщательно подобрать комплектующие изделия, чтобы созданная ими аппаратура была технологичной в изготовлении, удобной в эксплуатации и конкурентоспособной, а также выполнить ряд работ.

С развитием сети INTERNET широкие возможности для создателей ЭС открывает *CALS-технология* (Computer-Aided of Logistics Support) стратегия промышленности, направленная на эффективное создание, обмен, управление и использование баз данных, поддерживающих жизненный цикл создаваемого изделия.

Эскизный проект

Стандарт устанавливает требования к выполнению эскизного проекта на изделия всех отраслей промышленности.

1. Общие положения

1.1. Эскизный проект разрабатывают, если это предусмотрено техническим заданием или протоколом рассмотрения технического предложения. Эскизный проект разрабатывают с целью установления принципиальных (конструктивных, схемных и др.) решений изделия, лающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве изделия, когда это целесообразно сделать до разработки технического проекта или рабочей документации.

На стадии разработки эскизного проекта рассматривают варианты изделия и (или) его составных частей. Эскизный проект может разрабатываться без рассмотрения на этой стадии различных вариантов.

1.2. При разработке эскизного проекта выполняют работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к изделию требований и позволяющие установить принципиальные решения. Перечень необходимых работ определяется разработчиком в зависимости от характера и назначения изделия и согласовывается с заказчиком, если изделие разрабатывается по заказам Министерства обороны.

Примерный перечень работ для изделий народнохозяйственного назначения приведен в приложении.

Примечание. На стадии эскизного проекта не повторяют работы, приведенные на стадии технического предложения, если они не могут дать дополнительных данных. В этом случае результаты ранее проведенных работ отражают в пояснительной записке.

1.3. В комплект документов эскизного проекта включают конструкторские документы, в соответствии с ГОСТ 2.102–68 предусмотренные техническим заданием и протоколом рассмотрения технического предложения.

Конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления макетов, в комплект документов эскизного проекта не включают.

1.4. На рассмотрение, согласование и утверждение представляют копии документов эскизного проекта, скомплектованные по ГОСТ 2.106–96. Допускается по согласованию с заказчиком представлять подлинники документов эскизного проекта.

2. Требования к выполнению документов.

2.1. Общие требования к выполнению документов.

2.1.1. Конструкторские документы, содержащие различные варианты изделия, выполняют по ГОСТ 2.118–73 в части размещения сведений о различных вариантах, размещения изображений вариантов, построения таблиц, содержащих данные различных вариантов и т. п.

2.2. Чертеж общего вида

2.2.1. Чертеж общего вида эскизного проекта в общем случае должен содержать:

- Изображения изделия (виды, разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;
- Наименования, а также обозначения (если они имеются) тех составных частей изделия, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество, указания о материале, принципе работы и др.) или запись которых необходима для пояснения изображений чертежа общего вида, описания принципа работы изделия, указания о составе и др.;
- Размеры и другие наносимые на изображения данные (при необходимости);
- Схему, если она требуется, но оформлять ее отдельным документом нецелесообразно;
- Технические характеристики изделия, если это необходимо для удобства сопоставления вариантов по чертежу общего вида.

2.2.2. Изображения выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами Единой системы конструкторской документации для рабочих чертежей. Составные части изделия, в том числе и заимствованные (ранее разработанные) и покупные, изображают с упрощениями (иногда в виде контурных очертаний), если при этом обеспечено понимание конструктивного устройства разрабатываемого изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия.

2.2.3. Отдельные изображения составных частей изделия размещаются на одном общем листе с изображениями всего изделия или на отдельных (последующих) листах чертежа общего вида.

2.2.4. Наименования и обозначения составных частей изделия на чертежах общего вида указывают одним из следующих способов:

- На полках линий-выносок;
- В таблице, размещаемой на том же листе, что и изображение изделия.

2.2.5. Запись составных частей в таблицу рекомендуется производить в следующем порядке:

- Заимствованные изделия;
- Покупные изделия;
- Вновь разрабатываемые изделия.

2.2.6. Элементы чертежа общего вида (номера позиций, текст технических требований, надписи и др.) выполняют по правилам, установленным стандартами Единой системы конструкторской документации для рабочих чертежей.

2.3. Ведомость эскизного проекта.

2.3.1. В ведомость эскизного проекта записывают все включенные в комплект документов эскизного проекта конструкторские документы в

порядке, установленном ГОСТ 2.106-96, независимо от того, к какому варианту относится документ. Допускается в графе «Примечание» указывать соответствующий данному документу вариант.

2.4. Пояснительная записка

2.4.1. Пояснительную записку эскизного проекта выполняют по ГОСТ 2.106-96 с учетом следующих основных требований к содержанию разделов:

1. В разделе «Введение» указывают наименование, номер и дату утверждения технического задания. Если разработка эскизного проекта предусмотрена не техническим заданием, а протоколом рассмотрения технического предложения, то делают запись по типу: «Разработка эскизного проекта предусмотрена техническим предложением...» и указывают номер и дату протокола рассмотрения технического предложения;

2. В разделе «Назначение и область применения разрабатываемого изделия» приводят соответствующие сведения из технического задания и технического предложения, а также сведения, конкретизирующие и дополняющие техническое задание и техническое предложение, в частности:

- Краткую характеристику области и условий применения изделия;
- Общую характеристику объекта, для применения в котором предназначено данное изделие (при необходимости);

3. В разделе «Техническая характеристика» приводят:

- Основные технические характеристики изделия (мощность, число оборотов, производительность, расход электроэнергии, топлива, коэффициент полезного действия и другие параметры, характеризующие изделие);

- Сведения о соответствии или отклонениях от требований, установленных техническим заданием и техническим предложением, если оно разрабатывалось, с обоснованием отклонений;

- Данные сравнения основных характеристик изделия с характеристиками аналогов (отечественных и зарубежных или дают ссылку на карту технического уровня и качества;

4. В разделе «Описание и обоснование выбранной конструкции» приводят: описание конструкции, обоснование принимаемых на данной стадии принципиальных решений (конструктивных, схемных и др.).

При необходимости приводят иллюстрации:

- Сведения о назначении макетов (если они изготавливались), программу и методику испытаний (или ссылку на отдельный документ – программу и методику испытаний), результаты испытаний и данные оценки соответствия макетов заданным требованиям, в том числе эргономики и фотографии макетов (при необходимости);

- Обозначения основных конструкторских документов, по которым изготавливались макеты, номер и дату отчета (или протокола) по испытаниям и др. (для справок);

- Сведения о технологичности;
 - Данные проверки принятых решений на патентную чистоту и конкурентоспособность;
 - Сведения об использовании в данной разработке изобретений, о поданных заявках на новые изобретения;
 - Сведения о соответствии изделия требованиям техники безопасности и производственной санитарии;
 - Предварительные сведения об упаковке и транспортировании изделия (при необходимости);
 - Технические требования к применяемым в разрабатываемом изделии новым изделиям и материалам, которые должны разрабатываться другими организациями. Такие технические требования могут быть приведены в приложении к пояснительной записке;
 - Сведения о соответствии применяемых в изделии заимствованных (ранее разработанных) составных частей, покупных изделий и материалов разрабатываемому изделию по техническим характеристикам, режимам работы, гарантийным срокам, условиям эксплуатации;
 - Основные вопросы технологии изготовления изделий;
5. В разделе «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции» приводят:
- Ориентировочные расчеты, подтверждающие работоспособность изделия (кинематические, электрические, тепловые, расчеты гидравлических систем и др.);
 - Ориентировочные расчеты, подтверждающие надежность изделия (расчеты показателей долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и др.) При большом объеме расчетов они могут быть оформлены в виде отдельных документов, при этом в данном разделе приводят только результаты расчетов;
6. В разделе «Описание организации работ с применением разрабатываемого изделия» приводят предварительные сведения
- Об организации работ изделием на месте эксплуатации, в том описание приемов и способов работы с изделием в режимах и условиях, предусмотренных техническим заданием;
 - Описание порядка и способов транспортирования, монтажа и хранения изделия и ввода его в действие на месте эксплуатации, а также обслуживания при хранении и эксплуатации;
 - Сведения о квалификации и количестве обслуживающего персонала;
7. В разделе «Ожидаемые технико-экономические показатели» приводят ориентировочные расчеты экономических показателей (экономическую эффективность от внедрения в народное хозяйство и др.);
8. В разделе «Уровень стандартизации и унификации» приводят предварительные сведения по использованию в разрабатываемом изделии

стандартных, унифицированных и заимствованных сборочных единиц и деталей;

2.4.2. В приложении к пояснительной записке приводят:

- Копию технического задания;
- При необходимости, перечень работ, которые следует провести на последующей стадии разработки изделия;
- Материалы художественно-конструкторской проработки, не являющиеся конструкторскими документами;
- Перечень использованной литературы и т. п.

Перечень работ, выполняемых при разработке эскизного проекта

В общем случае при разработке эскизного проекта проводят следующие работы:

1. Выполнение вариантов возможных решений, установление особенностей вариантов (характеристики вариантов составных частей и т. п.), их конструкторскую проработку. Глубина такой проработки должна быть достаточной для сопоставления рассматриваемых вариантов;

2. Предварительное решение вопросов упаковки и транспортирования изделия;

3. Изготовление и испытания макетов с целью проверки принципов работы изделия и (или) его состав;

4. Проверку соответствия вариантов требованиям техники безопасности и производственной санитарии;

5. Сравнительную оценку рассматриваемых вариантов, вопросы метрологического обеспечения разрабатываемого изделия (возможности выбора методов и средств измерения).

Сравнение проводят по показателям качества изделия (назначения, надежности, технологичности, стандартизации и унификации, экономическим, эстетическим).

При этом следует учитывать конструктивные и эксплуатационные особенности разрабатываемого и существующих изделий, тенденции и перспективы развития отечественной и зарубежной техники в данной области:

1. Выбор оптимального варианта (вариантов) изделия, обоснование выбора; принятие принципиальных решений; подтверждение (или уточнение) предъявляемых к изделию требований (технических характеристик, показателей качества и др.), установленных техническим заданием и техническим предложением, и определение технико-экономических характеристик и показателей, не установленных техническим заданием и техническим предложением;

2. Выявление на основе принятых принципиальных решений новых изделий и материалов, которые должны быть разработаны другими предприятиями (организациями), составление технических требований к этим изделиям и материалам;

3. Составление перечня работ, которые следует провести на последующей стадии разработки, в дополнение или уточнение работ, предусмотренных техническим заданием и техническим предложением;

4. Проработку основных вопросов технологии изготовления (при необходимости);

5. Подготовку предложений по разработке стандартов (пересмотр и внесение изменений в действующие стандарты), предусмотренных техническим заданием на данной стадии.

Технический проект

Стандартами устанавливаются требования к выполнению технического проекта на изделия всех отраслей промышленности.

1. Общие положения:

1.1. Технический проект разрабатывают, если это предусмотрено техническим заданием, протоколом рассмотрения технического предложения или эскизного проекта.

Технический проект разрабатывают с целью выявления окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия, когда это целесообразно сделать до разработки рабочей документации.

При необходимости технический проект может предусматривать разработку вариантов отдельных составных частей изделия. В этих случаях выбор оптимального варианта осуществляется на основании результатов испытаний опытных образцов изделия.

1.2. При разработке технического проекта выполняют работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к изделию требований и позволяющие получить полное представление о конструкции разрабатываемого изделия, оценить его соответствие требованиям технического задания, технологичность, степень сложности изготовления, способы упаковки, возможности транспортирования и монтажа на месте применения, удобство эксплуатации, целесообразность и возможность ремонта ит. п.

Перечень необходимых работ определяется разработчиком в зависимости от характера и назначения изделия и согласовывается с заказчиком, если изделие разрабатывается по заказам Министерства обороны.

Примечание. На стадии технического проекта не повторяют работы, проведенные на предыдущих стадиях, если они не могут дать дополнительных данных. В этом случае результаты ранее проделанных работ отражают в пояснительной записке.

1.3. Макеты должны быть предназначены для проверки (в необходимых случаях – на объекте заказчика или потребителя) конструктивных и схемных решений разрабатываемого изделия и (или) его составных частей, а также для подтверждения окончательно принятых решений. Испытания макетов должны проводиться в соответствии с программой и методикой

испытаний, разработанной по ГОСТ 2.106-96. Необходимость изготовления макетов и их количество устанавливаются организацией- разработчиком (если требуется, то совместно с заказчиком).

1.4. В технический проект включают конструкторские документы в соответствии с ГОСТ 2.102-68, предусмотренные техническим заданием и протоколом рассмотрения технического предложения, эскизного проекта.

При разработке технического проекта могут быть использованы отдельные документы, разработанные на предыдущих стадиях, если эти документы соответствуют требованиям, предъявляемым к документам технического проекта или, если в них внесены изменения с целью обеспечения такого соответствия. Использованным документам присваивают литеру «Т».

Конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления макетов, в комплект документов технического проекта не включают.

1.5. На рассмотрение, согласование и утверждение представляют копии документов технического проекта, скомплектованные по ГОСТ 2.106-96. Допускается по согласованию с заказчиком представлять подлинники документов технического проекта.

2. Требования к выполнению документов.

2.1. Чертеж общего вида для технического проекта выполняют по ГОСТ 2.19-73. Кроме того, на чертеже общего вида при необходимости приводят:

- Указания о выбранных посадках деталей (наносятся размеры и предельные отклонения сопрягаемых поверхностей по ГОСТ 2.307-68);
- Технические требования к изделию, например, о применении определенных покрытий, способов пропитки обмоток, методов сварки, обеспечивающих необходимое качество изделия (эти требования должны учитываться при последующей разработке рабочей документации): технические характеристики изделия, которые необходимы для последующей разработки чертежей

2.2. В ведомость технического проекта записывают все включенные в технический проект конструкторские документы в порядке, установленном ГОСТ 2.106-96.

2.3. Пояснительную записку Технического проекта выполняют по ГОСТ 2.106-96 с учетом следующих основных требований к содержанию разделов:

В разделе «Введение» указывают наименование, номер и дату утверждения технического задания. Если разработка технического проекта предусмотрена не техническим заданием, а протоколом рассмотрения технического предложения или эскизного проекта, то делают запись по типу:

1. «Разработка технического проекта предусмотрена эскизным проектом» и указывают номер и дату протокола рассмотрения эскизного проекта;

2. В разделе «Назначение и область применения разрабатываемого изделия» указывают:

- Краткую характеристику области и условий применения изделия;
- Общую характеристику объекта, для применения в котором предназначено данное изделие (при необходимости);
- Основные данные, которые должны обеспечивать стабильность показателей качества изделия в условиях эксплуатации;

3. В разделе «Техническая характеристика» приводят:

- Основные технические характеристики изделия (мощность, число оборотов, производительность, расход электроэнергии, топлива, коэффициент полезного действия и другие параметры, характеризующие изделие);

- Сведения о соответствии или отклонениях от требований, установленных техническим заданием и предыдущими стадиями разработки, если они проводились, с обоснованием отклонений;

4. В разделе «Описание и обоснование выбранной конструкции» приводят: описание и обоснование выбранной конструкции, схем, упаковки (если упаковка предусмотрена) и других технических решений, принятых и проверенных на стадии разработки технического проекта. При необходимости приводят:

- Иллюстрации;
- Данные сравнения основных характеристик изделия с характеристиками аналогов (отечественных или зарубежных) или лают ссылку на карту технического уровня и качества;
- Оценку технологичности изделия, в том числе обоснование необходимости разработки или приобретения нового оборудования;
- Оценку окончательных технических решений на соответствие требованиям по обеспечению патентной чистоты и конкурентоспособности;
- Сведения об использованных изобретениях (номера авторских свидетельств или номера заявок на изобретения с указанием даты приоритета);
- Результаты испытаний макетов (если они изготавливались) и данные оценки соответствия макетов заданным требованиям, в том числе эргономики, технической эстетики. При необходимости приводят фотографии макетов. Для справок допускается указывать обозначения основных конструкторских документов, по которым изготавливались макеты, номер и дату отчета (или) протокола по испытаниям и др.;
- Сведения о соответствии применяемых в изделии заимствованных (ранее разработанных) составных частей, покупных изделий и материалов разрабатываемому изделию по техническим характеристикам, режимам работы, гарантийным срокам, условиям эксплуатации;
- Обоснование необходимости применения дефицитных изделий и материалов; сведения о транспортировании и хранении; сведения о соответ-

ствии изделия требованиям техники безопасности и производственной санитарии;

5. В разделе «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции» приводят:

- Расчеты, подтверждающие работоспособность изделия (кинематические, электрические, тепловые, расчеты гидравлических и пневматических систем и др.);

- Расчеты, подтверждающие надежность изделия (расчеты показателей долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и др.) При большом объеме расчетов они могут быть оформлены в виде отдельных документов; при этом в данном разделе приводят только результаты расчетов;

6. В разделе «Описание организации работ с применением разрабатываемого изделия» приводят сведения об организации работ с изделием на месте эксплуатации, в том числе:

- Описание специфических приемов и способов работы с изделием в режимах и условиях, предусмотренных техническим заданием;

- Описание порядка и способов транспортирования, монтажа и хранения изделия и ввода его в действие на месте эксплуатации;

- Оценку эксплуатационных данных изделия (взаимозаменяемости, удобства обслуживания, ремонтпригодности, устойчивости против воздействия внешней среды и возможности быстрого устранения отказов);

- Сведения о квалификации и количестве обслуживающего персонала;

7. В разделе «Ожидаемые технико-экономические показатели» приводят:

- Экономические показатели (экономическую эффективность от внедрения в народное хозяйство и др.), необходимые расчеты;

- Ориентировочный расчет цены опытного и серийного изделия и затрат на организацию производства и эксплуатацию;

8. В разделе «Уровень стандартизации и унификации» приводят:

- Сведения о стандартных, унифицированных и заимствованных сборочных единицах и деталях, которые были применены при разработке изделия, а также показатели уровня унификации и стандартизации конструкции изделия;

- Обоснование возможности разработки государственных и отраслевых стандартов на объекты стандартизации, связанные с разработкой данного изделия, его составных частей и новых материалов.

2.4. В приложении к пояснительной записке приводят:

- Копию технического задания, а также, при необходимости, данные (технические требования, правила приемки, методы контроля и другие сведения), подлежащие включению в технические условия, если последние на данной стадии не разрабатывались;

- Материалы художественно-конструкторской проработки, не являющиеся конструкторскими документами;
- Перечень работ, которые следует провести на стадии разработки рабочей документации;
- Уточнение или разработку сетевого графика по дальнейшей разработке и внедрению в промышленное производство разрабатываемого изделия;
- Перечень использованной литературы и т. п.

Перечень документов, используемых при разработке технического проекта и получаемых разработчиком изделия от других предприятий и организаций (авторские свидетельства, экспертное заключение о патентной чистоте, справка потребителя о необходимом объеме производства разрабатываемых изделий и т. п.); при этом документы в приложении к пояснительной записке не включают, но в пояснительной записке могут быть приведены необходимые сведения из этих документов (например, предмет изобретения, требуемые количества изделий на квартал, на год, на пятилетку), а также номер и дата документа или сопроводительного письма.

Перечень работ, выполняемых при разработке технического проекта

В общем случае при разработке технического проекта проводят следующие работы:

1. Разработку конструктивных решений изделия и его основных составных частей;
2. Выполнение необходимых расчетов, в том числе подтверждающих технико-экономические показатели, установленные техническим заданием;
3. Выполнение необходимых принципиальных схем, схем соединений и др.;
4. Разработку и обоснование технических решений, обеспечивающих показатели надежности, установленные техническим заданием и предшествующими стадиями разработки (если эти стадии разрабатывались);
5. Анализ конструкции изделия на технологичность с учетом отзывов предприятий-изготовителей промышленного производства в части обеспечений технологичности в условиях данного конкретного производства, в том числе по использованию имеющегося на предприятии оборудования, а также учета в данном проекте требований нормативно-технической документации, действующей на предприятии-изготовителе; выявления необходимого для производства изделий нового оборудования (обоснование разработки или приобретения); разработку метрологического обеспечения (выбор методов и средств измерения);
6. Разработку, изготовление и испытание макетов;
7. Оценку изделия в отношении его соответствия требованиям экономики, технической эстетики;

8. Оценку возможности транспортирования, хранения, а также монтажа изделия на месте его применения
9. Оценку эксплуатационных данных изделия (взаимозаменяемости, удобства обслуживания, ремонтпригодности, устойчивости против воздействия внешней среды, возможности быстрого устранения отказов, контроля качества работы изделия, обеспеченность средствами контроля технического состояния и др.);
10. Окончательное оформление заявок на разработку и изготовление новых изделий (в том числе средств измерения) и материалов, применяемых в разрабатываемом изделии;
11. Проведение мероприятий по обеспечению заданного в техническом задании уровня стандартизации и унификации изделия;
12. Проверку изделия на патентную чистоту и конкурентоспособность, оформление заявок на изобретение;
13. Выявление номенклатуры покупных изделий, согласование применения покупных изделий;
14. Согласование габаритных, установочных и присоединительных размеров с заказчиком или основным потребителем
15. Оценку технического уровня и качества изделия;
16. Разработку чертежей сборочных единиц и деталей, если это вызывается необходимостью ускорения выдачи задания на разработку специализированного оборудования для их изготовления;
17. Проверку соответствия применяемых решений требованиям техники безопасности и производственной санитарии;
18. Составление перечня работ, которые следует провести на стадии разработки рабочей документации, в дополнение и (или) уточнение работ, предусмотренных техническим заданием, техническим предложением эскизным проектом;
19. Подготовку предложений по разработке стандартов (пересмотр или внесение изменений в действующие стандарты), предусмотренных техническим заданием на данной стадии.

Техническая документация

На всех этапах жизненного цикла изделия (разработка – производство – эксплуатация) его сопровождает *техническая документация* (ТД). Состав этой документации и ее содержание регламентируется Государственными стандартами. В настоящее время в стране действует большое количество стандартов, которые сгруппированы по направлениям жизненного цикла изделий в следующие комплексы:

- Единая система конструкторской документации (ЕСКД);
- Единая система технологической документации (ЕСТД);
- Единая система программной документации (ЕСПД);
- Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП);
- Единая система защиты изделий и материалов от коррозии, старения и биоповреждений (ЕСЗКС) и др.

Основная задача стандартизации – обеспечить единую нормативно-техническую, информационную, методическую и организационную основу проектирования, производства и эксплуатации изделий. При этом обеспечивается использование единого технического языка и терминологии, взаимообмен документацией между предприятиями без ее переоформления, совершенствование организации проектных работ, возможность автоматизации разработки ТД с унификацией машинно-ориентированных форм документов, совершенствование способов учета, хранения и изменения документации и др.

Единая система конструкторской документации (ЕСКД)

Государственные стандарты, входящие в ЕСКД, устанавливают взаимосвязанные единые правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации на изделия, разрабатываемые и выпускаемые предприятиями всех отраслей промышленности.

Конструкторские документы (КД) – графические и текстовые документы, в отдельности или в совокупности определяющие состав и устройство изделия, и содержащие необходимые данные для его разработки и изготовления, контроля, приемки, эксплуатации, ремонта, утилизации.

Стандартам ЕСКД присваивают обозначения по классификационному принципу. Номер стандарта составляется из цифры, присвоенной классу стандартов ЕСКД, одной цифры после точки, обозначающей классификационную группу стандартов в соответствии с табл. 1, числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе, и двузначной цифры (после тире), указывающей год регистрации стандарта. Например, обозначение стандарта ЕСКД «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» имеет вид: ГОСТ 2.701-84, т. е. ГОСТ – категория нормативно технического документа (государственный стандарт), 2 – класс

(стандарт ЕСКД), 7 – классификационная группа стандартов, 01 – порядковый номер стандарта в группе, 84 – год регистрации стандарта.

Таблица 1

Классификационные группы стандартов в ЕСКД

Шифр группы	Содержание стандартов в группе
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий
3	Общие правила выполнения чертежей
4	Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения
5	Правила обращения КД (учет, хранение, дублирование, внесение изменений)
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов строительных, судостроительных и горных дел
9	Прочие стандарты

К графическим конструкторским документам относятся:

- *Чертеж детали* – изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;
- *Сборочный чертеж (СБ)* – изображение сборочных единиц и другие детали, необходимые для сборки и контроля;
- *Чертеж общего вида (ВО)* – определяет конструкцию изделия, взаимодействие его основных частей и поясняет принцип работы изделия;
- *Теоретический чертеж (ТЧ)* – геометрическая форма (обводы) изделия и координаты расположения основных частей
- *Габаритный чертеж (ГЧ)* – контурное изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами;
- *Электромонтажный чертеж (ЭМ)* – данные ДЛЭ электрического монтажа изделия;
- *Монтажный чертеж (МЧ)* – контурное изображение изделия и данные для его установки на месте эксплуатации;
- *Установочный чертеж (УЧ)* – данные для установки изделия;
- *Схема* – составные части изделия в виде условных изображений или обозначений и связи между ними;

К текстовым конструкторским документам относятся:

- *Спецификация* – определяет состав сборочной единицы, комплекса, комплекта;

- *Ведомость спецификаций (ВС)* – перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием их количества и входимости;
- *Ведомость ссылочных документов (ВД)* – перечень документов, на которые имеются ссылки в КД на изделие;
- *Ведомость покупных изделий (ВП)* – перечень покупных изделий, примененных в разрабатываемом изделии;
- *Ведомость разрешений применения покупных изделий (ВИ)* – перечень покупных изделий, разрешенных к применению по ГОСТу;
- *Ведомость держателей подлинников (ДП)* – перечень организаций-хранителей подлинников примененных в изделии документов;
- *Ведомость технического предложения (ВТ)* – перечень документов, вошедших в техническое предложение;
- *Ведомость эскизного проекта (ЭП)* – перечень документов, вошедших в эскизный проект;
- *Ведомость технического проекта (ТП)* – перечень документов, вошедших в технический проект;
- *Пояснительная записка (ПЗ)* – описание устройства и принципа действия разработанного изделия, а также обоснование разработки;
- *Технические условия (ТУ)* – требования к изделию, его изготовлению, контролю качества, приемке и поставке;
- *Программа и методика испытаний (ПМ)* – технические данные, подлежащие проверке при испытании изделия, порядок и методы их контроля; *таблица (ТБ)* – данные, сведенные в таблицу;
- *Расчет (РР)* – расчеты параметров и величин, например, расчет размерных цепей, расчет на прочность, расчет теплового режима и др.;
- *Эксплуатационные документы* – документы для «Использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации»;
- *Ремонтные документы* – данные для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях;
- *Инструкция (И)* – указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле ит. п.);
- *Патентный формуляр (ПФ)* – документ, содержащий результаты патентного поиска, осуществленного при разработке изделия. В нем содержится оценка патентоспособности, патентная чистота и технический уровень разработанного изделия, материала, процесса, метода.

Единая система технологической документации (ЕСТД)

Государственные стандарты, входящие в ЕСТД устанавливают взаимосвязанные единые и положения по порядку разработки, оформления и обращения технологической документации, разрабатываемой применяемой на предприятиях всех отраслей промышленности страны.

Технологические документы (ТА) – текстовые и графические документы, в отдельности или в совокупности определяющие порядок изготовления изделия, проведения процессов и содержащие необходимые данные для контроля и приемки изделий.

Так же как в ЕСКД стандартам ЕСТД присваиваются обозначения основе классификационного принципа.

Виды и правила проектирования ТД определяются видом производства, на котором будут изготавливаться или ремонтироваться изделия и его составные части. В машиностроении и приборостроении в зависимости от назначения производства можно разделить на основное, вспомогательное и опытное. *Основное производство* – производство товарной продукции, *вспомогательное* – производство средств, необходимых для обеспечения функционирования основного производства. *Опытное производство* – производство образцов, партий и серий изделий при проведении научно-исследовательских работ.

По типу производства разделяются на *единичное, серийное и массовое*. По организации производства разделяют на *поточное, групповое, установившееся*.

По уровню применяемых средств автоматизации и механизации производства разделяют на *автоматизированное и механизированное*.

Таблица 2

Классификационные группы стандартов

Шифр группы	Содержание стандартов в группе
0	Общие положения
1	Основополагающие стандарты
2	Классификация и обозначение технологических документов
3	Учет применяемости деталей и сборочных единиц в изделиях и средств технологического оснащения
4	Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления на процессы, специализированные по видам работ
5	Основное производство. Формы документов и правила их оформления на испытания и контроль
6	Вспомогательное производство. Формы технологических документов и правила их оформления
7	Правила заполнения технологических документов
8	Резервная
9	Информационная база

По виду или признаку применяемого метода для изготовления (ремонта) изделия различают: литейное, прессовое, механообрабатывающее, тер-

мическое, сборочное, сварочное, гальваническое, лакокрасочное, полупроводниковое, вакуумное и другие производства.

Стадии разработки ТД определяются этапами разработки КД на изделие. На конструкторском этапе «Техническое предложение» ТД не разрабатывается, на конструкторских этапах «Эскизный проект» и «Технический проект» ТД разрабатывается как «Предварительный проект».

Основные технологические документы используют, как правило, на рабочих местах. *Вспомогательные технологические документы* разрабатывают с целью улучшения и оптимизации организации работ по технологической подготовке производства. *Производные технологические документы* применяют для решения задач, связанных с нормированием трудозатрат, выдачей и сдачей материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий.

Различают следующие виды технологических документов:

- *Ведомость технологических маршрутов* (ВТМ) – сводная информация по технологическому маршруту изготовления изделия и его составных частей;
- *Ведомость материалов* (ВМ) – сводные поддетальные нормы расхода материалов (основных и вспомогательных) на изделие;
- *Ведомость технологических документов* (ВТД) – полный состав технологических документов, применяемых при изготовлении изделия;
- *Ведомость оснастки* (ВО) – полный состав технологической оснастки, применяемой при изготовлении (ремонте) изделия;
- *Ведомость оборудования* (ВОБ) – полный состав оборудования, применяемого при изготовлении (ремонте) изделия;
- *Технологическая инструкция* (ТИ) – описание часто повторяющихся приемов работы, действий по наладке и настройке средств технологического оснащения, приготовлению растворов, электролитов, смесей и др., а также отдельных типовых и групповых технологических процессов (операций);

Маршрутная карта (МК) – сводные данные по составу применяемых операций, оборудованию, технологических документов и по трудозатратам на технологический процесс;

Операционная карта (ОК) – операционное описание единичных технологических операций;

При автоматизированном проектировании изделий конструкторские технологические документы могут быть выполнены в визуальной форме, т. е. читаемые человеком, и в машинной (закодированной) форме, воспринимаемой только техническими средствами. Для документирования в этих темах автоматизированного проектирования используют различные носители информации: бумагу, перфокарты, перфоленты, магнитные ленты, магнитные и лазерные диски.

Учитывая неравномерность развития предприятий и различия в оснащенности их средствами САПР, допускается в комплекте документации на изделие иметь:

- Документы, выполненные традиционным способом, вручную;
- Документы на носителях разного вида;
- Документы в визуально воспринимаемой и машинной форме.

Документация, полученная в средствах САПР машинным способом, может быть направлена в соответствующую базу данных, а оттуда на автоматизированное предприятие по изготовлению и испытанию изделий.

В общем объеме КД, выпускаемой в процессе разработки изделий, том числе ЭС, существенное место занимает схемная документация.

Схема – графическая конструкторская документация, на которой виде условных изображений или обозначений показаны составные части изделия и связи между ними.

Схемы применяют при изучении принципа действия механизма, прибора, аппарата при их изготовлении, наладке и ремонте, для понимания связи между составными частями изделия без уточнения особенностей их конструкции. Схемы являются исходным базисом для последующего конструирования отдельных частей и всего изделия в целом.

По виду элементов, входящих в состав изделия, связей между ними и назначения схемы подразделяют на виды (табл. 3) и типы (табл. 4).

Таблица 3

Виды схем

Наименование схемы	Обозначение
Электрические	Э
Гидравлические	Г
Пневматические	П
Газовые	Х
Кинематические	К
Вакуумные	В
Оптические	Л
Энергетические	Р
Комбинированные	С

Таблица 4

Типы схем

Структурные	1
Функциональные	2
Принципиальные	3
Соединений (монтажные)	4
Подключения	5
Общие	6
Расположения	7
Объединения	0

При проектировании ЭС используются следующие виды схем:

Структурные схемы (Э1), определяющие основной состав ЭС и ее функциональные части, их назначение и взаимосвязи. Их разрабатывают на начальных стадиях проектирования ЭС, их используют как для разработки схем других типов, так и для общего ознакомления с ЭС;

Функциональные схемы (Э2), поясняющие процессы, происходящие на отдельных функциональных частях и узлах ЭС. Они являются основой для

разработки принципиальных схем и применяются при наладке, ремонте и эксплуатации ЭС;

Принципиальные схемы (Э3), определяющие полный состав элементов и связей между ними и дающие полное представление о принципе работы от дельных узлов и устройств ЭС. Эти схемы являются основой для разработки полного комплекта конструкторской документации на ЭС;

Схемы соединений (Э4), показывающие соединения составных частей ЭС и определяющие провода, жгуты, кабели и другие соединительные изделия, а также места их присоединения и ввода. Их используют как при выпуске КД на ЭС, так и при ее ремонте и эксплуатации;

Схемы подключений (Э5), показывающие внешние подключения ЭС. Эти схемы используют при монтаже ЭС на месте эксплуатации и при ее ремонте;

Общие схемы (Э6), определяющие составные части ЭС и соединения их между собой на месте эксплуатации;

Схемы расположения (Э7), устанавливающие взаимное расположение отдельных устройств ЭС, а также соединяющих их жгутов, кабелей и т.д.

При проектировании схем любых видов необходимо придерживаться правил, изложенных в соответствующих стандартах. Так, для схем цифровой техники схемы электрические выполняются по правилам, установленным Государственными стандартами с использованием *условных графически обозначений (УГО)*.

УГО элементов строятся на основе прямоугольника. В общем виде УГО может содержать основное и два дополнительных поля (рис. 1.4). Размер прямоугольного поля по ширине зависит от наличия дополнительных полей и числа помещенных в них знаков (меток, обозначения функций элемента), по высоте - от числа выводов, интервалов между ними и числа строк информации в основном и дополнительных полях. Согласно стандарту ширина основного поля должна быть не менее 10 мм, дополнительных не менее 5 мм (при большом числе знаков в метках и обозначении функций элемента эти размеры соответственно увеличивают), расстояние между выводами – 5 мм, между выводом и горизонтальной стороной обозначения не менее 2,5 мм и кратно этой величине. При разделении групп выводов интервалом величина последнего должна быть не менее 10 мм и кратна 5 мм.

Выводы элементов делятся на входы, выходы, двунаправленные выходы и выходы, не несущие информации. Входы изображают слева, выходы справа, остальные выходы - с любой стороны УГО. При необходимости разрешается поворачивать УГО на 90° по часовой стрелке, располагая входы сверху, а выходы внизу.

Функциональное назначение элемента указывают в верхней части основного поля УГО. Его составляют из прописных букв латинского алфавита, арабских цифр и знаков, записываемых без пробела (число знаков в

обозначении функции не ограничивается). Обозначения основных функций приведены в табл. 5.

Таблица 5

Обозначения основных логических элементов

Наименование функции	Обозначение	Наименование функции	Обозначение
И	&, И	Регистр	RG
ИЛИ	1	Регистр со сдвигом вправо	RG →
Сложение по модулю 2	M2	Регистр со сдвигом влево	RG ←
Эквивалентность	=	Регистр с реверсным сдвигом	RG ↔
Исключающее ИЛИ	-1	Одновибратор	S
Логический порог	$\geq n$	Пороговый элемент	TH
Мажоритарность	$\geq M$	Формирователь сигнала	F
Дешифратор	DC	Вычислитель	CP
Шифратор	CD	Процессор	P
Сравнение	--	Память	M
Полусумматор	HC	Управление	CO
Сумматор	SM	Перенос	CR
Монтажное И	&	Прерывание	INR
Монтажное ИЛИ	1	Передача	TF
Кодовый преобразователь	X/Y	Прием	RC
Триггер	T	Ввод-вывод	IO
Триггер двухступенчатый	TT	Арифметика	A
Счетчик:		Мультиплексор	MUX
- двоичный	CT	Демультимплексор	DMX
- десятичный	CT2	Селектор	SL
Задержка	DL	Дискриминатор	DIC
Генератор	G	Ключ	SW
Усилитель	I>	Нелогический элемент	*
Усилитель мощности	I>I>		

Правила выполнения электрических схем

Схема электрическая – документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи.

Схемы электрические могут быть выполнены как бумажный и (или) электронный КД.

Общие требования к выполнению, виды и типы схем определены ГОСТ 2.701.

Правила построения условных буквенно-цифровых обозначений элементов, устройств и функциональных групп в схемах электрических определены ГОСТ 2.710.

Примечание - Если схема электрическая выполняется как электронный КД, следует дополнительно руководствоваться ГОСТ 2.051.

Схемы электрические в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие типы: структурные; функциональные; принципиальные; соединений; подключения; общие; расположения.

Допускается помещать на схеме поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывать параметры в характерных точках (величины токов, напряжений, формы и величины импульсов, математические зависимости и т.д.).

На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними.

Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или условного графического изображения (УГО).

Графическое построение схемы должно обеспечивать наилучшее представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии.

На линиях взаимосвязей рекомендуется стрелками обозначать направление хода процессов, происходящих в изделии.

На схеме должны быть указаны наименования каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применен прямоугольник.

На схеме допускается указывать тип элемента (устройства) и (или) обозначение документа (основного конструкторского документа, стандарта, технических условий), на основании которого этот элемент (устройство) применен.

При изображении функциональных частей в виде прямоугольников наименования, типы и обозначения рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников.

При большом количестве функциональных частей допускается взамен наименований, типов и обозначений проставлять порядковые номера справа от изображения или над ним, как правило, сверху вниз в направле-

нии слева направо. В этом случае наименования, типы и обозначения указывают в таблице, помещаемой на поле схемы.

На функциональной схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы), участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями.

Функциональные части и взаимосвязи между ними на схеме изображают в виде УГО, установленных в стандартах ЕСКД. Отдельные функциональные части допускается изображать в виде прямоугольников.

Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности процессов, иллюстрируемых схемой.

Элементы и устройства изображают на схемах совмещенным или разнесенным способом.

При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу.

При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно.

Схемы выполняют в многолинейном или однолинейном изображении.

При необходимости на схеме обозначают электрические цепи. Эти обозначения должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.709.

На схеме следует указывать:

- для каждой функциональной группы – обозначение, присвоенное ей на принципиальной схеме, и (или) ее наименование; если функциональная группа изображена в виде УГО, то ее наименование не указывают;

- для каждого устройства, изображенного в виде прямоугольника, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его наименование и тип и (или) обозначение документа (основной конструкторский документ, стандарт, технические условия), на основании которого это устройство применено;

- для каждого устройства, изображенного в виде УГО, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его тип и (или) обозначение документа;

- для каждого элемента – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, и (или) его тип.

Обозначение документа, на основании которого применено устройство, и тип элемента допускается не указывать.

Наименования, типы и обозначения рекомендуется вписывать в прямоугольники.

На схеме рекомендуется указывать технические характеристики функциональных частей (рядом с графическими обозначениями или на свободном поле схемы).

Общие требования к чертежам

ГОСТ 2.109-73 устанавливает основные требования к выполнению чертежей, деталей, сборочных, габаритных и монтажных на стадии разработки рабочей документации для всех отраслей промышленности.

Общие положения

При разработке рабочих чертежей предусматривают:

а) оптимальное применение стандартных и покупных изделий, а также изделий, освоенных производством и соответствующих современному уровню техники;

б) рационально ограниченную номенклатуру резьбы, шлицев и других конструктивных элементов, их размеров, покрытий и т. д.;

в) рационально ограниченную номенклатуру марок и сортаментов материалов, а также применение наиболее дешевых и наименее дефицитных материалов;

г) необходимую степень взаимозаменяемости, на выгоднейшие способы изготовления и ремонта изделий, а также их максимальное удобство обслуживания в эксплуатации.

Чертеж детали

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 чертеж детали – это конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля.

Изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы) должны полностью определять геометрическую форму детали. При выполнении чертежа необходимо руководствоваться правилом, что изображений должно быть минимальное количество.

К другим данным, необходимым для изготовления и контроля детали относятся:

- размеры и предельные отклонения;
- требования к качеству поверхности;
- допуски формы и расположения поверхностей;
- нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки;

– сведения о материале, из которого изготовлена деталь (указывают в графе 3 штампа основной надписи);

– и другие технические требования.

Выбор главного изображения

Выполнение чертежа начинают с выбора главного изображения.

Основное требование к главному изображению оно должно передавать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

В качестве главного изображения (вида спереди) может быть использован как фронтальный разрез, так и сочетание вида и разреза.

Плоские детали из листового материала изображают в одной проекции, показывающей их контурные изображения, толщина детали указывается условной записью *S*.

Для изготовления фасонных деталей из листового материала требуются точные развертки или приближенные заготовки для штампованных деталей с вытяжкой – это плоские детали из листового материала.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) предмета на чертеже должно быть наименьшим, но достаточным для выявления его внешней и внутренней формы и должно давать возможность рационально нанести размеры.

В некоторых случаях одна проекция с соответствующим условным знаком, поставленным у размерного числа, дает полное представление о форме изображенного предмета. Так, например, знак диаметра говорит о том, что изображенный предмет является телом вращения; знак квадрата обозначает, что изображенный предмет имеет форму призмы с нормальным сечением в виде квадрата; слово «сфера», написанное перед значком диаметра говорит о том, что поверхность сферическая; символ "S" (толщина) перед размерным числом заменяет вторую проекцию детали, имеющую форму параллелепипеда и т.д.

После анализа формы детали, можно определить, какие изображения необходимы для исчерпывающей передачи внешних и внутренних форм этой детали. Для большинства деталей машин и механизмов достаточно выполнить 3 изображения, учитывая, что для изображения невидимых контуров изделия можно пользоваться штриховыми линиями, можно совмещать части видов с частями соответствующих разрезов, применять сложные разрезы и т.п.

Сборочный чертеж

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 сборочный чертеж – это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля.

Требования к сборочному чертежу

Правила выполнения и оформления сборочных чертежей установлены ГОСТ 2.109-73.

Сборочный чертеж должен содержать:

– изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимосвязи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и осуществление сборки и контроля сборочной единицы;

– размеры, предельные отклонения, другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;

– указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается при сборке (подборка деталей, их пригонка и т.п.), а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и т.д.);

– номера позиций составных частей, входящих в изделие;

– габаритные размеры изделия; установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

Последовательность выполнения сборочного чертежа

1. Ознакомиться с устройством, работой и порядком сборки сборочной единицы. Прочитать рабочие чертежи всех деталей, входящих в сборочную единицу, т.е. мысленно представить форму и размеры каждой из них, ее место в сборочной единице, взаимодействие с другими деталями.

2. Выбрать необходимое количество изображений так, чтобы на сборочном чертеже была полностью понятна конструкция изделия и взаимодействие ее составных частей.

Общее количество всех изображений сборочной единицы на сборочном чертеже должно быть всегда наименьшим, а в совокупности со спецификацией – достаточным для выполнения всех необходимых сборочных операций, совместной обработки (пригонки, регулирования составных частей) и контроля.

Главное изображение сборочной единицы должно давать наибольшее представление о расположении и взаимосвязи ее составных частей, соединяемых по данному сборочному чертежу.

3. Установить масштаб чертежа, формат листа, нанести рамку на поле чертежа и основную надпись.

4. Произвести компоновку изображений, для этого вычислить габаритные размеры изделия и вычертить прямоугольники со сторонами, равными соответствующим габаритным размерам изделия.

5. Вычертить контур основной детали (как правило – корпуса, основания или станины). Наметить необходимые разрезы, сечения, дополнительные изображения.

6. Вычертить остальные детали по размерам, взятым с рабочих чертежей деталей, в той последовательности, в которой собирают изделие.

7. Тщательно проверить выполненный чертеж, обвести его и заштриховать сечения.

8. Нанести габаритные, установочные и присоединительные размеры.

9. Нанести линии-выноски для номеров позиций.

10. Заполнить основную надпись.

11. На отдельных форматах (А4) составить спецификацию.

12. Проставить номера позиций деталей на сборочном чертеже согласно спецификации.

Спецификация

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 сборочный чертеж – это документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Спецификация относится к текстовым конструкторским документам и заполняется в соответствии с ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы».

Первый лист спецификации имеет основную надпись (ГОСТ 2.104-2006) по форме 2, а последующие листы – по форме 2а.

Спецификация состоит из разделов, которые располагаются в следующей последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты. Наличие их определяется составом изделия. В спецификацию для учебных сборочных чертежей, как правило, входят следующие разделы:

1. Документация;
2. Сборочные единицы;
3. Детали;
4. Стандартные изделия;
5. Материалы.

Наименование каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается тонкой линией. Ниже каждого заголовка оставляется одна свободная строка, выше – не менее одной свободной строки.

1. В раздел «Документация» вносят конструкторские документы на сборочную единицу. В этот раздел в учебных чертежах вписывают «Сборочный чертеж».

2. В разделы «Сборочные единицы» и «Детали» вносят те составные части сборочной единицы, которые непосредственно входят в нее. В каждом из этих разделов составные части записывают по их наименованию.

3. В раздел «Стандартные изделия» записывают стандартные изделия. Запись производят в алфавитном порядке наименований изделий, в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

4. В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в сборочную единицу. Материалы записывают по видам и в последовательности, указанным в ГОСТ 2.106-96. Материалы записывают в алфавитном порядке наименований материалов.

Графы спецификации заполняют следующим образом. В графе «Формат» указывают обозначение формата. В графе «Поз.» указывают порядковый номер составной части сборочной единицы в последовательности их записи в спецификации. В разделе «Документация» графу «Поз.» не заполняют.

В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» графу «Обозначение» не заполняют. В графе «Наименование» указывают наименование составной части сборочной единицы. Все наименования пишут в именительном падеже единственного числа.

Основные технические документы при проектировании

Техническое задание

Техническое задание (ТЗ) – исходный технический документ для проведения работы, устанавливающий требования к создаваемому изделию (его СЧ или КИМП) и технической документации на него, а также требования к объему, срокам проведения работы и форме представления результатов.

ТЗ является неотъемлемой частью контракта (договора), заключаемого между заказчиком работы, головным исполнителем, исполнителями СЧ работы, исполнителями работ по разработке.

При разработке ТЗ учитывается информация об аналогичной продукции, содержащейся в различных базах данных.

Для подтверждения отдельных требований к продукции, в том числе требований безопасности, охраны здоровья и окружающей среды, а также оценки технического уровня продукции, ТЗ может быть направлено разработчиком или заказчиком на экспертизу (заключение) в сторонние организации. Решения по полученным заключениям принимают разработчик и заказчик до утверждения ТЗ.

Требования к построению, содержанию и изложению ТЗ

В ТЗ на ОКР рекомендуется предусматривать учет интересов всех возможных потребителей.

В ТЗ должна быть предусмотрена реализация всех обязательных требований стандартов и технических регламентов, распространяющихся на данную продукцию, и указана предусмотренная законодательством форма подтверждения соответствия продукции этим требованиям.

В ТЗ на ОКР рекомендуется предусматривать следующие положения:

- оценку технического уровня и качества продукции с учетом требований ГОСТов;
- прогноз развития требований на данную продукцию на предполагаемый период ее выпуска;
- рекомендуемые этапы модернизации (модифицирования) продукции с учетом прогноза развития требований;
- соответствие требованиям стран предполагаемого экспорта с учетом прогноза развития этих требований;
- требования к утилизации бракованной продукции, продукции с истекшими сроками хранения, выработавшей свой ресурс, морально устаревшей и отходов от нее, к удалению опасных отходов.

ТЗ на ОКР может состоять из разделов, располагаемых в следующем порядке:

- наименование, шифр ОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения ОКР;
- цель выполнения ОКР, наименование и обозначение изделия;
- технические требования к изделию;
- технико-экономические требования;
- требования к видам обеспечения;
- требования к сырью и материалам;
- требования к консервации, упаковке и маркировке;
- требования к учебно-тренировочным средствам (при необходимости);
- специальные требования;
- требования к документации;
- этапы выполнения ОКР;
- порядок выполнения и приемки этапов ОКР.

ТЗ на ОКР может быть дополнено приложениями.

В разделе "Наименование, шифр ОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения ОКР" указывают наименование, шифр ОКР и полное наименование документа (документов), на основании которого (которых) должна выполняться ОКР, номер и дату его (их) утверждения, исполнителя и сроки выполнения ОКР.

ОКР и СЧ ОКР присваивают одинаковые шифры, которые сохраняют до окончания ОКР или ее прекращения. Для СЧ ОКР при необходимости устанавливают дополнительные (добавочные) шифры.

В разделе "Цель выполнения ОКР, наименование и обозначение изделия" указывают цель выполнения ОКР (устанавливают подлежащие достижению обобщенные результаты выполнения ОКР), полное наименование, обозначение (если имеется), назначение и область применения создаваемого (модернизируемого) изделия, а при необходимости и место создаваемого изделия в системе.

В том случае, если разрабатывается многоцелевое изделие, указывают его основное назначение и решаемые задачи, а также предполагаемые варианты применения изделия.

При необходимости в разделе приводят информацию о том, что данное изделие создается:

- в качестве базового с модификациями (комплектациями);
- взамен ранее созданных изделий (отражая преимущества разрабатываемых изделий перед аналогом) или указывают на отсутствие аналога.

В разделе также могут быть указаны (при их наличии) научно-технические достижения и изобретения, на основе которых ведется разработка изделия и обеспечивается функционирование его основных СЧ.

В разделе "Технические требования к изделию" указывают требования, характеристики, нормы, показатели и другие параметры, определяющие назначение, эксплуатационные характеристики, условия экс-

плуатации и применения изделия. Раздел может состоять из следующих подразделов:

- состав изделия;
- требования назначения;
- требования электромагнитной совместимости (для радиоэлектронных средств);
- требования живучести и стойкости к внешним воздействиям;
- требования надежности;
- требования эргономики, обитаемости и технической эстетики;
- требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта;
- транспортирование;
- требования безопасности;
- требования стандартизации, унификации и каталогизации;
- требования технологичности;
- конструктивные требования.

При необходимости изложения специфических требований допускается вводить и другие подразделы.

Требования в каждом подразделе располагают в зависимости от степени их важности, характера и формулируют так, чтобы исключить возможность их неоднозначного толкования.

Номинальные значения величин, определяющих количественные требования, характеристики (параметры), нормы и показатели изделия и условий его применения, приводят с допустимыми отклонениями. В случае указания наибольших и (или) наименьших допустимых значений величин должны быть указаны пределы допускаемых погрешностей их измерений (оценки).

В подразделе "Состав изделия" перечисляют основные СЧ изделия или приводят требования к составу изделия, а также указывают (при необходимости) назначение СЧ.

Для изделий, имеющих несколько модификаций (вариантов поставки или использования), отличающихся по количеству СЧ, должен быть указан состав каждой модификации (комплектации).

Допускается окончательно определять состав изделия при выполнении этапа разработки эскизного (технического) проекта.

В подразделе "Требования назначения" устанавливают:

- характеристики (параметры), обеспечивающие выполнение изделием своих функций в заданных условиях применения, в том числе с учетом аварийных ситуаций, а также нормы и количественные показатели, определяющие эффективность изделия (пространственные пределы работы, точность выполнения операций, время готовности к работе и т.д.);
- технические характеристики (параметры) изделия, обеспечивающие выполнение возложенных на него задач (мощность, чувствитель-

ность, коэффициент полезного действия, грузоподъемность и т.д.), если их значения по каким-либо соображениям (например, экологической безопасности) должны быть ограничены или нормированы;

В подразделе "Конструктивные требования" устанавливают совокупность требований к конструкции создаваемого изделия, соблюдение которых обеспечивает соответствие изделия его целевому назначению и заданному уровню качества в процессе создания, производства и эксплуатации, и указывают:

- основные конструктивные требования к изделию и его СЧ (габаритные, установочные и присоединительные размеры; способ крепления; запасы регулировки управления);

- требования конструктивной приспособленности изделия к консервации;

- вид исполнения (контейнерное, блочное, моноблочное и др.);

В подразделе "Требования электромагнитной совместимости" устанавливают требования, обеспечивающие их электромагнитную совместимость, помехоустойчивость, а также требования, обеспечивающие защиту от электромагнитных излучений естественного и искусственного происхождения, в том числе устойчивость функционирования радиоэлектронных средств в условиях изменения среды распространения таких излучений.

Содержание требований подраздела по электромагнитной совместимости устанавливают с учетом требований ГОСТ 28934.

В подразделе "Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям" устанавливают требования, обеспечивающие способность изделия выполнять свои функции в условиях влияния ОС, сопрягаемых и других объектов, а также при возможных повреждениях и в аварийных ситуациях. Номенклатуру, характеристики внешних воздействующих факторов и содержание требований по стойкости устанавливают с учетом требований ГОСТ 21964. В подразделе в зависимости от вида и назначения изделия устанавливают требования в части:

- восстановления и поддержания работоспособности изделия после эксплуатационного повреждения;

- воздействия климатических условий (колебаний и предельных значений температуры, влажности воздуха и атмосферного давления, солнечной радиации, атмосферных конденсированных осадков, агрессивных сред, пыли, воды и т.д.);

- стойкости к воздействию механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветровых и др.);

В подразделе "Требования надежности" в соответствии с порядком и правилами, регламентированными ГОСТ 27.003, устанавливают:

- номенклатуру и значения показателей надежности;

- критерии отказов [или конкретное выражение (значение) "выходного эффекта" для изделий, требования надежности к которым установлены с использованием показателя "коэффициент сохранения эффективности"] и предельных состояний, применительно к которым устанавливают показатели надежности;

- количественные значения показателей назначенного ресурса, срока службы, срока хранения (включают при необходимости);

В подразделе "Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта" устанавливают требования:

- к рабочим и предельным условиям эксплуатации, во время и после которых изделие не должно разрушаться, сохраняя свои параметры в пределах установленных норм с заданным уровнем отклонения величин;

- к эксплуатационным режимам;

- к продолжительности непрерывной или циклической работы;

- к эксплуатации изделия в аварийных ситуациях;

В подразделе "Транспортирование" устанавливают требования, определяющие приспособленность изделия к перевозке, и указывают:

- класс опасности по ГОСТ 19433 (при необходимости);

- виды транспорта, которыми может осуществляться перевозка;

- необходимое количество транспортных средств для перевозки изделия, возможное количество перевозимых изделий одной единицей транспорта (при необходимости);

В подразделе "Требования безопасности" устанавливают требования, характеризующие конструктивно-технические особенности создаваемого изделия, обеспечивающие безопасность персонала, местного населения, сопрягаемых и других близко расположенных объектов, а также ОС на всех стадиях жизненного цикла изделия:

- безопасности персонала и населения от воздействия электрического напряжения, движущихся частей, теплового (светового) воздействия, высокочастотных, радиационных, электромагнитных полей, ядовитых паров и газов, вибраций, акустических шумов и др., а также специальные технические и медико-технические требования безопасности персонала;

- взрывобезопасности и пожаростойкости изделия, его СЧ, их покрытий и материалов, в том числе применяемых при эксплуатации и ремонте изделия;

В подразделе "Требования стандартизации, унификации и каталогизации" устанавливают требования, направленные на достижение целей стандартизации и каталогизации.

Подраздел должен состоять из двух частей, устанавливающих:

- требования стандартизации и унификации;

- требования каталогизации.

В разделе "Технико-экономические требования" устанавливают требования, выполнение которых обеспечит разработку изделия, отвечающего условию экономической целесообразности его создания по критерию "эффективность–стоимость".

В разделе "Требования к видам обеспечения" устанавливают требования и нормы по видам обеспечения изделия для достижения заданной эффективности в процессе его применения и эксплуатации. Раздел должен состоять из подразделов:

- требования к нормативно-техническому обеспечению;
- требования к метрологическому обеспечению;
- требования к диагностическому обеспечению;
- требования к математическому, программному и информационно-лингвистическому обеспечению.

В разделе "Требования к консервации, упаковке и маркировке" устанавливают:

– требования к консервации с учетом сроков и условий хранения изделия (комплектов ЗИП) на открытых площадках, под навесами, в хранилищах, в составе законсервированного объекта, комплекса и т.п. (в том числе необходимость консервации перед упаковкой, возможность применения при консервации универсального оборудования или необходимость разработки и изготовления специального оборудования, методы и средства консервации);

– требования к упаковке (в том числе вид упаковки, применяемые упаковочные средства), способ упаковки, возможные варианты упаковки в зависимости от сроков и условий хранения и перевозки;

– количество изделий, упаковываемых в одну потребительскую и (или) транспортную упаковку;

– требования к маркировке, наносимой на изделие и упаковку (место нанесения, способ нанесения, требования к качеству маркировки, содержанию предупредительных и указательных надписей), в том числе автоматической идентификации изделия (штриховому кодированию).

В разделе "Специальные требования" устанавливают:

– требования к виду и составу специального оборудования и оснастки, необходимых для обеспечения эксплуатации и технического обслуживания изделия;

– требования к специальному ремонтно-технологическому оборудованию, предназначенному для комплектования ремонтных органов в целях обеспечения ремонта и поддержания изделия в работоспособном состоянии в процессе эксплуатации;

В разделе "Требования к документации" устанавливают требования к документам разрабатываемого изделия (комплекса, системы) согласно стандартам ЕСКД.

Технические условия

Технические условия (ТУ) являются техническим документом, который разрабатывается по решению разработчика (изготовителя) или по требованию заказчика (потребителя) продукции.

ТУ являются неотъемлемой частью комплекта конструкторской или другой технической документации на продукцию, а при отсутствии документации должны содержать полный комплекс требований к продукции, ее изготовлению, контролю и приемке.

ТУ разрабатывают на:

- одно конкретное изделие, материал, вещество и т.п.;
- несколько конкретных изделий, материалов, веществ и т.п. (групповые технические условия).

Примечание – В случае необходимости разработки изделий, материалов, веществ и т.п. с повышенными требованиями по отношению к действующим разрабатываются самостоятельные ТУ, в которых приводят ссылку на действующие ТУ, или действующие ТУ преобразовываются в групповые с внесением необходимых дополнений (изменений).

Требования, установленные ТУ, не должны противоречить обязательным требованиям государственных (межгосударственных) стандартов, распространяющихся на данную продукцию.

Если отдельные требования установлены в стандартах или других технических документах, распространяющихся на данную продукцию, то в ТУ эти требования не повторяют, а в соответствующих разделах ТУ дают ссылки на эти стандарты и документы в соответствии с ГОСТ 2.105.

ТУ оформляют на листах формата А4 по ГОСТу.

Обозначение ТУ присваивает разработчик.

ТУ должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующей последовательности:

- технические требования;
- требования безопасности;
- требования охраны окружающей среды;
- правила приемки;
- методы контроля;
- транспортирование и хранение;
- указания по эксплуатации;
- гарантии изготовителя.

Состав разделов и их содержание определяет разработчик в соответствии с особенностями продукции. При необходимости ТУ, в зависимости от вида и назначения продукции, могут быть дополнены другими разделами (подразделами) или в них могут не включаться отдельные разделы (подразделы), или отдельные разделы (подразделы) могут быть объединены в один.

Примечание – Состав разделов и содержание ТУ на изделия, разрабатываемых по договорам с МО, согласовывают с представителем заказчика.

Вводная часть должна содержать наименование продукции, ее назначение, область применения (при необходимости) и условия эксплуатации.

В разделе "Технические требования" должны быть приведены требования, нормы и характеристики, определяющие показатели качества и потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции.

Раздел в общем случае должен состоять из следующих подразделов:

- основные параметры и характеристики (свойства);
- требования к сырью, материалам, покупным изделиям;
- комплектность;
- маркировка;
- упаковка.

В подразделе "Основные параметры и характеристики (свойства)" помещают:

- основные параметры и характеристики, характеризующие тип (вид, марку, модель) продукции и, при необходимости, дают ее изображение с габаритными, установочными и присоединительными размерами или дают ссылку на конструкторские или другие технические документы с указанием их обозначений. При необходимости, чертежи и схемы изделий, на которые даны ссылки, допускается помещать в приложении к ТУ. При разработке групповых ТУ в разделе указывают коды продукции каждого исполнения по классификатору продукции страны-разработчика;

- требования назначения, характеризующие свойства продукции, определяющие ее основные функции, для выполнения которых она предназначена в заданных условиях, требования совместимости и взаимозаменяемости, требования к составу и структуре, физико-химическим, механическим и другим свойствам; требования видам совместимости;

- требования надежности к выполнению продукцией своих функций с заданной эффективностью в заданном интервале времени и их сохранению при заданных условиях технического обслуживания, ремонта, хранения, транспортирования, в том числе количественные требования, в виде значений комплексных показателей надежности продукции и (или) единичных показателей ее безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. На продукцию, использование которой по истечении определенного срока представляет опасность для жизни, здоровья людей, окружающей среды или может причинить вред имуществу граждан, должны устанавливаться сроки службы, по истечении которых продукция считается непригодной для использования по назначению.

- требования радиоэлектронной защиты к продукции по обеспечению помехозащищенности, защиты от электромагнитных и ионизирующих;

- требования эргономики;

- требования экономного использования сырья, материалов, топлива, энергии и трудовых ресурсов;
- требования технологичности;
- конструктивные требования, предъявляемые к продукции в форме конкретных конструктивных решений, обеспечивающих наиболее эффективное выполнение продукцией ее функций, а также рациональность при ее разработке, производстве и применении.

В подразделе "Требования к сырью, материалам, покупным изделиям" устанавливают требования:

- к покупным изделиям, жидкостям, смазкам, краскам и материалам (продуктам, веществам);
- к драгоценным материалам, металлам и сплавам, порядок их учета;
- к вторичному сырью и отходам промышленного производства.

В подразделе "Комплектность" устанавливают входящие в комплект поставки отдельные (механически не связанные при поставке) составные части изделия, запасные части к нему, инструмент и принадлежности, материалы и т.п., а также поставляемую вместе с изделием документацию.

В подразделе "Маркировка" устанавливают следующие требования к маркировке продукции, в том числе к транспортной маркировке:

- место маркировки (непосредственно на продукции, на ярлыках, этикетках, на таре и т.п.);
- содержание маркировки;
- способ нанесения маркировки.

На продукцию, для обеспечения безопасности которой для жизни и здоровья людей при ее применении необходимо выполнять определенные условия, в этом подразделе излагают требования о содержании в маркировке следующих указаний:

- условиях применения и мерах предосторожности при транспортировании, хранении и употреблении;
- безопасности (пожаро- и взрывобезопасность и др.);
- сроках периодического осмотра, контроля, переконсервации и т.п.

В подразделе "Упаковка" указывают:

- правила подготовки продукции к упаковыванию (включая демонтаж, консервацию) с указанием применяемых средств;
- потребительскую и транспортную тару, в том числе многооборотную тару, вспомогательные материалы, применяемые при упаковывании, а также требования технической эстетики (для товаров народного потребления);
- количество продукции в единице потребительской упаковки и транспортной тары;
- способы упаковывания продукции в зависимости от условий транспортирования (в таре, без тары и т.п.);
- порядок размещения и способ укладки продукции;

– перечень документов, вкладываемых в тару при упаковывании, и способ их упаковывания.

В разделе "Требования безопасности" устанавливают требования, которые должны содержать все виды допустимой опасности и устанавливаться таким образом, чтобы обеспечивалась безопасность продукции в течение срока ее службы (годности).

В разделе указывают: требования электробезопасности; требования пожарной безопасности; требования взрывобезопасности; требования радиационной безопасности; требования безопасности от воздействия химических и загрязняющих веществ, в том числе предельно допустимые концентрации веществ или входящих в него компонентов и т.д.

В разделе "Требования охраны окружающей среды" устанавливают требования для предупреждения вреда окружающей природной среде, здоровью и генетическому фонду человека при испытании, хранении, транспортировании, эксплуатации (применении) и утилизации продукции, опасной в экологическом отношении.

В раздел включают показатели и нормы, определяющие:

– требования по допустимым (по уровню и времени) химическим, механическим, радиационным, электромагнитным, термическим и биологическим воздействиям на окружающую среду;

– требования по устойчивости загрязняющих, ядовитых веществ в объектах окружающей среды (водная среда, атмосферный воздух, почва, недра, флора, моносфера и т.д.);

– требования при утилизации и к местам захоронения опасной продукции и отходов и т.д.

В разделе "Правила приемки" указывают порядок контроля продукции, порядок и условия предъявления и приемки продукции органами технического контроля предприятия-изготовителя и потребителем (заказчиком), размер предъявляемых партий, необходимость и время выдержки продукции до начала приемки, сопроводительную предъявительскую документацию, а также порядок оформления результатов приемки.

В зависимости от характера продукции устанавливают программы испытаний (например, приемо-сдаточных, периодических, типовых, на надежность), а также указывают порядок использования (хранения) продукции, прошедшей испытания, необходимость отбора и хранения образцов для повторного (дополнительного) испытания и т.п.

В разделе "Методы контроля" устанавливают приемы, способы, режимы контроля (испытаний, измерений, анализа) параметров, норм, требований и характеристик продукции, необходимость контроля которых предусмотрена в разделе "Правила приемки". Методы контроля (испытаний, измерений, анализа) должны быть объективными, четко сформулированы, точными и обеспечивать последовательные и воспроизводимые результаты.

Для каждого метода контроля (испытаний, измерений, анализа), в зависимости от специфики проведения, должны быть установлены:

- методы отбора проб (образцов);
- оборудование, материалы и реактивы и др.;
- подготовка к контролю (испытанию, измерению, анализу);
- проведение контроля (испытания, измерения, анализа);
- обработка результатов.

В разделе "Транспортирование и хранение" устанавливают требования к обеспечению сохранности продукции при ее транспортировании и хранении, в том числе по обеспечению безопасности.

В разделе указывают виды транспорта и транспортных средств способы крепления и укрытия продукции в этих средствах.

В разделе указывают параметры транспортирования и допустимые механические воздействия при транспортировании, климатические условия, условия хранения продукции, обеспечивающие ее сохранность, в том числе требования к месту хранения продукции

Правила хранения продукции излагают в следующей последовательности:

- место хранения;
- условия хранения;
- условия складирования;
- специальные правила и сроки хранения (при необходимости).

В разделе "Указания по эксплуатации" приводят указания по установке, монтажу и применению продукции на месте ее эксплуатации (применения), например, способ соединения с другой продукцией; требования к условиям охлаждения с указанием, при необходимости, критериев и методов контроля; возможность работы в других средах; особые условия эксплуатации; сведения об утилизации;

В разделе "Гарантии изготовителя" устанавливают права и обязанности изготовителя по гарантиям в соответствии с действующим законодательством.

Разработчик согласовывает с заказчиком (потребителем) ТУ и вместе с другими документами, подлежащими согласованию на приемочной комиссии, направляет их не позднее чем за один месяц до начала ее работы в организации (предприятия), представители которых включены в состав приемочной комиссии, – по ГОСТ 15.001.

Рассмотрение ТУ, представленных на согласование, не должно превышать 20 дней с момента поступления их в организацию.

Согласование ТУ оформляют подписью руководителя согласующей организации под грифом "СОГЛАСОВАНО"

ТУ утверждают, как правило, без ограничения срока действия.

Патентный формуляр

Патентный формуляр является документом, определяющим состояние объекта техники в отношении охраны промышленной собственности.

Патентный формуляр предназначен для представления его организациям (органам), решающим вопросы реализации объекта в стране и за рубежом, в том числе возможности и условий экспорта, капитального строительства, продажи лицензий, передачи технической документации за границу, а также экспонирования на международных выставках и ярмарках.

Патентный формуляр составляет или корректирует (если он был ранее составлен) держатель подлинников технической документации на основе отчета о патентных исследованиях, проводимых в соответствии с ГОСТ 15.011-82.

Держатель подлинников технической документации направляет копию патентного формуляра (или информационной карточки) в установленном порядке в справочно-информационный фонд патентных формуляров Всесоюзного научно-исследовательского института патентной информации (ВНИИПИ) Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий.

Данные патентного формуляра на момент представления должны отражать результаты проведенных патентных исследований с учетом последней имеющейся информации.

На группу изделий (процессов), на которые разрабатывают общие технические (конструкторские) документы, составляют один патентный формуляр.

На объекты капитального строительства патентный формуляр составляют только на составные части, содержащие технические (проектно-технические) решения, которые выполнены генеральным проектировщиком.

На прочие составные части проекта генеральный проектировщик получает патентные формуляры от держателя подлинников технической документации на эти составные части.

Патентный формуляр утверждает руководитель организации (предприятия) – держателя подлинников технической документации.

Патентный формуляр должен прилагаться к комплекту технической документации при передаче ее другому предприятию (организации).

Патентный формуляр передаче за границу не подлежит, за исключением случаев, предусмотренных соглашением (контрактом).

Учет и хранение патентных формуляров, а также внесение в них изменений проводят в порядке, установленном в отрасли.

При внесении изменений в подлинник патентного формуляра держатель подлинников технической документации сообщает предприятиям (организациям) – держателям учтенных копий патентного формуляра текст изменения, организацию (предприятие)-исполнителя и дату отчета о патентных исследованиях, на основании которого внесены эти изменения.

Правила оформления и заполнения патентного формуляра

Патентный формуляр содержит разделы:

- общие сведения,
- результат проверки патентной чистоты,
- охранные документы, под действие которых подпадает объект техники,
- правовая защита объекта техники.

Титульный лист патентного формуляра выполняют по форме (ГОСТ 15.012-84). Разделы оформляют в виде таблиц.

Основные принципы и методы проектирования. Модульный принцип проектирования

Принципы проектирования

При проектировании ИС применяются следующие принципы:

1. Принцип декомпозиции (разбиение сложной задачи на более простые, доступные для понимания проектировщиком).

2. Иерархический принцип проектирования по этапам.

Чем сложнее проектируемый объект, тем больше уровней иерархии. Например, при проектировании транзистора (или другого компонента) имеется один уровень – компонентный, когда выходные параметры транзистора рассчитывают по его внутренним параметрам с учетом внешних факторов.

3. Итерационный принцип проектирования.

Проверку правильности проектных решений, их соответствие требуемым параметрам необходимо обеспечить еще на стадии проектирования. Последовательное приближение к выполнению заданных требований по результатам моделирования и оптимизации на каждом этапе проектирования составляет суть итерационного принципа проектирования. Итерации могут выполняться как внутри одного этапа проектирования, так и между группами этапов.

4. Унификация задач и составляющих частей объектов проектирования позволяет упростить сам процесс и представить объекты в базе данных более компактно.

Объекты должны быть максимально унифицированы (иметь минимально возможную номенклатуру). Основная цель унификации – минимизация числа вновь разрабатываемых ИС.

5. Контролируемость каждого этапа проектирования – важный принцип проектирования.

Контроль может быть совмещен с процессом проектирования или выделен из него. Первый вариант имеет место, например, при размещении элементов и трассировке внутрисхемных соединений на кристалле ИС или

печатной плате с соблюдением заданных норм и параметров, а второй – при автоматической проверке проектных норм и параметров, полученных на любом этапе проектирования ручным, автоматизированным или автоматическим методом. Контроль правильности выполнения проектных работ на различных этапах проектирования ИС называют верификацией.

Результатом работы по проектированию должен быть выпуск проектной документации, включающей:

1. текстовые и текстово-графические документы:
 - описание алгоритма функционирования на входном языке;
 - функционально-логическая схема;
 - временные диаграммы;
 - принципиальные электрические схемы функциональных блоков;
 - электрические характеристики функциональных блоков и компонентов;
 - таблицы параметров компонентов.
2. графические документы:
 - послойные и совмещенные чертежи топологии функциональных блоков ИС;
3. документы на машинных носителях;
 - контролирующие тесты для установок функционального контроля, информация на машинных носителях для программно-управляемого технологического оборудования ИС (для изготовления фотошаблонов или непосредственно ИС).

Методы проектирования

Методы проектирования классифицируются:

1. По способам организации выполнения проектных процедур на экспериментальные (макетирование, физическое моделирование) и теоретические (расчет по аналитическим выражениям, математическое моделирование).
2. По степени автоматизации выполнения проектных процедур (автоматизированные и автоматические).

Проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путем взаимодействия человека и ЭВМ, называют автоматизированным, в отличие от ручного (без использования ЭВМ) или автоматического (без участия человека на промежуточных этапах).

Макетирование

Исходя из требований ТЗ на разрабатываемую ИС выбираются два-три технологических процесса, при которых предположительно могут быть удовлетворены требования ТЗ по функциональным параметрам ИС. Затем для получения образцов активных компонентов и базовых логических элементов разрабатывается специальная *тестовая топологическая схема*, в которую должны входить активные компоненты и базовые аналоговые и

логические элементы. Обычно такая схема включает специальные тестовые компоненты для контроля параметров физической структуры и ошибок изготовления. С помощью тестовой схемы решаются следующие задачи:

- выбор нескольких типов геометрических конфигураций активных компонентов и логических элементов (ЛЭ), которые предположительно должны удовлетворять схемотехническим требованиям;
- накопление статистических данных по параметрам активных компонентов и ЛЭ, их анализ в различных режимах работы;
- исследование характера и определение параметров паразитных связей между компонентами ИС;
- контроль процессов изготовления фотошаблонов и фотолитографии и определение минимально допустимых размеров топологических элементов и запасов на совмещение, необходимых при решении топологических задач;
- выявление систематических ошибок процессов изготовления фотошаблонов и фотолитографии для учета их при разработке топологических схем.

При разработке тестовой схемы необходимо учитывать возможность выбора того или иного технологического метода изготовления ИС. Если ни по одной из имеющихся технологий невозможно спроектировать данную ИС, удовлетворяющую требованиям ТЗ, которые определяются на этапе синтеза и анализа принципиальной электрической схемы, то необходимо сформулировать требования к вновь разрабатываемому технологическому процессу. При этом на основании справочных данных и имеющегося опыта определяются наиболее перспективные для разрабатываемой схемы физико-топологические параметры ИС.

На полученных образцах активных компонентов собирается макет ИС, который затем исследуется методами, традиционными для обычной схемотехники на дискретных компонентах.

Основные недостатки макетирования: высокая стоимость и значительное время проектирования.

Основное достоинство – относительная достоверность результатов.

Физическое моделирование заключается в изучении объектов одной физической природы с помощью объектов, имеющих другую физическую природу, но одинаковое с ними математическое описание. В основе метода лежит принцип подобия (аналогий). Наиболее известным примером является применение электролитических ванн при моделировании поля потенциалов в транзисторной структуре.

Расчет по аналитическим выражениям. Для получения формул, связывающих выходные параметры ИС (функциональные и измеряемые) с внутренними (параметрами компонентов), делаются значительные упрощения (например, экспоненциальные вольтамперные зависимости счита-

ются линейными). По сложности расчеты по аналитическим выражениям ориентированы на вычислительную мощность имеющихся в распоряжении каждого разработчика средств - «человеческий мозг, логарифмическая линейка, микрокалькулятор, программируемый микрокалькулятор, персональная ЭВМ и т. д.

Основные недостатки данного метода проектирования ИС - высокая трудоемкость вывода формул и, как правило, низкая точность расчетов. Основное достоинство – доступность.

Математическое моделирование. Наиболее существенное отличие этого метода в том, что математические модели ИС получают без или при минимальных упрощениях, и они более адекватно описывают процессы, происходящие в реальных устройствах. Кроме того, при математическом моделировании (и только при нем) можно математически точно решать экстремальные и статистические задачи, определяющие качество проектирования.

Модульный принцип проектирования

Основная цель модульного принципа проектирования – это снижение затрат на разработку, изготовление и освоение производства ЭС, обеспечение совместимости и преемственности аппаратурных решений при одновременном увеличении качества, надежности и срока эксплуатации.

Под **модульным принципом** проектирования понимается проектирование изделий ЭС на основе конструктивной и функциональной взаимозаменяемости составных частей конструкции – *модулей*.

Модуль – составная часть аппаратуры, выполняющая в конструкции подчиненные функции, имеющая законченное функциональное и конструктивное оформление и снабженная элементами коммутации и механического соединения с подобными модулями и с модулями низшего уровня в изделии.

Модульный принцип проектирования предполагает разукрупнение (разбивку, расчленение) электронной схемы ЭС на функционально законченные подсхемы (части), выполняющие определенные функции.

Эти подсхемы чаще всего разбиваются на более простые и так до тех пор, пока электронная схема изделия не будет представлена в виде набора модулей разной сложности, а низшим модулем не окажется корпус МС. Модули одного уровня объединяются между собой в ЭС на какой-либо конструктивной основе (несущей конструкции).

Возможен и другой подход к проектированию, когда частям детально разработанной функциональной схемы изделия ставятся в соответствие схемы выбранной серии микросхем, а электрическая схема изделия как бы "покрывается" электрическими схемами микросхем.

При этом отдельные части схемы изделия могут оказаться непокрытыми микросхемами существующих серий, тогда такие подсхемы реализуются дискретными электрорадиоэлементами (ЭРЭ).

В результате будет получен набор корпусов МС и ЭРЭ, реализующий схему изделия. Эти корпуса и ЭРЭ устанавливаются и коммутируются между собой в модулях следующего уровня иерархии, которые устанавливаются и коммутируются в модуле более высокого уровня, и т. д.

В зависимости от сложности проектируемого изделия будет задействовано разное число уровней модульности (уровней конструктивной иерархии).

Конструкция современной ЭС представляет собой некоторую иерархию модулей (порядок в расположении модулей от низшего к высшему), каждая ступень которой называется уровнем модульности.

При выборе числа уровней модульности проводится типизация модулей, т. е. сокращение их разнообразия и установление таких конструкций, которые выполняли бы самые широкие функции в изделиях определенного функционального назначения.

Функциональное многообразие изделий достигается использованием различного числа уровней модульности с возможностью конструктивного оформления высшего и, следовательно, самого сложного модуля в виде законченного изделия.

Выделяют четыре основных и два дополнительных уровня модульности. Под основными понимаются уровни модульности, широко применяемые в разнообразной аппаратуре, под дополнительными – используемые в специальной аппаратуре, но не всегда.

Модулем нулевого уровня является электронный компонент. В зависимости от исполнения аппаратуры модулем нулевого уровня служат ЭРЭ и МС.

Модуль первого уровня – типовой элемент замены (ТЭЗ) – представляет собой ПП с установленными на ней модулями нулевого уровня и электрическим соединителем.

Модуль второго уровня – блок, основными конструктивными элементами которого является панель с ответными соединителями модулей первого уровня. Межблочная коммутация выполняется соединителями, расположенными по периферии панели блока. Модули первого уровня размещаются в один или несколько рядов.

Модуль третьего уровня – стойка, в которой устанавливаются блоки или 2–3 рамы.

Модулем уровня 0,5 является микросборка, состоящая из подложки с размещенными на ней безкорпусными микросхемами. Межмодульная коммутация обеспечивается введением по периферии подложки контактных площадок. Модуль вводится для увеличения плотности компоновки аппаратуры.

Модульный принцип конструирования предусматривает несколько уровней коммутации:

1-й уровень – коммутация печатным и (или) проводным монтажом электронных компонентов на плате;

2-й уровень – коммутация печатным или объемным монтажом ответных соединителей модулей первого уровня в блоке;

3-й уровень – электрическое объединение блоков или рам в стойке и стоек между собой жгутами и кабелями;

уровень 0,5 – электрическое соединение выводов бескорпусных микросхем пленочными проводниками;

уровень 2,5 – коммутация блоков в раме проводами, жгутами или кабелями.

При разработке несложной аппаратуры высшие уровни модульности отсутствуют. Полная модульность, приведенная на рис. 1, используется только в сложной аппаратуре, например, в супер-ЭВМ.

Выражение функционально-узловой метод проектирования широко распространено в отечественной литературе. Этот метод дает подход к разбивке функциональной схемы изделия на узлы (подсхемы), конструктивно выполненные на ПП модулями первого уровня. В действительности задача проектирования ставится шире, так как сложная аппаратура воплощает не одну схему, а, как правило, несколько структурных или функциональных схем. Поэтому целесообразно говорить о *модульном принципе проектирования*, подразумевая под этим принципы выделения (разукрупнения, разбивки) схем на функциональные группы разных уровней сложности (узлы, устройства, комплексы, системы) для реализации их конструктивными модулями.

Стандартизация при модульном конструировании

В основе стандартизации модулей и их несущих конструкций лежат типовые функции, свойственные многим электронным системам. Для использования при проектировании модульного принципа конструирования разработаны ведомственные нормалы и государственные стандарты, устанавливающие термины, определения, системы типовых конструкций модульных систем. Конструкционная система прежде всего должна представлять многоуровневое семейство модулей с оптимальным составом набора, обеспечивающим функциональную полноту при построении аппаратуры определенного назначения. Все модули системы должны быть совместимы между собой по конструктивным, электрическим и эксплуатационным параметрам. Базовым называется принцип конструирования, при котором частные конструктивные решения реализуются на основе стандартных конструкций модулей или конструкционных систем модулей (базовых конструкций), разрешенных к применению в аппаратуре определенного класса, назначения и объектов установки.

При разработке базовых конструкций должны учитываться особенности современных и, что более важно, будущих разработок. При этом частные конструктивные решения обобщаются, а основные свойства и параметры закладываются в конструкции, которые стандартизируются, поставляются и рекомендуются для широкого применения. Базовые конструкции не должны быть полностью конструктивно завершенными, необходимо предусматривать возможность их изменения (в основном косметического характера) для создания модификаций аппаратурных решений. Иерархическое построение базовых конструкций с гибкой структурой и числом уровней не более четырех является вполне достаточным для разработки ЭС любой сложности.

При стандартизации параметры конструкций объединяются в параметрические ряды, характеризующиеся совокупностью числовых значений на основе принятых градаций и диапазонов. Если в качестве параметров ряда используют геометрические размеры конструкции, то говорят не о параметрических, а о размерных рядах. Оба вида рядов получили широкое распространение.

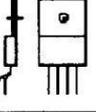
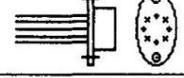
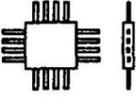
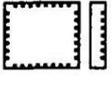
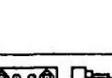
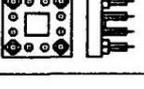
Оптимальными с позиций стандартизации следует считать ряды, обеспечивающие наибольший экономический эффект от их использования и опережающую стандартизацию, т. е. сокращение объема работ, связанных с пересмотром стандартов и их модернизацией (опережающая стандартизация позволяет увеличить сроки действия стандартов).

Модули нулевого уровня

На низшем нулевом уровне конструктивной иерархии ЭС находятся МС. Корпуса МС служат для защиты помещенных в них полупроводниковых кристаллов, подложек и электрических соединений от внешних воздействий, а также для удобства при сборке и монтаже модулей первого уровня. Кристаллы или подложки МС приклеивают или припаивают к основанию корпуса, а выходные контакты подсоединяют к выводам корпуса пайкой или сваркой. Корпуса микросхем бывают металлостеклянными, металлокерамическими, металлопластмассовыми, стеклянными, керамическими и пластмассовыми. В первых трех разновидностях корпусов крышка выполняется металлической, а основание – стеклянным, керамическим или пластмассовым. Металлическая крышка обеспечивает эффективную влагозащиту при хорошем отводе теплоты от кристалла, снижает уровень помех. В пластмассовых и керамических корпусах крышку и основание выполняют из однородного материала. Основание корпуса соединяют с крышкой пайкой, сваркой или склеиванием. Некоторые корпуса получают путем заливки формы корпуса пластмассой. На корпус МС наносится маркировка в соответствии с ее условным обозначением и выполняется нумерация выводов относительно ключа или метки. По форме проекции тела корпуса на установочную плоскость и расположению выводов корпуса делят на типы и подтипы (табл. 6).

Таблица 6

Типы и подтипы корпусов микросхем

Тип	Под-тип	Расположение выводов относительно установочной плоскости	Внешний вид корпуса	Форма проекции тела корпуса на установочную плоскость
1	11	Перпендикулярное в один ряд		Прямоугольная
	12	Перпендикулярное в два ряда		
	13	Перпендикулярное в три ряда		
	14	Перпендикулярное по контуру прямоугольника		
	15	Перпендикулярное, в один ряд или отформованные в два ряда		
2	21	Перпендикулярное в два ряда		Прямоугольная
	22	Перпендикулярное в четыре ряда в шахматном порядке		
3	31	Перпендикулярное по окружности		Круглая
	32	Перпендикулярное по окружности		Овальная
4	41	Параллельное по двум противоположным сторонам		Прямоугольная
	42	Параллельное по четырем сторонам		
	43	Параллельное, отформованное по двум сторонам		
	44	Параллельное, отформованное по четырем сторонам		
	45	Параллельное, отформованное под корпус по четырем сторонам		
5	51	Перпендикулярное для боковых площадок выводов по четырем сторонам		Прямоугольная
	52	Перпендикулярное для боковых площадок выводов по двум сторонам		Квадратная
6	61	Перпендикулярное в несколько рядов		Квадратная
	62	Перпендикулярное в несколько рядов со стороны крышки корпуса		

Для правильной установки МС на плату корпуса имеют ориентир (ключ), расположенный в зоне первого вывода (выводы нумеруются слева направо или по часовой стрелке со стороны расположения выводов). Ключ делается визуальным в виде металлизированной метки, выемки или паза в корпусе, выступа на выводе и пр. В поперечном сечении выводы корпусов имеют круглую, квадратную или прямоугольную форму. Шаг между выводами составляет 0,625; 1,0; 1,25; 1,7 и 2,5 мм. Типы корпусов микросхем подразделяются на типоразмеры, каждому из которых присваивается шифр, обозначающий тип корпуса и двузначное число порядкового номера типоразмера. Затем через точку указывается количество выводов корпуса. Например, корпус с 48 выводами и условным обозначением 4113.48-1 соответствует корпусу четвертого типа, 41-му подтипу с порядковым номером 13. Последняя цифра условного обозначения – порядковый регистрационный номер. Для МС в экспортном исполнении вместо регистрационного номера вводится латинская буква E.

Каждый тип корпуса имеет достоинства и недостатки. Корпус с планарными выводами для установки и монтажа требует на печатной плате почти вдвое больше площади, чем тех же размеров корпус, но с ортогональным расположением выводов. Однако установка таких корпусов возможна с двух сторон платы. Жесткие штыревые выводы с ортогональной ориентацией относительно плоскости основания позволяют устанавливать микросхемы на плату без дополнительной поддержки даже при жестких вибрационных и ударных нагрузках. При совместной установке микросхем и ЭРЭ для упрощения монтажных работ следует рекомендовать корпуса со штыревыми выводами. Пластмассовые корпуса дешевы, обеспечивают хорошую защиту от механических воздействий, но хуже других типов корпусов защищают от климатических воздействий, перегрева.

Микросборки

Наивысшая плотность компоновки ЭС имеет место при использовании бескорпусных компонентов. Однако установка и монтаж последних непосредственно на печатной плате не обеспечивает высокой плотности компоновки из-за низкой разрешающей способности монтажа (на сегодняшний день возможности печатного монтажа практически исчерпаны). Введение в конструкцию промежуточного элемента – подложки – устранит этот недостаток.

Бескорпусные активные компоненты фиксируются клеем на подложке, на которой методом тонко- или толстопленочной технологии выполняются проводники, контактные площадки цепей входа и выхода, пленочные пассивные компоненты. Подобные конструкции называют микросборками. Фактически микросборки представляют собой бескорпусные гибридные МС индивидуального применения. Интегральные микросхемы микросборок не обязательно должны быть согласованы по входу и выходу. Пассив-

ная часть схемы микросборки обеспечит необходимую согласованность. По технологии производства микросборки не отличаются от гибридных микросхем, а по функциональной сложности и степени интеграции соответствуют БИС. В отличие от универсальных БИС, используемых в разнообразной аппаратуре, микросборки разрабатывают под конкретную аппаратуру для получения высоких показателей ее микроминиатюризации, уменьшения потерь полезного объема аппаратуры. Хотя разрешающая способность толсто пленочной технологии ниже тонко пленочной, в ней сравнительно легко удается реализовать многослойные конструкции, повысить плотность компоновки.

Высокая насыщенность монтажа достигается использованием новых материалов и увеличением слоев коммутации. Материалом подложек микросборок могут быть некоторые виды стекол и керамики. Легкость получения гладких поверхностей и дешевизна являются основными преимуществами стекол. Однако низкая теплопроводность, препятствующая рассеиванию больших мощностей, хрупкость, трудность получения сложных форм подложек ограничивает их применение. Керамику отличает большая механическая прочность, лучшая теплопроводность, хорошая химическая стойкость, но и повышенная стоимость и относительно грубая поверхность.

В качестве материалов подложек используется ситалл (материал на основе стекла), поликор (керамика на основе окиси алюминия), гибкие полиимидные пленки. Размеры ситалловых подложек обычно не превышают 48x60 мм, поликоровых – 24x30 мм. Для увеличения механической жесткости и тепловой стойкости гибкие пленки чаще всего фиксируют на пластине из алюминиевого сплава. Максимальные размеры таких подложек составляют 100x100 мм, плотность разводки 5 линий/мм (минимальные ширина и зазоры между проводниками по 0,1 мм), шаг внутренних контактных площадок 0,3...0,5 мм, внешних – 0,625 мм.

Модули первого уровня

При конструировании модулей первого уровня выполняются следующие работы:

- Изучение функциональных схем с целью выявления одинаковых по назначению подсхем и унификации их структуры в пределах конкретного изделия, что приводит к уменьшению многообразия различных подсхем и, следовательно, номенклатуры различных типов ТЭЗ;
- Выбор серии микросхем, корпусов микросхем, дискретных ЭРЭ;
- Выбор единого максимально допустимого числа выводов соединителя для всех типов модулей (за основу принимают число внешних связей наиболее повторяющегося узла в наборе узлов изделия с учетом цепей питания и нулевого потенциала и 5...10 %-ного запаса контактов на возможную модификацию);

- Определение длины и ширины печатной платы. Ширина платы, как правило, кратна или равна длине соединителя с учетом полей установки и закрепления платы в модуле второго уровня. Требования по быстродействию и количество устанавливаемых на плату компонентов влияют на ее длину;

- Собственно конструирование печатной платы;
- Выбор способов защиты модуля от перегрева и внешних воздействий.

Широкое распространение получила плоская компоновка модуля, когда компоненты схемы устанавливают в плоскости платы с одной или двух сторон. Для плоской компоновки характерна малая высота установки компонентов по сравнению с длиной и шириной платы. Простота выполнения монтажных работ, легкость доступа к компонентам и монтажу, улучшенный тепловой режим являются основными преимуществами плоской компоновки. Если для внешней коммутации модуля вводится соединитель, то подобную конструкцию называют ТЭЗ. На печатную плату устанавливают микросхемы и для исключения влияния на работу микросхем помех по электропитанию – развязывающие конденсаторы.

Лицевая панель выполняет одновременно несколько функций. На ней располагают элементы индикации и управления, контрольные гнезда, иногда электрические соединители, которые коммутируются с платой проводным монтажом. На панели в резьбовое отверстие помещают невыпадающий винт, которым ТЭЗ жестко фиксируется на несущей конструкции модуля второго уровня, наносится адрес, позволяющий отличить ТЭЗ среди подобных в наборе, реализующем конструкцию ЭС, а также предотвратить неправильную установку ТЭЗ. Несоответствие адреса установочного места в блоке с адресом лицевой панели ТЭЗ указывает о неправильной его установке.

Лицевые панели совместно с монтажными панелями модулей высших уровней направляют охлаждающий аппаратуру воздух к теплонагруженным компонентам. Чтобы предотвратить утечку воздуха из установочных мест, где по каким-либо причинам ТЭЗ отсутствуют, вместо них устанавливают заглушки (только лицевые панели ТЭЗ). Панель и электрический соединитель крепят к печатной плате винтовым или заклепочным соединением. В условиях жестких механических воздействий плату ТЭЗ устанавливают на рамку, что увеличивает жесткость конструкции. При большом числе внешних цепей на ТЭЗ устанавливают несколько соединителей, располагающихся на одной или нескольких сторонах платы.

В блоках транспортируемой аппаратуры печатные платы модулей, как правило, закреплены жестко на несущей конструкции. Модули первого уровня коммутируются между собой приборными соединителями печатного монтажа, непосредственной подпайкой проводов к монтажным отверстиям плат, с использованием переходных штырьков и колодок.

Соединители обеспечивают наиболее быструю и легкую замену модулей и бывают прямого и косвенного сочленения. Вилка соединителя прямого сочленения является частью печатной платы, на которой одним из известных методов выполнения рисунка печатного монтажа получают контакты соединителя (печатные ламели). Розетка соединителя прямого сочленения бывает открытого и закрытого исполнения. В розетках открытого исполнения прорезь для установки печатной платы открыта с концов (отсюда подобное название), что позволяет устанавливать в нее различные по ширине платы. Розетки закрытого типа с концов ограничены торцевыми поверхностями и служат для установки плат фиксированной ширины. Взаимная ориентация модуля и розетки осуществляется перегородкой в розетке и пазом под эту перегородку в концевой части печатной платы. Фиксация модуля в розетке открытого исполнения производится за счет пружинящих контактов розетки, в розетке закрытого исполнения – еще и торцевыми поверхностями соединителя.

Соединитель прямого сочленения разрабатывается под плату определенной толщины. Расстояние между соседними печатными ламелями выбирается из ряда: 1,25; 2,5; 3,75 и 5 мм.

При конструировании печатных плат необходимо решать задачи:

- Выбора проводниковых и изоляционных материалов, формы и размеров печатных плат, способов установки компонентов;
- Определения ширины, длины и толщины печатных проводников, расстояний между ними, диаметров монтажных и переходных отверстий, размеров контактных площадок;
- Трассировки печатного монтажа;
- Оформления конструкторской документации.

Модули второго уровня

К модулям второго уровня относятся блоки различных видов.

На основание прибора устанавливают блок питания, плату операционного устройства (электроники) и вентиляторы, обеспечивающие нормальный тепловой режим прибора.

Может случиться, что схема, реализуемая на плате, потребует размеров, которые не могут быть обеспечены современным производством. Тогда эта гипотетическая плата разбивается на несколько плат меньших размеров, объединяемых конструктивно в блоке монтажной панелью.

При одинаковых физических объемах блоков сферическая форма обеспечивает минимальную длину линий связей. Однако форма ТЭЗ в виде полукруга не является технологичной. При конструировании блоков ЭС применяют стеллажный, этажерочный и книжный варианты конструкций в форме параллелепипеда в негерметичном и герметичном исполнении.

Блоки с защитными кожухами и крышками являются самостоятельными изделиями (приборами) и в таком виде эксплуатируются. Обычно на

переднюю панель прибора настольного типа устанавливают элементы индикации, измерительные узлы, элементы управления (кнопки, тумблеры и т.п.), электрические соединители. Элементы управления и соединители, не требующие частого доступа, а также предохранители выносят на заднюю панель. При компоновке изделий необходимо обеспечить свободный доступ к электрическим соединителям монтажных панелей для контроля и к ТЭЗ для их замены. Если монтажная панель ориентирована горизонтально, то крышку и поддон прибора необходимо выполнять съемными, если вертикально – лицевую и заднюю панели нужно делать съемными или откидными. При комплектации блоками рам и стоек шкафного типа в конструкции блоков не вводят кожухи или крышки. При значительной длине ТЭЗ (например, кассетной конструкции из нескольких плат) блок с вертикальным поперечным расположением монтажной панели можно устанавливать непосредственно в стойку. Однако в современной аппаратуре длина одноплатных ТЭЗ редко превышает 200 мм, поэтому блоки данного типа следует устанавливать в промежуточный конструктивный элемент – раму, что позволит повысить плотность компоновки стоек. Поскольку глубина блока с вертикальным продольным расположением монтажной панели зависит от количества установочных мест для ТЭЗ, то подобные блоки устанавливаются непосредственно в стойку, минуя раму. Горизонтальное расположение монтажной панели затрудняет охлаждение блоков естественной конвекцией, поэтому их обычно, используют в приборах настольного типа с низкой плотностью компоновки, либо совместно с вентиляторами, направляющими потоки охлаждающего воздуха вдоль каналов, образованными рядами плат расположенных по соседству ТЭЗ.

Конструктивное исполнение блоков весьма разнообразно, но у всех блоков можно отметить обязательное наличие монтажной панели (шасси), каркаса, направляющих и элементов фиксации в модуле высшего уровня. Упростить проектирование, контроль, наладку аппаратуры, а также получить функционально законченные блоки высокой плотности компоновки возможно при разработке нескольких блоков конструктивной системы на разное число ТЭЗ. Для этого разрабатывают несколько типоразмеров основных базовых деталей блоков и, в первую очередь, монтажных панелей.

На монтажных панелях выделяют центральную и периферийную зоны. В центральной зоне располагают ответные части соединителей ТЭЗ, направляющие, в периферийной – колодки или соединители внешней коммутации, жгуты, узлы подвода напряжения питания и нулевого потенциала. Желательно ответные соединители ТЭЗ устанавливать на многослойную печатную плату. Однако практика конструирования показала, что получить все соединения печатным способом трудно из-за необходимости разработки плат с большим числом слоев, НИЗКОЙ разрешающей способности многослойного монтажа и несовершенства программ трассировки. В процессе отработки аппаратуры часто появляется необходимость во вне-

сении изменений, которые проще всего выполнить проводным монтажом. Поэтому при конструировании блоков кроме печатного используется монтаж одиночным проводом, свитой парой, жгутовой монтаж.

При монтаже блоков свитой парой около выходных контактов ответных частей каждого соединителя ТЭЗ необходимо иметь контакты заземления, к которым коммутируются нулевые провода свитых пар. Это можно выполнить, если землю реализовать в виде сплошного фольгированного слоя односторонней печатной платы. При монтаже блоков одиночными проводами и свитыми парами необходимость в поддержке монтажа не возникает. При использовании жгутов на монтажной панели блока предусматривают пазы или углубления, в которых жгуты размещают и закрепляют. Направляющие вводятся в конструкции для быстрого сочленения ТЭЗ с ответными частями соединителей без заклинивания, зажима или перекоса, поддержки платы ТЭЗ при ударах и вибрациях, создания пути для кондуктивного отвода теплоты. Для входа и перемещения платы в направляющих по краям платы предусматривают свободную от печатного монтажа зону шириной 2–3 мм. Длина направляющих зависит от длины платы ТЭЗ. Различают коллективные направляющие, предназначенные для установки одновременно нескольких ТЭЗ, и индивидуальные.

В качестве конструкционных материалов направляющих используется пластмасса и металл. Тепловое сопротивление A ; металлических направляющих ниже, чем пластмассовых, и зависит от конкретной конструкции. Минимальным тепловым сопротивлением обладает клиновидная направляющая. После установки ТЭЗ клин 3 винтом плотно прижимается к поверхности платы. Для бокового перемещения клина в направляющей под винт должно быть выполнено фигурное отверстие.

Надежная коммутация ТЭЗ с ответной частью соединителя в блоке обеспечивается расчетом на сочленение соответствующих размерных цепей блока. При этом определяют по известному допуску замыкающего звена допуски составляющих размеров, либо номинальный размер и допуск замыкающего звена по заданным размерам и допускам составляющих звеньев.

Элементы крепления и фиксации должны исключить возможность выпадения ТЭЗ при воздействии ударов и вибраций. Предусматривается индивидуальное или групповое крепление ТЭЗ. Для индивидуального крепления рекомендуется использовать невыпадающие винты, защелки. В большинстве случаев групповое крепление осуществляется прижимной крышкой с наклеенной с внутренней стороны пористой прокладкой. После установки всех ТЭЗ в блок со стороны лицевых панелей крепится винтами прижимная крышка.

Конструкция блока позволяет контролировать в рабочем режиме любую плату после удаления стяжных винтов.

Шарнирный узел применяется в несложных конструкциях на 2–4 платы. Элементы подвески плат располагают у задней и лицевой панелей блока по два с каждой стороны. Платы раскрываются подобно открытию двустворчатых дверей стойки ЭС. Элементы подвески в блоке должны располагаться в разных плоскостях с шагом установки, несколько большим толщины платы, и выполняться в виде штыря либо перемычки между двумя прямоугольными отверстиями, на которые надевается цилиндрическая часть шарнирного узла. Преимущество рассмотренной конструкции в ее простоте, недостаток – некоторое увеличение длин электрических соединений за счет размещения элементов подвески на противоположных сторонах блока. В сложных конструкциях используют шарнирные узлы. Несколько шарнирных узлов совместно с платами штифтовым соединением или каким-либо другим способом объединяются в наборы – пакеты, которые крепятся к несущей конструкции блока. Если печатная плата фиксируется на рамке, то удобно рамку и шарнирные узлы совместить в единой конструкции.

Уменьшение объема и массы, а также длин соединений достигается использованием в конструкции гибкого резинового ремня. Ремень по ширине должен соответствовать ширине платы, а по длине – количеству и шагу установки плат в блоке. Сквозные отверстия по всей поверхности ремня служат для прошивки и фиксации, вода на ремне не должна иметь резких перегибов и больших натяжений. Плата крепится к ремню винтовым соединением.

Как и в блоках стеллажной конструкции, конкретное конструктивное исполнение блоков книжной конструкции может различаться: шарнирные узлы могут выполняться совместно с рамкой, индивидуально, на шарнирный узел может устанавливаться одна или несколько плат и т. д., коммутация может осуществляться печатным или объемным вязаным жгутом, одиночными проводниками и т. д. Однако правила объединения конструктивных элементов и узлов остаются неизменными.

В блоках с откидными платами платы механически объединяют между собой и с несущей конструкцией подвижным соединением на оси, позволяющим обеспечивать поворот (откидывание) любой платы и контроль этой платы в откинутом положении при функционировании блока. Конструкцией должна быть предусмотрена фиксация платы в откинутом состоянии. В рабочем состоянии платы объединяют в пакет и крепят к несущей конструкции. Электрические соединения выполняют объемными проводниками, жгутами, соединителями. При разработке электромонтажной схемы блока необходимо предусмотреть подвижность монтажа, например, искусственным увеличением длины жгута для обеспечения откинутого положения платы. Возможны вертикальное и горизонтальное направление откидывания плат. В качестве недостатка этого вида компоновки следует отметить некоторое увеличение длины монтажных проводов.

Этажерочная компоновка блока достигается параллельным объединением между собой плат и установочной панели в единую конструкцию стяжными винтами. Нужный шаг установки между платами пакета обеспечивается введением в конструкцию распорных втулок. Несущей конструкцией блока является установочная панель. Возможны вертикальная и горизонтальная установка панели в модуле высшего уровня. На выбор способа ориентации панели влияет конструкция, тепловой режим блока, а также характер и направление внешних механических воздействий. Межплатные электрические соединения в блоке осуществляют жгутовым монтажом, фиксированным паяным, разъемными соединениями. Внешние соединители должны устанавливаться на несущей конструкции блока. Основным преимуществом данного типа компоновки является простота конструкции, недостатком – низкая ремонтпригодность. Можно рекомендовать при конструировании несложной аппаратуры на микропроцессорах.

Кроме рассмотренных компоновочных схем блоков возможны различные их комбинации. Например, блок состоит из двух субблоков, объединяемых в книжную или откидывающуюся конструкцию, а каждый субблок имеет стеллажную или этажерочную компоновку.

Ориентация и расстояния между платами ТЭЗ зависят от технических требований на аппаратуру, теплового режима, характера и направлений внешних воздействий. Выбор варианта конструкции диктуется производственными и техническими требованиями на основе анализа основных определяющих факторов. Производственные условия рекомендуют применять однотипные конструкции ТЭЗ, элементов несущих конструкций, фиксации, крепления, монтажа.

В зависимости от сложности ЭС и возможностей объекта эксплуатации в герметичный корпус блока устанавливают один или несколько пакетов модулей первого уровня. Компактные герметичные блоки могут размещаться в любом месте объекта эксплуатации, что является преимуществом подобной компоновки, но при этом возрастают длины электрических соединений между блоками. Установка блоков на специально вводимую несущую конструкцию (раму) позволяет разместить блоки компактно в одном месте, уменьшить длины связей, но масса аппаратуры увеличивается за счет рамы.

Необходимо отметить, что в каждом конкретном случае выбор конструктивного исполнения блока решается комплексно и, в первую очередь, с учетом ограничений, накладываемых объектом эксплуатации.

Особенности автоматизированного проектирования, технической документации

Наряду с использованием систем автоматизации инженерных расчетов и анализа Computer-Aided Engineering (CAE) в данное время, как правило, используются системы автоматизированного проектирования Computer-Aided Design (CAD). Сведения из CAD-систем поступают в Computer-aided manufacturing (CAM). Следует заметить, что английский термин «CAD» по отношению к промышленным системам имеет более узкое толкование, чем русский термин «САПР», поскольку в понятие «САПР», входит и CAD, и CAM, и CAE. Среди всех информационных технологий автоматизация проектирования занимает особое место. Прежде всего, автоматизация проектирования – это дисциплина синтетическая, так как в ее состав входят различные современные информационные технологии. Так, например, техническое обеспечение САПР базируется на эксплуатации вычислительных сетей и телекоммуникационных технологий, также САПР практикует использование персональных компьютеров и рабочих станций. Говоря о математическом обеспечении САПР, следует отметить разнообразие используемых методов: вычислительной математики, математического программирования, статистики, дискретной математики, искусственного интеллекта. Программные комплексы САПР можно сравнить с одними из самых сложных современных программных систем, в основе которых лежат такие операционные системы как Windows, Unix, и такие языки программирования как C, C++ и Java, а также современные CASE-технологии. Практически каждый инженер-разработчик должен обладать знаниями основ автоматизации проектирования и уметь работать со средствами САПР. Предприятия, работающие без САПР или использующие ее в малой степени, становятся неконкурентоспособными, поскольку тратят на проектирование значительно больше времени и финансовых средств.

Типы обеспечения САПР

Математическое обеспечение САПР (МО) – этот вид подразумевает объединение математических методов, моделей и алгоритмов с целью выполнения проектирования)

Лингвистическое обеспечение САПР (ЛО) – это обеспечение представляет собой выражение языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками обмена данными и языками программирования между техническими средствами САПР;

Техническое обеспечение САПР (ТО) – сюда относятся периферийные устройства, ЭВМ, линии связи, обработка и вывод данных и т. д.;

Информационное обеспечение САПР (ИО) – состоит из баз данных (БД), систем управления базами данных (СУБД) и других данных, которые используются при проектировании;

Программное обеспечение САПР (ПО) – это, прежде всего компьютерные программы САПР;

Методическое обеспечение (МетО) – включает в себя различного рода методики проектирования;

Организационное обеспечение (ОО) – представляется штатными расписаниями, должностными инструкциями и другими документами, которые определяют работу проектного предприятия.

Подсистемы и структура САПР

Будучи одной из сложных систем, САПР состоит из двух подсистем: проектирующей и обслуживающей. Проектные процедуры выполняют проектирующие подсистемы. Подсистемы геометрического трехмерного моделирования механических объектов являются ярким примером проектирующих подсистем. С помощью обслуживающих подсистем осуществляется функционирование проектирующих подсистем, их единство, как правило, называют системной средой или оболочкой САПР. Характерными обслуживающими подсистемами считаются подсистемы управления процессом проектирования (DesPM – Design Process Management), управления проектными данными (PDM – Product Data Management). Диалоговая подсистема (ДП); СУБД; инструментальная подсистема; монитор – обеспечивающий взаимодействие всех подсистем и управление их выполнением – это обслуживающие подсистемы ПО. Диалоговая подсистема ПО дает возможность интерактивного взаимодействия пользователя САПР с управляющей и проектирующими подсистемами ПО, а также подготовку и корректирование первоначальных данных, ознакомление с результатами проектирующих подсистем, функционирующих в пакетном режиме.

Структура ПО САПР определяется следующими факторами:

- аспектами и уровнем создаваемых с помощью ПО описаний, проектируемых объектов и предметной областью;
- степенью автоматизации конкретных проектных операций и процедур;
- ресурсами, предоставленными для разработки ПО;
- архитектурой и составом технических средств, режимом функционирования.

Классификация САПР

САПР классифицируют по следующим принципам: целевому назначению, по приложению, масштабам и характеру базовой подсистемы. По целевому назначению выделяют САПР или подсистемы САПР, которые предоставляют различные аспекты проектирования. Таким образом, САЕ/CAD/CAM системы появляются в составе MCAD (Mechanical CAD):

- САПР-Ф или САЕ системы. Здесь имеются в виду САПР функционального проектирования;

- САПР-К – конструкторские САПР общего машиностроения, чаще всего их называют просто САД-системами;
- САПР-Т – технологические САПР общего машиностроения – АСТПП (автоматизированные системы технологической подготовки производства) или системы САМ.

По приложениям самыми важными и широко используемыми считаются такие группы САПР как:

- Машиностроительные САПР или MCAD системы – это САПР для применения в отраслях общего машиностроения.
- ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation) системы – САПР для радиоэлектроники.
- САПР в области архитектуры и строительства.

Помимо этого, существует большое количество более специализированных САПР, или выделяемых в определенных группах, или являющихся самостоятельной ветвью в классификации. Это такие системы как: БИС-САПР (больших интегральных схем); САПР летательных аппаратов и САПР электрических машин. По масштабу определяют самостоятельные программно-методические комплексы (ПМК) САПР:

- Комплекс анализа прочности механических изделий в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ)
- Комплекс анализа электронных схем;
- Системы ПМК;
- Системы с уникальными архитектурами программного (software) и технического (hardware) обеспечений.

Система автоматизированного проектирования AutoCAD

AutoCAD охватывает практически все отрасли промышленности, предоставляя возможность компаниям любого уровня пользоваться инновационными технологиями проектирования – от инструментов 3D-моделирования произвольных форм до мощных средств черчения и выпуска документации.

AutoCAD – это гибкое решение, позволяющее создавать и испытывать проекты как в 2D, так и в 3D. Набор эффективных и интуитивно понятных инструментов поможет воплотить самые инновационные идеи. Первая версия системы была выпущена в 1982 году. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности. Программа выпускается на 18 языках. Уровень локализации варьирует от полной адаптации до перевода только справочной документации. Русскоязычная версия локализована полностью, включая интерфейс командной строки и всю документацию, кроме руководства по программированию.

Для 3D-моделирования свободных форм имеются мощные инструменты моделирования поверхностей, сеток и тел в AutoCAD позволяют исследовать и совершенствовать идеи.

Поддержка облаков точек позволяет формировать модели на основе данных лазерного 3D-сканирования. Это позволяет оптимизировать трудоемкие проекты реконструкции и реставрации.

Средства 3D-навигации позволяют выполнять обход и облет модели. AutoCAD – это гибкое решение, позволяющее воплощать конструкторские идеи.

Эффективные средства подготовки документации позволяют выполнять все этапы работы над проектом – от разработки концепции до завершающей стадии. 3D-модели можно импортировать в AutoCAD, сразу же создавая обладающие высокой интеллектуальностью виды чертежа. Это сводит к минимуму объем повторяющихся задач и ускоряет рабочий процесс. Размер и сложность проекта не имеют значения: AutoCAD поможет справиться с любыми трудностями, встречающимися при проектировании и подготовке документации. AutoCAD предоставляет полный набор инструментов, позволяющих повысить эффективность проектирования и создания документации в любой отрасли промышленности.

Компания Autodesk предлагает системы автоматизированного проектирования для работы в разных отраслях промышленности, в том числе и в геодезии, на базе графической платформы AutoCAD.

Графический редактор AutoCAD имеет следующие преимущества:

- является достаточно мощным графическим редактором, функциональные возможности которого постоянно расширяются.;
- является открытой системой, предоставляющей пользователю возможность разработки собственных приложений, расширяющих возможности базовых систем;
- давно и широко используется в геодезических организациях, а на рынке труда имеется большое число грамотных пользователей;
- Доля рынка AutoCAD составляет ~65-70% российского рынка геодезического программного обеспечения;
- Существует широкий выбор дополнительных модулей;
- самая распространенная САПР платформа, а формат DWG стал во всем мире стандартом “де-факто” для представления чертежей;
- прекрасно интегрируется с приложениями MS Office;
- имеет Центр управления чертежом (Desingcenter), что позволяет оперативно “перетаскивать” информацию из одного чертежа в другой

На базе AutoCAD самой компанией Autodesk и сторонними производителями создано большое количество специализированных прикладных приложений, таких как AutoCAD Mechanical, AutoCAD Electrical, AutoCAD Architecture.

AutoCAD Electrical

Учитывая сложность современных проектов и сжатость их сроков разработки, AutoCAD уже не удовлетворяет всем современным требованиям к проектированию.

В настоящее время различные системы автоматизированного проектирования активно вытесняют AutoCAD, предлагая ускорить выполнение проекта, автоматизировать рутинную работу, контролировать процесс проектирования и предупреждать об ошибках.

AutoCAD Electrical – это хорошо знакомый AutoCAD для создания проектов в области электротехники, автоматики, АСУ ТП, КИПиА и других направлений.

Программа содержит полный набор функций AutoCAD, к которым добавлены специализированные инструменты, автоматизирующие процессы создания схем, чертежей компоновок, генерации отчетов и т.д. Проектирование в AutoCAD Electrical позволяет повысить производительность и уменьшить количество ошибок.

Если AutoCAD работает с отдельными чертежами, геометрическими объектами и блоками, то AutoCAD Electrical работает:

- С целым проектом, в том числе проект можно создавать из типовых чертежей и типовых фрагментов схем
- С компонентами, например, двигателями, реле, клеммами, соединителями и т.д.
- Проводами, кабелями и жгутами
- Программируемыми логическими контроллерами и т.д.

Решение Autodesk, реализующее технологию цифровых прототипов, выходит за рамки привычного 3D моделирования. Оно позволяет рабочим группам использовать одну и ту же цифровую модель на всех стадиях проекта – от концептуального замысла до конструирования, проектирования элементов электрического управления и производства.

Проект AutoCAD Electrical может содержать:

- Схемы автоматизации
- Схемы электрические принципиальные
- Схемы соединений
- Чертежи компоновок
- Монтажные планы
- Различные отчеты и другие документы

При работе над проектом используются графические и текстовые базы данных. В поставку AutoCAD Electrical включены более 2000 условных графических обозначений (УГО) компонентов электрических схем по стандартам ГОСТ, IEC, IES, GB, JIS, AUS.

Имеется возможность создания пользовательских графических образов и включение их в графическую базу данных.

Графическая библиотека компонентов также включает:

- Компоновочные образы изделий
- Компоненты схем автоматизации
- Компоненты пневматических и гидравлических схем.

Для автоматизированного создания схем с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК) имеются следующие возможности:

- Библиотека модулей ПЛК содержит более 3 тысяч изделий наиболее известных изготовителей
- Параметрическое размещение и обозначение модулей ввода/вывода ПЛК на листах проекта
- Автоматическое создание чертежей подключений модулей ввода/вывода ПЛК на основании табличных данных
- Двухнаправленный обмен данными между AutoCAD Electrical и Rockwell Automation, а также Schneider Electric's Unity.

BricsCAD

BricsCAD – система автоматизированного проектирования (САПР), которая объединяет 2D черчение и 3D моделирование в едином формате .dwg. BricsCAD разрабатывается бельгийской компанией Bricsys с 2002 года. Программа выпускается на 18 языках и доступна для операционных систем Windows, Linux и MacOS. Для BricsCAD существует более 400 приложений, позволяющих использовать его в архитектуре, строительстве, машиностроении, проектировании инженерных сетей, электрике, автоматике, ГИС и других сферах проектирования. Компания Bricsys имеет представительства в 70 странах мира. Центры разработки BricsCAD находятся в Нижнем Новгороде и Новосибирске (Россия), Бухаресте (Румыния), Генте (Бельгия), Словении и Сингапуре. Bricsys является членом международной ассоциации building SMART и одним из основателей Open Design Alliance.

BricsCAD полностью совместима с AutoCAD по формату файлов (.dwg), набору инструментов и интерфейсам для адаптации и разработки (LISP, ARX, DCL, COM, .NET). Изначально система базировалась на платформе IntelliCAD, но в 2007 году компания начала разработку собственной платформы, и в феврале 2010 года заявила о выходе из консорциума ITC. В 2011 году Bricsys приобрела права интеллектуальной собственности от компании Ledas для инструментов параметрического моделирования, проектирования сборок и смежной функциональности.

Функции:

BricsCAD поддерживает двумерное параметрическое черчение с помощью геометрических и размерных ограничений, полностью совместимое по формату файлов и команд с AutoCAD.

В области трехмерного моделирования BricsCAD существенно превосходит возможности AutoCAD, предлагая пользователям:

- удобные операции прямого редактирования геометрии (перемещение/вращение граней, тяни-толкай)
- трехмерные геометрические и размерные ограничения
- автоматическое распознавание конструктивной концепции импортированной геометрии
- иерархическая организация DWG-файлов с трехмерной геометрией в сборки методами нисходящего и восходящего проектирования
- ассоциативная ведомость материалов (BOM)
- анализ (в реальном времени) прямой и инверсной кинематики механизмов
- проектирование изделий из листового металла
- Дополнительный модуль BricsCAD BIM реализует концепцию информационного моделирования зданий в среде .dwg.
- BricsCAD интегрирован с облачной системой управления проектами Шароо.
- Все созданные в BricsCAD файлы полностью совместимы с AutoCAD.
- BricsCAD Предлагает несколько видов API для разработчиков приложений (LISP, COM, ADS, BRX). BRX (BricsCAD Runtime eXtension) является полным синтаксическим аналогом ARX, что позволяет портировать приложения с AutoCAD на BricsCAD простой перекомпиляцией исходного кода.

Достоинства:

- Возможность покупки постоянной лицензии
- Низкие системные требования по сравнению с аналогами
- Общая среда для 2D/3D моделирования
- Использование систем искусственного интеллекта
- Более доступная цена
- Наличие программы позволяющей форматировать файлы под любой формат для любых других САПР

Недостатки:

- Меньшее количество дополнительных модулей, по сравнению с AutoCAD

Дополнительные модули для проектирования электроники:

- Electronics Packaging Designer: содержит необходимые инструменты и большую базу данных для проектирования топологии ИМС и печатных плат в 2D/3D
- ProDOK NG E-Technik: содержит базу технической документации для создания чертежей по стандартам

- CP-Symbols Electrical – Scheme: содержит базу условных изображений компонентов электроники для чертежей электрических схем

KiCAD

Система автоматизированного проектирования KiCAD – это интегрированный пакет (в рамках open source GPL) для построения электрических цепей и разводки печатных плат (schematic circuit capture и PCB layout), который работает в следующих операционных системах: LINUX, Windows XP, Mac OS. Головная программа KiCAD – это менеджер проектов, который упрощает использование других программ, необходимых для разработки электрических схем и компоновки плат, формирования и проверки файлов для производства плат.

Разработчики – Жан-Пьер Шарра (фр. Jean-Pierre Charras), исследователь в LIS (фр. Laboratoire des Images et des Signaux – Лаборатория Изображений и Сигналов) и преподаватель электроники и обработки изображений в фр. IUT de Saint Martin d’Hères (Франция), Хавьер Серрано, Мацей Суминский и Томаш Влостовский из ЦЕРН. Под обёрткой (логотипом) KiCad содержится изящный пакет следующих программных инструментов:

- **KiCad**: Менеджер проектов.
- **Eeschema**: Редактор электрических схем и компонентов.
- **Pcbnew**: Редактор топологии (проводящего рисунка) печатных плат и посадочных мест.
- **GerbView**: Программа просмотра файлов в формате Gerber.

Кроме этого, ещё 3 дополнительных инструмента:

- **Bitmap2Component**: Программа создания компонентов из рисунков. Она создаёт компонент схемы или посадочное место из графического изображения.
- **PcbCalculator**: Калькулятор, помогающий рассчитать компоненты под напряжения, ширину дорожек для токов, передающие линии и т.п.
- **PIEditor**: Редактор оформления листа.

Обычно, эти инструменты запускаются из менеджера проектов, но их можно запускать и отдельно.

В KiCad нет ограничения на размер платы, с его помощью можно разрабатывать платы, содержащие до 32 медных слоёв (слоёв металлизации), до 14 технических слоёв и до 4 вспомогательных слоёв. С KiCad можно создать все необходимые файлы для создания печатных плат:

- файлы Gerber для фото-плоттеров
- файлы для сверления отверстий
- файлы для установки на них компонент

Будучи ПО с открытым исходным кодом (лицензируемое GPL), KiCad представляет собой идеальный инструмент для проектов, ориентированных на разработку электронных устройств с открытой документацией. KiCad доступен для Linux, Windows и Apple macOS.

Функции компонентов KiCad

eeschema обеспечивает:

- создание однолистовых и иерархических схем,
- проверку их корректности ERC (контроль электрических правил),
- создание списка электрических цепей netlist для редактора топологии платы pcbnew или для Spice-моделирования схемы,
- доступ к документации на используемые в схеме электронные компоненты (datasheet).

pcbnew обеспечивает:

- разработку плат, содержащих до 16 слоёв меди и до 12 технических слоёв (шелкография, паяльная маска и т. п.),
- выход на внешние трассировщики соединений посредством генерации описания платы на Specctra Design Language (on-line FreeRoute и др.),
- генерацию технологических файлов для изготовления печатных плат (Gerber-файлы для фотоплоттеров, файлы сверловок и файлы размещения компонентов),
- послойная печать схем и чертежей печатных плат на принтере или плоттере (в форматах PostScript, HPGL, SVG и DXF), с рамкой формата или без неё.

gerbview позволяет просматривать Gerber-файлы.

Библиотеки электронных компонентов

В составе KiCad поставляются библиотеки электронных компонентов (как обычных выводных, так и поверхностно монтируемых SMD). Для многих библиотечных компонентов есть 3D-модели, созданные в Wings3D.

Компоненты и посадочные места корпусов можно ассоциировать с документацией, ключевыми словами и осуществлять быстрый поиск компонента по функциональному назначению.

Proteus VSM

Мощнейшая система автоматизированного проектирования, позволяющая виртуально смоделировать работу огромного количества аналоговых и цифровых устройств.

Программный пакет Proteus VSM позволяет собрать схему любого электронного устройства и симулировать его работу, выявляя ошибки, допущенные на стадии проектирования и трассировки. Программа состоит из двух модулей. ISIS – редактор электронных схем с последующей имитацией их работы. ARES – редактор печатных плат, оснащенный автотрассировщиком Electra, встроенным редактором библиотек и автоматической системой размещения компонентов на плате. Кроме этого ARES может создать трехмерную модель печатной платы.

Proteus VSM включает в себя более 6000 электронных компонентов со всеми справочными данными, а также демонстрационные ознакомительные проекты. Программа имеет инструменты USBCONN и COMPIM, которые позволяют подключить виртуальное устройство к портам USB и COM компьютера. При подсоединении к этим портам любого внешнего прибора виртуальная схема будет работать с ним, как если бы она существовала в реальности. Proteus VSM поддерживает следующие компиляторы: CodeVisionAVR и WinAVR (AVR), ICC (AVR, ARM7, Motorola), HiTECH (8051, PIC Microchip) и Keil (8051, ARM). Существует возможность экспорта моделей электронных компонентов из программы PSpice.

Несмотря на то, что программа работает с устройствами, состоящими из нескольких микроконтроллеров и даже с чипами от разных производителей в одном устройстве, необходимо четко понимать, что симуляция повторяет работу реальной схемы не абсолютно точно! Чтобы избежать ошибок, нужно ясно представлять конечный результат.

Altium Designer

Altium Designer – комплексная система автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных средств, разработанная австралийской компанией Altium. Ранее эта же фирма разрабатывала САПР P-CAD, который приобрёл необычайную популярность среди российских разработчиков электроники. В 2008 году фирма Altium заявила о прекращении поставки программных пакетов P-CAD, и предложила разработчикам использовать программу Altium Designer, которая появилась в 2000 году и изначально имела название Protel. В 2006 был проведён ребрендинг программного продукта, и он получил текущее название, последняя версия которого называется Altium Designer 19.

Сегодня Altium Designer – это система, позволяющая реализовывать проекты электронных средств на уровне схемы или программного кода с последующей передачей информации проектировщику ПЛИС или печатной платы. Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность ведения разработки на разных уровнях проектирования. Иными словами, изменения в разработке на уровне платы могут мгновенно быть переданы на уровень ПЛИС или схемы и так же обратно. Так же в качестве приоритетного направления разработчиков данной программы стоит отметить интеграцию ECAD и MCAD систем. Теперь разработка печатной платы возможна в трёхмерном виде с двунаправленной передачей информации в механические САПР (Solid Works, Pro/ENGINEER, NX и др.)

Данный пакет состоит из двух продуктов, базирующихся на единой интегрированной платформе DXF, возможность работы с тем или иным из них зависит от типа приобретённой лицензии:

Altium Designer Custom Board Front-End Design – Проектирование ПЛИС, схемотехническое проектирование и моделирование.

Altium Designer Custom Board Implementation – Проектирование печатных плат и ПЛИС.

В состав программного комплекса Altium Designer входит весь необходимый инструментарий для разработки, редактирования и отладки проектов на базе электрических схем и ПЛИС. Редактор схем позволяет вводить многоиерархические и многоканальные схемы любой сложности, а также проводить смешанное цифро-аналоговое моделирование. Библиотеки программы содержат более 90 тысяч готовых компонентов, у многих из которых имеются модели посадочных мест, SPICE и IBIS-модели, а также трёхмерные модели. Любую из вышеперечисленных моделей можно создать внутренними средствами программы.

Редактор печатных плат Altium Designer содержит мощные средства интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников, которые совместно с интуитивной и полностью визуализированной системой установки правил проектирования максимально упрощают процесс разработки электроники. Инструменты трассировки учитывают все требования, предъявляемые современными технологиями разработок, например, при трассировке дифференциальных пар или высокочастотных участков плат. В состав программы входит автоматический трассировщик Situs, в котором используются наиболее прогрессивные алгоритмы трассировки печатных проводников. Принципиальным отличием последней версии Altium Designer является поддержка двунаправленной работы с механическими деталями и моделями компонентов в формате STEP, которые могут быть импортированы/экспортированы из механических САПР. Для улучшения функций 3D-моделирования для Altium Designer в 2017 году лицензировано геометрическое ядро C3D.

Работа над всеми частями проекта ведётся в единой управляющей оболочке Design Explorer, что позволяет разработчику контролировать целостность проекта на всех этапах проектирования. Таким образом, изменения, внесённые на любом этапе разработки, автоматически передаются на все связанные стадии проекта. В дополнение к мощным средствам разработки, Altium Designer имеет широкие возможности импорта и экспорта сторонних систем проектирования и поддерживает практически все стандартные форматы выходных файлов (Gerber, ODB++, DXF и т. д.). Полностью поддерживаются все наработки в виде схем, плат и библиотек, разработанные в последних версиях P-CAD.

SolidWorks

Система автоматизированного проектирования SolidWorks (SolidWorks Corp., США) создана для использования на персональном компьютере в операционной среде Microsoft Windows.

В SolidWorks используется принцип трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования, что позволяет конструктору создавать объемные детали и компоновать сборки в виде трехмерных электронных моделей, по которым создаются двухмерные чертежи и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.

К преимуществам системы Solidworks традиционно относят следующее:

- стандартный пользовательский графический интерфейс Windows;
- взаимодействие с Excel, Word и другими приложениями Windows;

К недостаткам системы Solidworks традиционно относят:

– ориентировочно пакет SolidWorks Standard 2016 оценивается в 4900 евро.

Опциональные модули SolidWorks позволяют расширить базовые возможности дополнительными функциями по:

- созданию фотореалистичных изображений (PhotoWorks);
- распознаванию дерева построения и параметризации геометрии импортированной из других CAD систем (FeatureWorks);
- созданию презентационных видеороликов изделий в среде SolidWorks (SolidWorks Animator);
- трехмерной обводке кабелей электрических систем и трубопроводов (SolidWorks Routing);
- созданию автономно просматриваемых чертежей и моделей, для обмена информацией с партнерами не имеющими SolidWorks (eDrawings) и т.д.

Комплексные программные решения SolidWorks базируются на передовых технологиях гибридного параметрического моделирования, интегрированных средствах электронного документооборота SWR-PDM и SWR-Workflow, а также на широком спектре специализированных модулей. Программное обеспечение выполнено на русском языке, имеет привычный Windows-интерфейс и работает на платформе 2000/XP. Выпуск конструкторской и технологической документации осуществляется в полном соответствии с требованиями ЕСКД. Обладающая широкими возможностями и доступной ценой, система быстро внедряется в производство, обеспечивая быструю окупаемость вложенных средств.

Широкие возможности базового модуля вкупе с большим количеством специализированных приложений делают SolidWorks мощным программным комплексом, способным гибко настраиваться для решения практически любых проектных и производственных задач. Благодаря этому различные конфигурации SolidWorks находят широкое применение во многих отраслях промышленности. Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Базовые возможности SolidWorks

Встроенные в SolidWorks средства анализа литевых уклонов и поднутрений, задания усадки, функции зашивки отверстий и построения поверхностей разъема, генерация твердотельных моделей матрицы и пуансона, знаков и ползунов, а также анализ собираемости пресс-формы и кинематики с учетом всех подвижных деталей являются необходимым и достаточно точным инструментарием, обеспечивающим базовую подготовку исходных данных для проектирования пресс-форм. В версии SolidWorks 2005 к перечисленным возможностям было добавлено новое специальное средство экспресс-анализа проливаемости пресс-форм, получившее название MoldflowXpress. Как и SolidWorks, модуль MoldflowXpress поддерживает русский язык.

Базовые средства SolidWorks дополняются рядом специализированных модулей, автоматизирующих технологическую подготовку производства изделий из пластмасс, назначение и возможности которых описаны ниже.

Mentor Graphics PADS

Единый инструмент проектирования печатных плат, включающий все необходимое для создания схемы, размещения компонентов, трассировки, моделирования, проверки электромагнитной совместимости, целостности сигналов, наводок и окончательной подготовки к производству.

Основным преимуществом профессионального пакета для проектирования печатных плат Mentor Graphics PADS является сравнительная простота использования, позволяющая приступить к работе сразу же после минимального обучения. Высокая эффективность разработки сложных плат сочетается с небольшими временными и трудовыми затратами, а средства анализа обеспечивают корректный результат.

Работу над проектом в PADS можно условно разделить на четыре этапа, за каждый из которых отвечают определенные программы.

1. Для создания принципиальных схем устройств предлагаются утилиты PADS Logic (для одиночных пользователей) и DxDesigner (для рабочих групп). Схемотехнические редакторы включают средства анализа и моделирования, управления библиотекой элементов, выпуска документации, генерации отчетов, контроля соблюдения правил проектирования. Программа I/O Designer на базе DxDesigner осуществляет интеграцию с маршрутом проектирования FPGA.

2. Анализ и верификацию проектируемых систем можно выполнить в трех симуляторах.

А. DxAnalog занимается моделированием аналоговых и смешанных схем. В работе используются методы: Монте-Карло, быстрого преобразования Фурье, оптимизации схем, «наихудшего варианта», экстремального значения, а также многие другие.

В. Fusion/ViewSim выполняет цифровое моделирование на вентиляльном уровне с использованием временного анализатора.

С. HyperLynx осуществляет проверки целостности сигналов и наводок с выдачей советов по взаимному расположению компонентов. Помимо прочего возможен анализ скин-эффекта, потерь в диэлектрике и перекрестной электромагнитной наводки между корпусами интегральных схем, соединенных высокоскоростными шинами.

3. Этап проектирования печатных плат представлен в виде ряда уникальных утилит.

А. PADS Layout представляет собой масштабируемую среду для редактирования топологий, размещения компонентов и трассировки, а также подготовки файлов для производства. Возможна трансляция из баз данных P-CAD, OrCAD, CADSTAR и Protel, поддержка плат любой формы.

В. PADS AutoRouter предназначен для интерактивной трассировки под произвольными углами.

С. PADS AutoRouter HSD дополняет предыдущую программу возможностью разводки высокоскоростных цепей. Искусственно увеличивает длины трасс, применяя вставки типа «аккордеон».

4. Для просмотра и изменения технологических файлов предусмотрен редактор GerbTool Fabricator.

PADS поддерживает ввод или вывод в форматах Gerber 274X и 274D; FIRE9000 (для фотоплоттера); Varco DPF; HPGL; Excellon и Sieb & Meyer (для сверления и фрезерования); DXF; PostScript; Bitmap Out; IPC-D-350 и многих других. Программа выдает отчеты (Drill, Mill, Apertures), сообщает о нарушениях технологических правил и изменениях в документации, проводит образмеривание (например, чертежей или плат), рисует шаблоны для сверления.

Библиографический список

1. Казённов, Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г. Казённов – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 295 с.
2. Билибин, К.И. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева и др.; под общ. ред. В.А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
3. Паспорт государственной программы развития электронной и радиоэлектронной промышленности с 2013 по 2025 год. – <http://www.gosprog.ru/gosprog-019/>
4. ГОСТ 15.016-2016 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.
5. ГОСТ 2.114-2016 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Технические условия.
6. ГОСТ 2.610-2006 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения эксплуатационных документов.

Оглавление

Введение. Цели и задачи дисциплины. Роль и место в электронике.	
Развитие электронной компонентной базы России	3
Электронная компонентная база. Классификация и компоненты аналоговых и цифровых устройств. Основные параметры и характеристики	6
Организация проектирования электронной компонентной базы.....	10
Техническая документация	23
Основные технические документы при проектировании	37
Основные принципы и методы проектирования. Модульный принцип проектирования	49
Особенности автоматизированного проектирования, технической документации.....	65
Библиографический список.....	79

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 16.12.2020. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 4,65. Тираж 40 экз. Заказ 394/49.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.