*Конструкторская документация*

Разработка технического задания

При конструировании ЭС возникает ряд трудностей. Главная из них заключается в том, что конструктор ЭС должен на основании современных знаний прогнозировать некоторое будущее состояние, которое возникает только в том случае, если его прогнозы верны. Предположение о конечном результате проектирования приходится делать еще до того, как исследованы средства для его достижения.

Рабочая конструкторская группа должна добиться, чтобы каждый из многочисленных и разнообразных показателей, интересующих заказчика, обладал двумя свойствами:

- не выходил за пределы возможностей поставщиков, изготовителей, системы сбыта;

- был увязан с тем, что ему предшествует, и с тем, что за ним следует.

При разработке технического задания (ТЗ) ГОСТ 25123-82 нужно представлять вопросы, на которые должен найти ответы будущий конструктор ЭС. Вопросы эти сводятся к следующему:

- характеристикам, надежности и пр.; понравится ли проект заказчику;

- в интересах ли заказчика вложить капитал в этот проект;

- будет ли проект принят к осуществлению;

- оптимальным ли образом в проекте используются доступные материалы и комплектующие изделия;

- можно ли достаточно экономично реализовать проект в рамках имеющихся ресурсов;

- можно ли распространить изделие по существующим каналам;

- каковы требования к внешнему виду;

- в какой мере изделие будет согласовано с другими изделиями или будет конкурировать с ними;

- в какой мере изделие изменит существующую ситуацию, создаст ли новые потребности, новые возможности и новые трудности;

- в какой мере его прямые и побочные эффекты приемлемы для всех, кого они касаются.

Итак, составление технического задания - это описание приемлемого конечного результата предстоящего процесса проектирования.

Составление технического задания - процедура, с помощью которой заказчики задают характеристики приемлемых результатов предстоящего процесса проектирования.

Выбор критериев при составлении технического задания - процедура, с помощью которой неопределенные задачи в техническом задании преобразуются в форму, допускающую объективные измерения. Часто быстрее и дешевле оказывается сначала исследовать альтернативные задачи и технические задания, пусть даже в довольно неопределенных выражениях, а лишь затем приступить к дорогостоящему процессу преобразования отобранных задач в измеряемые критерии.

Порядок построения и изложения ТЗ

Цель: описать приемлемый конечный результат предстоящего процесса конструирования.

Порядок составления и выдачи внутренних технических заданий на работы:

1) в предварительном плане ТЗ охарактеризовать ряд возможных результатов на разных уровнях общности;

2) выбрать низший уровень общности, предоставляющий проектировщикам достаточную свободу решений;

3) определить ожидаемый результат проектирования вне зависимости от проектных характеристик, которые проектировщики могут свободно изменять и в зависимости от эксплуатационных характеристик в состоянии прогнозировать.

Техническая документация должна разрабатываться на основе ТЗ, которое является основным документом, определяющим содержание и конечные результаты конкретных экспериментально исследовательских и проектно-конструкторских работ.

Техническое задание разрабатывают на основе исходных требований заказчика, результатов выполнения научно-исследовательских работ, научного прогнозирования, экономических исследований, анализа передовых достижений и технического уровня отечественной и зарубежной техники, а также изучения патентной документации и маркетинговых исследований.

Иногда техническое задание составляют на группу изделий. В общем техническом задании указывают требования, которые являются общими для всей группы изделий. В ТЗ на конкретное изделие не указывают требования, которые являются общими для всей группы изделий, а дают ссылку на общее техническое задание.

ТЗ оформляется на специальных бланках по установленным формам.

Разновидности ТЗ - упрощенная и развернутая формы.

*Упрощенная -* для оформления заданий на работы, для выполнения которых достаточно данных, содержащихся в приложениях к ним.

*Развернутая -* для выдачи заданий на опытно-конструкторские и научно-исследовательские работы.

ТЗ оформляется в двух экземплярах, один из которых хранится в подразде­лении, выдавшем задание, другой - у исполнителя.

ТЗ регистрируется, имеет номер и дату выдачи. Наименование объекта раз­работки должно быть, по возможности, согласовано с классификатором.

Техническое задание должно состоять из введения и следующих разделов:

- основания для разработки;

- источники разработки;

- технические требования;

- экономические показатели;

- порядок испытаний.

В особых случаях допускается уточнять отдельные разделы (опускать или вводить новые).

Рекомендуется, чтобы во «Введении» был указан шифр разрабатываемого изделия. Кроме того, должно быть оговорено, для чего данное изделие предназначено. Можно привести краткую характеристику области применения данного изделия.

В разделе «Основание для разработки» приводят наименование и шифр разрабатываемого изделия.

В разделе «Источники разработки» указывают:

- перечень законченных научно-исследовательских и других работ, обосно­вывающих возможность или необходимость проведения разработки;

- наименование изделия, на базе которого выполняют разработку, и наименование изделия, взамен которого проводят разработку.

Раздел «Технические требования» должен состоять из следующих подразделов:

- состав изделия;

- технические параметры (показатели);

- требования к надежности;

- принцип работы;

- программное обеспечение;

- конструктивные требования;

- условия эксплуатации;

- требования безопасности;

- дополнительные технические требования;

- требования к упаковке, маркировке, транспортированию и хранению;

- требования к патентной чистоте.

В каждой конкретной ситуации допускается уточнять содержание подразделов или объединять отдельные подразделы. Требования рекомендуется располагать в зависимости от степени их важности и характера.

Значение технических показателей изделия приводят с предельными отклонениями или указывают максимальные и минимальные значения.

Требование, подлежащее уточнению в процессе разработки, излагают, например, в следующей редакции: числовое значение - уточняется в процессе проектирования. При этом изменения в ТЗ не вносятся.

В подразделе «Состав изделия» должны быть указаны:

- наименование и назначение составных частей основного исполнения изделия и возможность его изменения;

- требования к стандартным, унифицированным и заимствованным составным частям (включая покупные), сырью и материалам, в том числе к материалам, используемым при обслуживании и эксплуатации изделия;

- требования к использованию комплектующих элементов;

- требования к запасным частям, инструменту и принадлежностям.

В подразделе «Технические параметры» приводятся основные технические показатели изделия, определяющие целевое назначение изделия (например, производительность), время выполнения операции, тактовая частота, объем оперативной памяти, точность, чувствительность, требования к электропитанию, электрической прочности и сопротивлению изоляции, потребляемая мощность, коды, используемые для обмена и обработки информации, и другие необходимые требования.

В подразделе «Требования к надежности» должны быть указаны значения показателей надежности.

Подраздел «Принцип работы» должен содержать описание работы изделия (например, система команд, алгоритм работы и взаимодействие с другими сопрягаемыми изделиями).

В подразделе «Программное обеспечение» указываются состав и общие требования к программному обеспечению, включая тестовые и диагностические программы. Следует сказать, что техническое задание на программное обеспечение является самостоятельным документом, который разрабатывают и оформляют по ГОСТ 19.201-78.

В подразделе «Конструктивные требования» должны быть приведены:

- требования к исполнению корпуса, панели и шасси (степень защищенности, использование типовых унифицированных или нормализованных элементов корпусов, панелей и шасси), необходимость и тип вентиляции, экранировки, теплоотвода, корпусной изоляции, весовые характеристики, габариты, координаты крепления, присоединительные элементы (колодки, разъемы, гермовводы), элементы управления и регулировки прибора и их желательное расположение, требования по взаимозаменяемости, требования инженерной психологии, безопасности, удобства обслуживания, заданные коэффициенты унификации, применяемости;

- «специальные требования», т.е. дополнительные требования, связанные с особыми условиями работы (например, радиационная стойкость, по­жара взрыва безопасность и т. д.);

- конструктивные требования к изделию в целом и его составным частям (например, базовые конструкции, габаритные, установочные и присоединительные размеры, способы крепления и регулирования органов управления, масса изделия);

- требования к уровню радиопомех, создаваемых изделием;

- требования технической эстетики (художественного конструирования);

- эргономические требования.

В подразделе «Условия эксплуатации» должны быть указаны допускаемые воздействия климатических условий (например, температуры, влажности, атмо­сферного давления, пыли, агрессивных сред), механических нагрузок (например, вибрационных, ударных), электромагнитных волн, а также виды обслуживания (например, постоянное или периодическое).

Подраздел «Требования безопасности» должен содержать требования к обеспечению безопасности при монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте.

В подразделе «Дополнительные технические требования» излагаются требования к изделию, не указанные в других подразделах технического задания.

В подразделе «Требования к упаковке, маркировке, транспортированию и хранению» должны быть изложены требования к упаковке изделия, маркировке, наносимой на изделие и тару, в которую упаковано изделие, а также указаны виды транспортных средств, условия транспортирования и хранения.

В подразделе «Требования к патентной чистоте» приводится перечень стран, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота изделия.

В разделе «Экономические показатели» должны быть приведены эко­номические преимущества разрабатываемого изделия по сравнению с изделиями, указанными в разделе «Источники разработки» технического задания

# Пуск

# 1 ТЗ

**2 Анализ ТЗ**

# 1 Схема Э3

# Стандарты

**3 Выбор принципа компоновки**

**6 Оценка технологичности РЭС**

**7 Конструиро­вание печатных плат**

**4 Разбиение на конструктивные узлы**

**5 Выбор размеров модулей**

**8 Выделение нестандартных элементов**

**Выбор способов защиты от дестабилизирующих факторов**

**Проверочн.расче**

**ты, оптимизация конструктивного решения в соот­ветствии с ТЗ**

**Конструирование несущих конструкций.**

**9 Конструиро­вание не­стандартных элементов**

**10 Чертежи КД**

# Останов

Типовой алгоритм разработки ЭС

Основные стадии и этапы разработки конструкторской документации:

- *Техническое задание* ГОСТ 25123-82 - это документ, в котором указывается: основное название, технические и тактико-технические характе­ристики, показатели качества. Последние представляют собой: надежность, технико-экономические требования, состав ЭВМ или системы. На основе общего техзадания могут составляться ТЗ на отдельные уст­ройства.

- *Техническое предложение* - это совокупность конструкторских документов, содержащих технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия.

- *Эскизный проект* - является комплексом конструкторских документов, содержащих принципиальные конструкторские решения и общие пред­ставления об устройстве и принципе работы изделия.

- *Технический проект* - представляет совокупность конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения. Рабочую документацию разрабатывают для изготовления и испытания опытного об­разца (опытной партии), а также установившегося серийного или массового производства. По результатам испытаний опытного образца корректи­руют конструкторские документы (присваивают литер "О", при повтор­ной коррекции - "О1" и т.д.).

- *Разработка рабочей конструкторской документации*

*Стадии разработки конструкторской документации* устанавливают в ТЗ. Обязательными стадиями разработки конструкторской документации являются технический проект и рабочая документация. По согласованию с заказчиком допускается разрабатывать только рабочую документацию. Необходимость и порядок разработки технического предложения и эскизного проекта определяет разработчик.

Рассмотрение технического проекта должно проводиться со всеми участниками создания продукции. Необходимость участия в рассмотрении других заинтересованных организаций определяет разработчик. На рассмотрение представляют техническое задание и комплект документов технического проекта или комплект рабочей документации, по которым можно судить об изделии в целом и его основных составных частях. При рассмотрении документации оценивают ее соответствие требованиям ТЗ, требованиям и нормам, содержащимся в других действующих нормативных документах.

По результатам рассмотрения принимают решение об утверждении технического проекта или его доработке. Утвержденный проект является основанием для разработки рабочей документации и изготовления по ней изделия и его составных частей.

*Рабочую конструкторскую документацию* разрабатывает разработчик с участием изготовителя и утверждает разработчик. Конструкторской документации для изготовления изделия литера не присваивается. По море готовности рабочая документация передается изготовителю в порядке, определенным разработчиком и согласованным с изготовителем.

Программу и методику испытаний изделий разрабатывает и утверждает разработчик по согласованию с заказчиком. При необходимости, определяемой разработчиком и указанной в ТЗ, разработчики составных частей разрабатывают, согласовывают с головным разработчиком и утверждают программы и методики испытаний составных частей. Решение о литере документации, откорректированной по результатам доводки и испытаний изделий, принимает приемочная комиссия.

*Изготовление и испытания изделий.* Каждая составная часть изделий должна подвергаться у изготовителя приемо-сдаточным испытаниям (приемочному контролю), которые проводит служба технического контроля изготовителя, а также представитель приемки, если она имеется на данном предприятии. При необходимости, в испытаниях участвуют представители заказчика и органов госнадзора. Положительные результаты приемочного контроля (приемо-сдаточных испытаний) являются основанием для отгрузки изделия (составной части изделия) заказчику.

Монтаж, наладку изделий, а также приемочные испытания на месте эксплуатации проводит заказчик в соответствии с договорами, заключенными между заинтересованными организациями и предприятиями с привлечением в необходимых случаях специализированных организаций при авторском надзоре разработчика и шефперсонала изготовителя. Доводку изделия проводит изготовитель с участием разработчика и заказчика.

Приемочную комиссию утверждает заказчик по согласованию с разработчиком.  В состав комиссии включают представителей заказчика (председатель комиссии), разработчика, изготовителя, головной организации по виду продукции, монтажной, наладочной и ремонтной организаций (при их участии), а также в зависимости от назначения изделия представителей государственного надзора.

До начала испытаний приемочная комиссия определяет степень завершенности работ, рассматривает программу и методику испытаний, оценивает возможность воспроизведения заданных режимов испытаний и, в случае необходимости, вносит изменения в программу и методику испытаний. При изготовлении партии изделий испытаниям подвергают головной образец (образцы). По результатам испытаний головного образца в соответствии с рекомендациями приемочной комиссии доводят остальные экземпляры изделия (если они запущены в производство) с соответствующей корректировкой технической документации.

По результатам приемочных испытаний приемочная комиссия устанавливает соответствие изделия требованиям ТЗ и дает рекомендации по доработке. Комиссия составляет протокол приемочных испытаний изделия и акт приемки изделия приемочной комиссией. Утвержденный акт приемки изделия является основанием для передачи изделия в промышленную эксплуатацию, а для изделий повторяющегося производства - для продолжения производства.

Изделия партии, кроме головных образцов, подвергают приемо-сдаточным испытаниям в порядке, установленном заказчиком по согласованию с изготовителем.

# Основные задачи современного конструирования

Перспективу развития конструирования необходимо рассматривать с учетом главной цели этого процесса - создавать малогабаритную, высокоэффективную и надежную ЭС, производство и эксплуатация которой требует ограниченного расхода трудовых, энергетических и материальных ресурсов. Для достижения этой цели требуется решить три основные задачи современного конструирования:

- комплексная микроминиатюризации;

- охлаждение;

- повышение технологичности.

Основой при решении задачи комплексной миниатюризации ЭС является поиск резервов миниатюризации всех составных частей, не ограничиваясь только узлами, в которых для миниатюризации можно применить ИС, построив на них электрическую схему. Задача должна решаться относительно выбора соответствующей элементной базы, частей всех структурных уровней, системы питания, охлаждения, автоматики, антенных систем и т.д.

При комплексном подходе внимание уделяется только факту применения ИС в составе элементной базы. Это дает определенный выигрыш в массогабаритных характеристиках и энергопотреблении отдельных узлов низших структурных уровней, расположенных в трактах усиления и преобразования сигналов. Однако такой подход часто не оказывает заметного влияния на габариты, массу и энергию потребления сложной ЭС в целом из-за подавляющего влияния на эти показатели других частей.

Решение задачи комплексной миниатюризации ЭС начинается с формулирования технических требований к проектированию ЭС в отношении максимального снижения габаритов, массы и энергопотребления. Оно должно осуществляться по схемотехническому и конструкторскому направлениям взаимосвязано и согласованно. В конструкторском плане необходимо рассмотреть три основных вопроса:

- о структуре конструкции ЭС;

- о материалах;

- об элементной базе.

При выборе оптимальной структуры конструкции ЭС по критерию комплексной миниатюризации рассматривается 5-е поколение аппаратуры, т.е. использование интегральных микросхем, больших (ИСБ), узлов гибридно-интегральных крупноформатных(УГИК), волоконно-оптических кабелей и соединителей (ВОКС).

При выборе материалов для несущих конструкций необходимо применять облегченные высокопрочные материалы. Здесь заложен принцип: не минимум стоимости, а минимум себестоимости готовой детали. Наиболее сложным является вопрос необходимости комплексной миниатюризации элементной базы. Все составляющие элементной базы должны быть технически совместимы друг с другом и с применяемыми ИС, т.е. характеристики ЭРЭ должны быть согласованы и соразмерны.

Разработка большинства новых миниатюрных ЭР выполняется по заданию конструкторов-разработчиков ЭС, как правило, в смежных отраслях электротехнической промышленности, приборостроительной и других с последующим серийным освоением для централизованной поставки. Этапы разработки и освоения новых изделий длительны, порой соизмеримы по продолжительности с разработкой самой ЭС, для которой они заказаны. Приходится проводить разработки параллельно, что неизбежно приводит к трудоемким переделкам конструкции и схемы ЭС по мере уточнения реально достижимых параметров новых разрабатываемых электронных радиоизделий (ЭРИ).

Всегда присутствует элемент риска: срываются сроки, нельзя достигнуть заданных параметров, нет требуемых материалов, технологического оборудования и т.д. Миниатюрные сложные ЭРИ, такие как высоконадежные переключатели, электродвигатели, электровакуумные и другие приборы, сами являются в разработке трудоемкими. Их разработка и последующее массовое изготовление зависят от общего научно-технического потенциала страны, от уровня химической, металлургической, машиностроительной, электротехнической, приборостроительной и других отраслей промышленности, поставляющих материалы, комплектующие изделия и технологическое оборудование. Комплексная миниатюризация ЭС требует комплексного использования высших достижений промышленности в целом.

Особое место в составе ЭРИ будут занимать ИС высокой степени интеграции, т.е. ИС цифровых микропроцессорных и аналоговых функциональных комплектов. Микропроцессорный комплект выполняет функции основной части, специализированной микроЭВМ. Цифровые микропроцессорные комплекты выпускаются электронной промышленностью.

Вторая задача современного конструирования ЭС – охлаждение, обеспечение которого усложняется с в следствие миниатюризации. Чем выше удельная рассеиваемая мощность, тем выше степень миниатюризации функционального узла.

Без тщательно продуманного и выполненного охлаждения нельзя обеспечить надежность и эффективность современной ЭС.

При решении задачи охлаждения ЭС рассматривают две составляющие:

теплоотвод внутренний;

теплоотвод внешний.

Наиболее трудным является внутренний теплоотвод отвод тепла от первичных тепловыделяющих элементов, расположенных внутри конструкции.

Применяют теплостоки с использованием псевдотеплопроводимости тепловых трубок.

Третья задача повышение технологичности решается на основе унификации и стандартизации. Избыточное разнообразие существующих в настоящее время конструкторских и схемотехнических решений резко снижает технологичность, порождает мелко серийность и многономенклатурность.

Существует производственная и эксплуатационная технологичность конструкции.

Производственная технологичность — это трудовые и материальные затраты, расходуемые на изготовление изделия.

Эксплуатационная технологичность характеризуется свойствами предупреждать, обнаруживать, устранять отказы и неисправности в минимальные промежутки времени.

На технологичность изделия значительное влияние оказывает сложность схемного решения основного конструктивного элемента - печатной платы с ЭРЭ, МС и микросборок.

Назначать при конструировании детали слишком жесткие допуски нетехнологично. При повышении точности изготовления деталей на один класс производственные расходы на обработку увеличиваются почти в четыре раза.

# Классы исполнения ЭС по условиям их эксплуатации

Установлены следующие климатические классы исполнения изделий по условиям их эксплуатации в макроклиматических районах

(ГОСТ 15150-69):

У (N) - для районов с умеренным климатом;

УХЛ (NF) - с умеренным и холодным климатом;

ХЛ (F) - при эксплуатации только в холодном климате;

ТВ (ТН) - с влажным тропическим климатом;

ТС (ТА) - с сухим тропическим климатом;

Т (Т) - с тропическим как сухим, так и влажным климатом;

М (М) - с умеренно холодным морским климатом;

ТМ (ТМ) - с тропически морским климатом;

С (V) - все кроме районов с морским климатом;

ОМ (МV) - с морским климатом;

В (W) - для всех макроклиматических районов.

В зависимости от места размещения изделия при эксплуатации в воздушной среде (на высоте до 4300 м над уровнем моря, а также в подземных и подводных помещениях) установлены следующие категории размещения:

1 - на открытом воздухе;

1.1 - постоянно в помещениях категории 4 и кратковременно в условиях всех остальных категорий;

2 - под навесом или в помещении, где условия эксплуатации не существенно отличаются от установленных для категории 1.

2.1 - внутри изделий, эксплуатируемых в условиях категорий 1 и 2, в качестве встроенных элементов;

3 - в закрытых помещениях (объёмах) без искусственного регулирования температуры при отсутствии прямого солнечного излучения, воздействий осадков и ветра;

3.1 - в нерегулярно отапливаемых помещениях;

4 - в помещениях (объёмах) с искусственно регулируемыми условиями (закрытые отапливаемые помещения);

4.1 - в помещениях с кондиционированием воздуха;

4.2 - в лабораторных, капитальных жилых и других подобных помещениях;

5 - в помещениях с повышенной влажностью (в шахтах, подвалах

и т. п.);

5.1 - встроенные элементы изделий в условиях категорий 5, когда конструкция изделий предохраняет элемент от конденсации влаги на его поверхности.

Стандарт устанавливает нормы температуры, влажности и других эксплуатационных параметров для данного вида условий эксплуатации (класса или категорий). Например, для УХЛ4 изделия исполнения рабочие температуры +1...35°С, средняя рабочая температура +20°С, предельные температуры +1°С, +50°С, предельная относительная влажность 80%. Некоторые виды исполнений изделий стандартом исключены. Так, требования к исполнениям У4, У4.1, У4.2 полностью перекрываются требованиями к исполнениям УХЛ4, УХЛ4.1, УХЛ4.2.

Для категории размещения изделий 1 стандартом установлены следующие типы атмосферы с предельным содержанием коррозионно-активных веществ:

1) условно чистая, сернистого газа не более 20 мг/м2 за сутки (0,025 мг/м3), хлоридов не более 0,3 мг/м3 за сутки;

2) промышленная, сернистого газа не более 20...250 г/м2 за сутки (0,025...0,31 мг/мз), хлоридов не более 0,3 мг/м2 за сутки;

3) морская, сернистого газа не более 20 мг/м2 за сутки (0,025 мг/м3), хлоридов не более 30... 300 мг/м2 за сутки;

4) приморско-промышленная, сернистого газа не более 20...250 мг/м2 за сутки (0,025... 0,31мг/м3).

Для категорий размещения 2, 3, 4 содержание коррозионно-активных веществ в атмосфере составляет 30...40% от установленных для категории 1.

Для изделий климатических исполнений У, УХЛ (ХЛ), ТС, ТВ, Т, как правило, назначаются условия эксплуатации в атмосфере типов 1 и 2, кроме специально оговоренных случаев.

Аппаратуру в зависимости от условий её эксплуатации согласно ГОСТ 1148-88 подразделяют на группы.

## 

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа аппаратуры | Условия эксплуатации | Категория исполнения по ГОСТ 15150-69 |
| 1 | В жилых помещениях | 4.2 |
| 2 | В транспортных средствах (встроенная) | 2.1 |
| 3 | На открытом воздухе, не рассчитана для работы в условиях движения | 1.1 |
| 4 | На открытом воздухе, в том числе в условиях движения (на ходу*,* в салоне автомобиля, катера) | 1.1 |

характеристики печатных плат