**КОНСТРУКТОРСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

План

1. Характер и вид конструкторских работ и организация творческой работы

1.1. Характер и вид конструкторских работ

1.2. Организация творческой работы конструктора

1.3. Общая методология конструирования электронных средств

2. Стадии разработки электронных средств

**1. Характер и вид конструкторских работ и организация творческой работы**

* 1. **Характер и вид конструкторских работ**

Характер и вид конструкторских работ очень разнообразны, т. к. зависит от характера деятельности предприятия (НИИ или заводской КБ), степени унификации конструкторских решений (высокая или низкая), соотношения лаборант/конструктор (чем больше лаборантов, тем труднее вести разработку конструкции), уровень их знания по данной разработки, технической оснащенности КБ, его структуры, требуемой сложности и оригинальности конструкторской разработки, и от существующих в КБ традиций.

Общим в конструкторских работах является их разделение на творческую, технологическую, организационную, производственную и корректировочную деятельность.

Творческая – изучение технического задания (ТЗ), сбор исходных данных, оценочные расчеты, компоновочные эскизы, разработка и согласование чертежа общего вида изделия с заказчиком.

Техническая – выпуск комплекта конструкторской документации (КД) с разработкой узловых и сборочных чертежей и их деталировкой, выполнение габаритных и монтажных чертежей и текстовых документов.

Организационная – руководство исполнителями, проверка, корректировка и согласование КД, передача КД в центральный технический архив (ЦТА).

Производственная – сопровождение изделия в производстве, отработка конструкции и технологического процесса.

Корректировочная – корректировка и доработка КД, завершение разработки КД, передача КД в цехи опытного производства или на заводы-изготовители.

Рис 1. Примерные соотношения по трудоемкости работы конструктора

1 – творческая работа; 2 – техническая работа; 3 – организационная работа; 4 – производственная работа; 5 – корректировочная работа.

На рис. 1 приведено примерное соотношение по трудоемкости работы конструктора. На рисунке приняты следующие обозначения: НИИ – научно-исследовательский институт, ТК – типовые конструкции, КБ – конструкторское бюро.

Для успешного решения задачи конструирования РЭС специалист (от конструктора делающего задание на деталировку узла до руководителя конструкторских служб) должен работать по определенной и цельной системе. Это обеспечивается соблюдением норм должностных инструкций и «Положений» о существе работы каждого подразделения. За выполнение одной функции должен полностью отвечать один работник. При этом не следует выполнять работу, которую может и должен выполнить подчиненный. При планировании надо четко продумывать место данной работы в общем плане, обеспечивая в первую очередь, выполнение работ для смежников с приоритетом тех работ, значение выполнения которых может быть причиной задержки всей работы. Частые реформы не упрощают, а затрудняют выполнение работы из-за разрыва старых и введения новых связей, различных пересогласований и потери ответственности у специалистов целых подразделений.

Каждое подразделение и каждый конструктор должен иметь текущий и перспективный план с четкой формулировкой конечного результата работы. Решение одного иерархического уровня не должно переноситься на другой, ибо это вызывает безответственность в работе. Решение, не удовлетворяющее смежников, должно быть немедленно доведено до руководства с кратким и четким обоснованием причин.

Правильная организация работы, подбор и расстановка кадров создает нормальную творческую и рабочую обстановку, дает удовлетворение от работы, обеспечивает сведение к минимуму стрессовых ситуаций и способствует, как минимум, повышения качества и производительности труда на 25-30%.

Наиболее характерные причины нарушения нормального течения творческого процесса является: ненормальные взаимоотношения, неупорядоченность деловых отношений между руководителями и подчиненными, незнание должностных инструкций и положений, чрезмерное число и продолжительность совещаний с привлечением тех сотрудников, чье присутствие вовсе не обязательно, отвлечение специалистов на неквалифицированные работы, отклонение от норм трудовой дисциплины, недостаточная подготовленность к данной конкретной работе.

**1.2 Организация творческой работы конструктора**

Новая конструкция вначале формируется в сознании конструктора в виде мысленного образа изделия (МОИ), который отображается затем в графической форме как чертеж общего вида изделия (И). Изображение на чертеже – аналоговая модель и, дополняемая текстовыми пояснениями и расчетами.

Так как создание МОИ является частью процесса мышления, который никогда не прерывается, то эту часть творческой работы конструктора регламентировать очень трудно. В творческой работе конструктора можно выделить семь характерных стадий: аналитическую, поисковую, формулировочную, повторного анализа, оперативного анализа, вариационную и итоговую.

Аналитическая стадия. Выполнение расчетов определяющих параметров идеализированной конструкции в целом и по характерным частям и проверка их соответствия требованиям ТЗ, проработка эскизных вариантов конструкции, оценка факторов, мешающих созданию идеального И или его части, выявление причин, определяющих возможность ликвидации мешающих факторов. Результат: формулировка путей решения задачи.

Поисковая стадия. Выбор наиболее целесообразных путей решения, уточнение конечной задачи конструирования, определение возможности решения данной задачи конструирования другим путем (где заданный эффект может быть получен простыми способами), оценка эффективности выбираемых решений и формулировка требований к ним, оценка ожидаемой эффективности конструкции и, учет дополнительных требований. Результат: уточнение или замена исходной задачи на задачу с более четкой формулировкой ее внутреннего технического противоречия.

Формулировочная стадия. Уточнение условий задачи, анализ патентной и другой литературы, оценка возможности решения при пренебрежении к затратам, изменение задачи при уменьшении требуемого показателя почти до нуля, изменение задачи при увеличении требуемого показателя во много раз, формулировка сути задачи без специальных терминов. Результат: четкая формулировка задачи конструирования И.

Стадия повторного анализа. По результатам проведенных уточнений предыдущих стадий выполняется построение идеальной конструкции И на базе реальных конструктивных материалов и условий с учетом реальных помех в решении задачи, оценки их непосредственных причин и возможностей устранения помех решению. Результат: четкая формулировка технических противоречий и путей их преодоления.

Стадия оперативного анализа. Оценка возможности устранения технического противоречия по методике АРИЗ, проверка возможности изменений в окружающей среде при работе и, оценки решения задачи при изменении окружающих факторов или смене объектов, проверка возможных изменений во времени, бионические и другие прототипы решения подобной задачи. Результат: нахождение основного варианта решения задачи конструирования.

Стадия вариационного анализа. Вариация параметров отдельных частей и, вариации свойств окружающей среды и объектов, изменение методов использования, оценка полученных вариаций. Результат: формулировка уточнений для окончательного решения задачи.

Итоговая стадия. Конструкторские расчеты и разработка общего вида с последующей деталировкой и описанием. Результат: комплект КД на И.

* 1. **Общая методология конструирования ЭС**

Конструирование в своем развитии прошло ряд этапов и продолжает развиваться в настоящее время. Первыми конструкторами были ремесленники. Вся информация о конструкции содержалась в самом изделии. Создание чертежного метода конструирования позволило отделить конструктора от производственника, осуществить разделение труда как между производственниками и конструкторами, так и между работниками внутри каждой группы (конструкторов и производственников).

Высокая сложность электронной аппаратуры, большой число факторов, учитываемых при ее конструировании, и возможных вариантов конструкции выдвинули требование разработки новых методов конструирования, которые позволили бы осуществить еще большую концентрацию разработчиков, еще большее разделение труда при одновременном увеличении эффективности контроля процесса конструирования за счет формализации выбора наилучших конструктивных решений. Это привело к созданию новых методов конструирования, основанных на таких дисциплинах, как системотехника, методы исследования операций, теория решений, сетевое планирование, эргономика, техническая эстетика и многих других из новейших отраслей науки, техники, искусства.

Весь комплекс задач, решаемых конструктором, можно разделить на две группы:

1) генерация возможных вариантов конструкции (комбинация сочетаний исходных данных – факторов и связей между ними);

2) анализ и оценка каждого варианта конструкции для выбора наилучшего.

Генерация вариантов. Если известны все исходные данные, то генерацию вариантов можно формализовать. При этом можно использовать ЭВМ. Очевидно, не все варианты будут одинаково хороши, однако надо рассмотреть все и выбрать наилучший. Подобное решение задачи «в лоб» обычно не эффективно из-за больших затрат времени. Умственные способности человека, его творческие возможности позволяют решить задачу другими методами, позволяющими вести поиск при неполном комплекте факторов, сузить поле поиска, увеличить эффективность поиска оптимального варианта. Установлено, что человек, способный предложить большое число идей за единицу времени, имеет больше шансов выдать действительно ценные идеи. В настоящее время известно несколько способов, позволяющих увеличить эффективность генерации идей, в том числе: диаграмма идей, матрица идей, ассоциации, инверсия, метод мозгового штурма, синектика.

Использование диаграммы идей основано на том, что очень трудно думать одновременно о нескольких вещах, хотя глаз может воспринимать одновременно бесконечное множество предметов и отличать их один от другого. Это позволяет представить возможные варианты в виде некотой диаграммы для последовательного анализа с целью выделения наиболее перспективных. При это можно обнаружить возможность создания новой конструкции за счет неисследованных сочетаний. Примером диаграммы идей является любая классификация, например структурная схема тактико-технических требований к МЭА.

Наиболее эффективное средство учета различных вариантов матрицы идей основано на возможности упорядочения перебора вариантов.

Рис 2. Матрица идей

Допустим, что на выбор конструкции МЭА влияют три группы факторов: геометрия корпуса ИС (плоский, цилиндрический, кубический), вид конструкции блока (кассетный, книжный, веерный), тип конструкции электромонтажа (жесткий печатный монтаж, монтаж объемным проводом, монтаж с использованием гибкого печатного кабеля). В этом случае матрицу идей можно представить в виде куба, нижняя сторона которого содержит факторы одной группы. Каждый маленький кубик является вариантом конструкции. В данном случае их 27. Введение ограничений позволяет сократить область возможных решений. Например, при выборе монтажа объемным проводником и ИС в цилиндрическом электромонтажном корпусе число рассматриваемых вариантов конструкции уменьшается до 3 и определяется видом конструкции блока.

Ассоциация – этот метод основан на способности человека преобразовывать полученную ранее информацию в вид, который обеспечивает ее использование для новых условий, т. е. использование связи идей. Этот метод наиболее эффективен в тои случае, когда творческое воображение может обращаться к другим идеям и одна творческая идея возникает на основе другой. Примером является использование медицинского шприца подачи герметизирующего компаунда в труднодоступные места МЭА или использование конструкции антенны РЛС в виде структур ячеистой конструкции (типа пчелиных сот).

При инверсии задача исследуется с позиций, прямо противоположных принятым. Например, конструктору задано расположение аппаратуры на объекте, форма и размеры отсека. Конструктор видит, что он не может создать конструкцию при заданных требованиях. В этом случае он может проанализировать размещение других устройств в отсеке, предложить новый вариант размещения и новую форму своего блока.

Синектика – метод, основанный на увеличении продуктивности умственной работы человека при использовании аналогий. Обычно решение ищет группа специалистов. Например, руководитель группы ставит задачу обеспечения ремонтопригодности конструкции МЭА в условиях невесомости. Предлагается выполнить отверстие в куске пенопласта, подвешенного на нитке. Традиционные методы выполнения этой работы с помощью дрели не подходит. В конце концов кто-то из членов группы предлагает прожечь отверстие сигаретой. Далее группа исследует возможность использования этого принципа для реализации ремонтопригодной конструкции.

Метод мозгового штурма основан на возможности получения новых идей в результате творческого сотрудничества отдельных членов организованной группы. Реализация метода осуществляется в виде беседы, когда каждый участник свободно выдвигает предложения, а критика запрещена. Этот метод наиболее эффективен на начальных этапах конструирования, когда структура задачи еще не определилась. Наилучшие результаты получаются тогда, когда группа в пять-десять человек работает не более часа. Для проведения сеанса мозгового штурма руководителю нужен инициатор и магнитофон. Руководитель ни в коем случае не должен делать критических замечаний. Инициатором может быть один из членов группы. Если сеанс мозгового штурма оказывается безуспешным, то это в основном вина руководителя. Лица, участвующие в мозговом штурме, заранее тщательно отбираются.

**2. Стадии разработки ЭС**

Существуют следующие стадии разработки:

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| Этап | Документы |
| НИР | 1. Техническое задание (ТЗ)2. Техническое предложение «П» - (ГОСТ 2.118-73) |
| ОКР | 3. Эскизный проект – «Э» ГОСТ 2.119-734. Технический проект «Т» – ГОСТ 2.120-735. Разработка рабочей документации (опытного образца, «О1, О2»,установленных серий, «А», установившегося серийного или массового производства) «Б» |

Техническое задание (ТЗ).

Техническое задание предусматривает охват следующих вопросов:

1. Полное наименование темы

2. Основание к исполнению темы

3. Исполнители

4. Предполагаемый завод-иготовитель

5. Цель и назначение работы (указываются краткие характеристики изделия, техникоэкономическое обоснование целесообразности разработки, область применения). Пример разработки ТЗ изложен в ГОСТ 25123-82.

6. Состав аппаратуры

7. Тактико-техничесчкие требования

7.1. Основные тактические характеристики и параметры (например, для ЭВМ: быстродействие, разрядность, объём памяти и т. д.

для радиоприёмника: отношение сигнал/шум, чувствительность, полоса частот Fпр, выходная мощность P и т. д.)

7.2. Условия эксплуатации

7.3. Конструктивные и технологические особенности

7.4. Требования к стандартизации, унификации, микроминиатюризации.

7.5. Долговечность и критерии надежности.

7.6. Габариты и масса

8. Порядок окончания работ (количество предъявляемых к госиспытаниям образцов, перечень техдокументации, предъявляемой по окончании работ, порядок испытания и приёмки образцов).

Техническое предложение – совокупность конструкторских документов, содержащих техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможной реализации изделия, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов.

Техническое предложение (аванпроект) проводится , как правило, при выполнении НИР на сложные изделия при участии смежных организаций.

Основные задачи при разработке технического предложения:

1. Тактико-технико-экономическое обоснование целесообразности разработки.

2. Выяснение принципиальных путей и возможностей решения задачи, поставленной перед опытно-конструкторской работой (ОКР).

3. Составлении перечня теоретических экспериментальных работ, подлежащие исполнению.

4. Составление перечня смежных организаций – участников ОКР.

5. Уточнение общего объема работ, затрат и сроков выполнения

Техническое предложение после согласования и утверждения является основанием для разработки эскизного проекта.

Эскизный проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципы работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

На стадии эскизного проекта выполняются следующие работы:

1. Уточнение тактико-технико-экономического обоснования.

2. Выбор оптимальных вариантов и принципов построения схемы изделия

3. Обеспечение высокого уровня стандартизации и унификации.

4. Обеспечение высокой эксплуатационной надежности, сохраняемости, готовности, ремонтопригодности, технологичности.

5. Разработка структурной схемы, функциональной схемы.

6. Разработка или предварительная проработка принципиальных схем функциональных частей изделия.

7. Решение вопросов размещения, энергопитания, вентиляции, охлаждения, защищенности от внешних воздействий.

8. Проведение макетирования наиболее сложных узлов.

9. Уточнение технического задания по результатам эскизного проекта.

10. Определение номенклатуры и объема нестандартной контрольно-измерительной, регулировочной и испытательной аппаратуры и приспособлений.

11. Определение надежности изделия

Эскизный проект после утверждения является основанием для разработки технического проекта.

Технический проект – совокупность конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Цель технического проекта – теоретическая и экспериментальная проверка схемных, конструктивных и технологических решений, а также разработка технологических решений, а также разработка техдокуменлтации в объеме обеспечивающем последующем разработку конструкторской документации для опытного образца.

На стадии технического проекта выполняются следующие работы:

1. Разрабатывается упрощенная техническая документация

2. Изготовляются экспериментальные образцы.

3. Проводятся испытания экспериментальных образцов по специальной программе

4. Проводиться уточненный расчет и оценка надежности

5. Проводится оценка ремонтопригодности

6. Рассчитывается технологичность и ремонтопригодность.

7. Оценивается степень соответствия современному уровню микроэлектроники и комплексной микроминиатюризации.

8. Оценивается степень унификации и стандартизации.

9. Оценивается эффективность средств контроля.

10. Проводится экономическое обоснование и рассчитывается ориентировочная себестоимость.

Технический проект после защиты и утверждения является основным для разработки рабочей конструкторской документации опытного образца.

Рабочая конструкторская документация опытного образца разрабатывается в объеме, установленном ЕСКД.

Опытный образец изготавливается с целью:

1. Окончательного определения технических и эксплуатационных характеристик изделия в процессе испытания.

2. Проверки эксплуатационной надежности

3. Проверки и отработки техдокументации.

Испытания опытных образцов бывают:

1) предварительные (заводские), документам присваивается литера «О1», «О2»,

2) государственные.

Для проведения испытаний создаются специальные комиссии из представителей различных технических служб. По результатам испытаний составляется акт.

После утверждения акта и корректировки документации по результатам госиспытаний изготовляется установочная серия изделий.

После изготовления и испытания установочной серии, корректируется техдокументация и оснащаются техпроцессы.

Далее документация пригодна для серийного производства.