

# ПРЕДИСЛОВИЕ

**В** мире по закону конкуренции происходит постоянный объективный процесс повышения качества продукции и услуг и снижения их удельной цены.

Вступив в рыночные отношения, отечественные машиностроители обнаружили недостатки проектирования своих изделий. Многие отечественные изделия уступают зарубежным образцам по таким показателям качества, как надежность, безопасность, дизайн и экологичность. Эти показатели закладываются на этапе проектирования, а наши конструкторы стараются обеспечить в первую очередь заданные показатели назначения, технологичности и минимальную стоимость изделия. Но трудно создать дешевое конкурентоспособное изделие. Поэтому лишь немногие изделия специального (в основном оборонного) назначения оказались конкурентоспособны на мировом рынке. Это объясняется в основном тем, что для военной техники необходимо обеспечение высокой боевой эффективности, надежности и безопасности изделий.

В современном машиностроении совершенствование машин должно включать непрерывный анализ потребности и спроса, определение цели и функций, формулирование принципа действия, поиск аналогов и прототипов, расчет, моделирование и увязку механики и управления, художественную переработку, патентные исследования, экономический расчет и общее проектирование высококачественного изделия.

Из основных технико-экономических показателей качества в первую очередь задаются производительность, точность воспроизведения заданных функций или процессов, надежность, безопасность и удобство обслуживания, габаритно-массовые характеристики, экономичность, дизайн и др.

Разные детали машин подчиняются общим критериям работоспособности, расчета и конструирования. Построение по критериям эффективности и надежности позволяет

студентам понять значение маркетинговых исследований и проблемы обеспечения качества при проектировании высоко- и равнонадежных деталей машин, способствует применению современной методологии проектирования изделий и при обучении студентов расчетам деталей машин и конструированию приводов в соответствии с принятым критерием эффективности.

Современное проектирование технически сложных изделий машиностроения базируется на инновациях, которые используются при создании только конкурентоспособных изделий, и верификации проекта по выбранному критерию эффективности изделия.

В настоящем учебном пособии приведена весьма простая и доступная для студентов методика расчета надежности и эффективности деталей машин и механизмов. Вместе с учебниками и атласами деталей машин эта книга составляет необходимый комплект литературы для обучения студентов основам проектирования. Знание основ проектирования высококачественного изделия, предлагаемых в пособии, поможет при написании курсового и дипломного проектов изделий специального назначения.

Авторы выражают благодарность за полезные советы и указания доцентам В. А. Чуфистову и Б. И. Селезневу.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО ИЗДЕЛИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

### 1.1. ИННОВАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ

**М**одернизация современной российской экономики заключается в быстрейшем переводе ее на инновационный путь развития с целью увеличения числа конкурентоспособных отечественных промышленных изделий на мировом рынке.

Главной задачей инновационного проектирования является максимально возможное удовлетворение общественных потребностей путем разработки конструкторско-технологической документации для изготовления конкурентоспособных изделий. Выявление и государственная поддержка «быстрых» инвестиционных проектов необходимы для получения средств, рассчитанных на длительное инвестирование в промышленность, создающее условия для общего роста промышленного производства. Таким образом, инвестированию бюджетных средств в предприятия должна предшествовать объективная оценка конкурентоспособности проектов изделий, предлагаемых этими предприятиями для государственного финансирования. В современной экономике машиностроения основные прибыли инвестор получает на стадии разработки и при продаже изделия потребителю, а стадия производства рентабельна только в странах Юго-Восточной Азии.

Особенностью инновационного проектирования технических сложных изделий является выбор проектов для финансирования, который проводится на конкурсной основе по бизнес-планам проектов. Как правило, госзаказ предоставляется на разработку изделий специального назначения (атомная, космическая, военная, авиационная техника и т. п.). Чтобы выиграть такой конкурс, разработчику приходится выполнить первые три (четыре) этапа проектирования (см. табл. 1.1) за счет собственного финансирования.

Конкурс на разработку изделий машиностроения объявляет и частный инвестор.

Во всех случаях выбор исполнителя заказа должен проводиться по результатам анализа бизнес-планов конкурсантов. Поэтому в условиях инновационного проектирования первоочередной задачей главного конструктора является разработка бизнес-плана изделия. Для того чтобы выиграть конкурс, главный конструктор должен отлично представлять:

- целевую функцию изделия (назначение и основные параметры);
- значения показателей качества лучших в мире изделий-аналогов;
- облик и основные составные части изделия;
- перспективы совершенствования конструкции изделия;
- сроки и структуру исполнителей работ по созданию изделия.

Главный конструктор должен быть превосходным менеджером. Ему необходимо рационально решать вопросы экономики и организации работ по созданию, сбыту, эксплуатации и утилизации разрабатываемых изделий. Содержание бизнес-плана приведено в приложениях (см. табл. П24).

Получив заказ, главный конструктор, используя список выбранных для устранения недостатков аналогов, формирует критерий эффективности изделия, который является математическим выражением целевой функции. Дальнейшее проектирование можно провести на основе выбранного критерия эффективности с использованием системы автоматизированного проектирования машин (САПР).

Имеющиеся в САПР возможности инструментального обеспечения решения инженерных задач позволяют выполнить расчет:

- энергетических и кинематических параметров;
- прочности, жесткости и устойчивости;
- выносливости, надежности и износостойкости;
- динамических характеристик.

САПР — это наукоемкий программный продукт, созданный на базе современных инженерных методик проектирования, численных методов механики, математики и моделирования, гармонично сочетающий опыт поколений конструкторов, инженеров-механиков и других специалистов с возможностями компьютерной техники и технологии.

Широко используется отечественная автоматизированная система многодисциплинарного проектирования самолетов «Аргон».

Практическому обеспечению конкурентоспособности проекта нового изделия способствует его верификация.

Анализ отечественных и зарубежных процедур сертификации летательных аппаратов (ЛА) свидетельствует, что основная отличительная особенность зарубежной технологии их проектирования и создания заключается в сертификационной направленности всех видов работ (начиная с этапа эскизного проектирования), т. е., по существу, в реализации принципа «сквозной» сертификации, нашедшего широкое применение в мировой практике. Сертификация проводится с начала проектирования на всех этапах создания опытного изделия и включает значительные объемы моделирования наземных лабораторно-стендовых испытаний на воздействие широкого спектра условий и факторов жизненного цикла изделия.

Реализация данного принципа (например, в авиакосмической отрасли) способствует сокращению сроков доводки и летных испытаний ЛА. Такой подход

к сертификации широкофюзеляжных самолетов Боинг-747, DC-10 и L-1011 позволил провести летные испытания по доводке и сертификации всего за один год.

В этом случае еще на ранних стадиях создания ЛА могут быть вскрыты недостатки, в том числе несоответствие требованиям норм летной годности (НЛГ), тактико-технических требований (ТТТ) и другой нормативной документации, которые легче устранить до создания опытного ЛА или в процессе его создания, нежели во время летных испытаний.

Следует особо отметить, что важнейшей процедурой реализации принципа «сквозной» сертификации является **верификация**, которая в мировой практике находит все более широкое применение, главным образом при проверке и оценке результатов проектно-конструкторских работ (выполняемых соответствующими конструкторскими подразделениями) на начальном этапе создания новой техники. Верификация является практически единственным способом подтверждения истинности и правильности принятых технических решений в условиях высокой неопределенности, имеющей место на начальных этапах проектирования, когда еще нет изготовленных элементов проектируемых ЛА и их испытания невозможны. Верификации подлежат вновь разработанные конструкции элементов изделий и процессы их функционирования; мероприятия по повышению качества изделий и процессы их реализации; оценка результатов реализации этих мероприятий по согласованному критерию эффективности и т. д.

Изделия машиностроения подразделяются на изделия общемашиностроительного и специального назначения.

Изделия общемашиностроительного назначения (подъемно-транспортное и технологическое оборудование, редукторы, подшипники, крепежные изделия и т. п.) отличаются высокой технологичностью и относительной дешевизной. Такие изделия создают для многих потребителей, и они отличаются средними значениями охранных, ресурсосберегающих и функциональных показателей качества в терминах стандартов ИСО 9000.

Изделия специального назначения (аэрокосмическая, военная, ядерная и другая техника (далее ЛА)) отличаются высокой надежностью и высокими функциональными и охранными показателями качества, конкурентоспособностью.

Такие изделия создаются для определенного потребителя. Например, технические возможности ЛА могут удовлетворять разнообразные потребности различных групп потребителей (рис. 1.1). Создание новых изделий базируется на инновациях (инвестициях в новации). Инвестору нужно только конкурентоспособное изделие с коротким сроком окупаемости либо с длительным сроком окупаемости, но высокой рентабельностью.

**Конкурентоспособность** — характеристика товара, выражающая его отличие от товаров-аналогов как по степени соответствия общественной потребности, так и по затратам на ее удовлетворение. Создав изделие специального назначения, инвестор, разработчик, изготовитель и продавец получают прибыль, а общество полнее удовлетворит одну из своих многочисленных потребностей. Термин «конкурентоспособность товара» приведен в П25 и у нас используется редко, чаще применяется понятие «качество продукции». **Качество продукции** — совокупность характеристик изделия, отвечающих требованиям потребителя.



Рис. 1.1

Отрасли — потребители АКП (аэрокосмической продукции) и их мотивация

Проектирование и его результаты всегда связаны с необходимостью удовлетворения различных требований. Прежде всего они отражают интересы двух групп людей: производителей и потребителей технических систем как продукции, товара. Вся деятельность производителя, включающая проектирование, производство и реализацию технических систем, является средством удовлетворения его материальных, духовно-эстетических, физиологических и иных интересов, но только при наличии спроса на данную продукцию, т. е. во всемерном удовлетворении интересов покупателя, при существовании ее потребителя. Успех нового изделия на рынке на 70–90% зависит от точного соответствия требованиям потребителя.

Каждый производитель стремится получить максимальный эффект от реализации своей продукции. В большинстве случаев под таким эффектом подразумевается доход, или, иными словами, масса прибыли, т. е. суммарный ее объем, полученный за всю реализованную продукцию.

Каждый потребитель с минимальными хлопотами и затратами желает получить нужный ему товар, обладающий максимумом потребительских свойств (дерево целей производителя и покупателя продукции).

К проектируемым системам предъявляются определенные требования (рис. 1.2) [17].

Проектирование современных технически сложных изделий специального назначения требует проведения маркетинговых исследований, математического моделирования процессов функционирования изделий, анализа вариан-

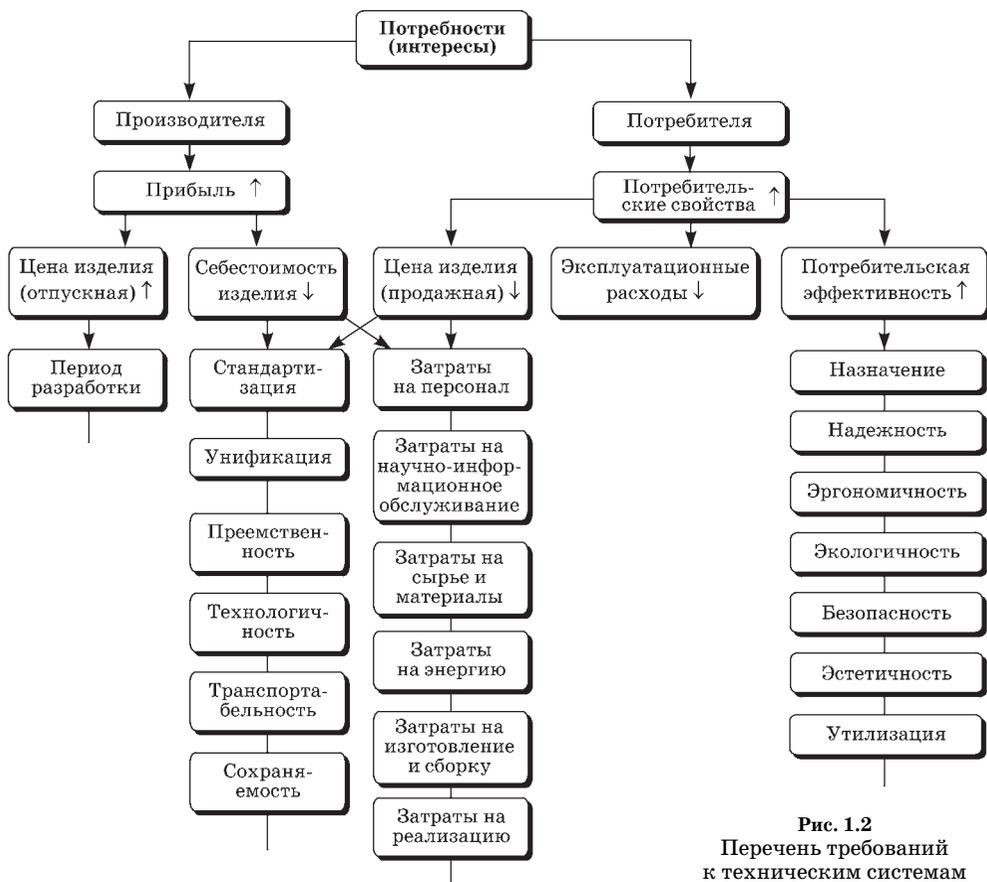


Рис. 1.2  
Перечень требований к техническим системам

тов с использованием целевой функции, проверочных вероятностных расчетов и дорогостоящих испытаний на надежность, использования обширных знаний физико-математических, общетехнических, экономических и специальных дисциплин, умения эффективно управлять сложными информационными процессами и большим количеством исполнителей с целью обеспечения заданного качества.

При проектировании механизмов и узлов современных ЛА необходимо рассматривать их в виде системы, включающей целый комплекс взаимосвязанных элементов. Системный подход позволяет создать более совершенные конструкции и сократить время их разработки. Особенно эффективно его сочетание с применением ЭВМ, позволяющее автоматизировать проектирование и расширить творческие возможности конструктора. В обучении системный подход способствует приобретению более глубоких знаний, необходимых при разработке современных конструкций.

Системный подход при проектировании базируется на следующих основных принципах:

1) изучение объекта как единой целостной системы, реализующей заданную целевую функцию;

2) учет требований и критериев (показателей) качества, которые должны реализоваться при создании конструкции, и переход к оптимальному проектированию по критерию эффективности;

3) иерархическое представление структуры объекта, установление связей и выявление противоречий;

4) итерационный характер процесса проектирования;

5) изучение предшествующего опыта, учет последовательности развития объекта и результатов, полученных во время экспериментальной отработки и при эксплуатации;

6) определение перспектив развития.

Системный подход используется также при автоматизации проектирования.

Наиболее общей характеристикой системы (технического объекта) является качество, т. е. совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность к удовлетворению определенных потребностей в соответствии с назначением. Качество определяет пригодность к эксплуатации во всех предполагаемых режимах: применения по назначению, технического обслуживания, ремонта, хранения, транспортирования и др.

При проектировании конкурентоспособных изделий машиностроения в качестве основных критериев развития используются показатели качества (рис. 1.3).



Рис. 1.3  
Группировка показателей качества изделий по однородности характеризуемых свойств

Более узким, входящим в понятие качество, является свойство эффективности объекта (системы), определяющее степень его пригодности непосредственно к применению по назначению. Пересекается с эффективностью и входящая в понятие «качество» надежность. Надежность — есть свойство объекта (системы) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях: применения, технического обслуживания, ремонта, хранения, транспортирования [12].

Для определения надежности необходимо:

1) задать объект (систему);

2) определить все режимы и время его эксплуатации;

3) назначить эксплуатационные показатели для каждого режима и их допустимые изменения исходя, из экономичности.

Близким к понятиям надежности и эффективности для объектов (систем) является свойство живучести. **Живучесть** — свойство объекта (системы) сохранять работоспособное состояние при внешних воздействиях, превышающих установленные эксплуатационные уровни, например, при землетрясениях, грозах, ураганах, а для военных объектов — при действии противника.

Объект (система) может быть высоконадежен, но маложивуч. Например, в обычных эксплуатационных режимах система работает хорошо длительный период, но при превышении внешних нагрузок сразу же отказывает. И наоборот: объект не может безотказно работать долго, но легко переносит нагрузки выше установленных для эксплуатационных режимов.

Самым общим свойством, отражающим техническое совершенство ЛА, является эффективность. Для количественной оценки этого свойства нужен показатель, который бы в одной размерности включал показатели других свойств ЛА, определяющих успешность его функционирования. Одним из показателей реальной эффективности ЛА, учитывающим его разнохарактерные свойства, является **вероятность выполнения типового задания** —  $P_{\text{эф.р}}$ . Эту вероятность удобно представлять как произведение трех вероятностей: выполнения задания при абсолютной надежности и живучести, которую называют *показателем исходной эффективности* —  $P_{\text{эф.и}}$ ; надежной работы ЛА как показатель его надежности —  $P_{\text{над}}$ ; сохранения живучести ЛА как показателя его живучести —  $P_{\text{жив}}$ :

$$P_{\text{эф.р}} = P_{\text{эф.и}} P_{\text{над}} P_{\text{жив}}.$$

Показатель исходной эффективности ЛА определяется в основном летно-тактическими характеристиками (ЛТХ), такими как максимальная скорость, минимальная высота полета, маневренность, точность систем навигации и наведения, грузоподъемность и др.

Показатель надежности ЛА, в свою очередь, можно представить как произведение коэффициента готовности ЛА к выполнению задания —  $K_r$  и вероятности безотказной работы ЛА за время выполнения задания —  $P(t)$ :

$$P_{\text{над}} = K_r P(t).$$

Если, например, ЛА многократно выполняет полетное задание по перехвату воздушной цели, то в ряде случаев это задание не выполняется и при надежной работе ЛА, а также при полном сохранении живучести. Так может произойти, если цель маневрировала с очень большой перегрузкой или скрывалась в складах местности и перехватчик из-за недостаточно высокой разрешающей способности канала сопровождения потерял ее. Цель может остаться неперехваченной при недостаточной точности наведения. Подобные случаи являются следствием конкретных значений ЛТХ ЛА и учитываются показателем исходной эффективности.  $P_{\text{эф.и}}$  всегда меньше единицы.

Количественные показатели живучести отражают степень уязвимости ЛА:

- *вероятность сохранения работоспособности после воздействия поражающих средств* —  $P_{\text{жив}}$  характеризует способность ЛА выполнить задание и нормально возвратиться;
- *вероятность возвращения на свою территорию после воздействия поражающих средств* —  $P_{\text{воз}}$  оценивает возможность возвращения ЛА даже с аварийными повреждениями;

- *вероятность выживания экипажа после воздействия поражающих средств* —  $P_{\text{выж}}$  оценивает эффективность средств защиты и аварийного покидания.

Оценка показателей живучести проектируемого ЛА может быть выполнена на основе моделирования условий поражения и особенностей конструкции ЛА.

Если для объекта все возможные экстремальные условия заданы как эксплуатационные, то живучесть не пересекается с надежностью, а поглощается ею.

Применительно к техническим объектам (системам) *безопасность*, или безопасное состояние, — это такое состояние в течение жизненного цикла, при котором не наступают опасных последствий (аварий и катастроф).

Под аварией будем понимать такую поломку техники, которая не только приводит ее в неработоспособное состояние, но и требует внепланового ремонта. Обычно в ведомственных нормативных документах конкретизируется вид ремонта, его продолжительность и стоимость, при которых поломка определяется как авария. Чаще всего это капитальный ремонт или списание техники.

*Катастрофа* — это такое опасное последствие эксплуатации, при котором погиб хотя бы один человек, нанесен серьезный ущерб здоровью группы людей, заражены или загрязнены большие участки территории (экологическая катастрофа). Из определения следует, что возможна катастрофа без аварии (например, гибель человека при поражении электротоком без поломки техники).

В проблеме создания конкурентоспособной продукции и поиска наиболее эффективных путей ее сбыта большое значение имеет уровень надежности поставляемых потребителю машин.

Отказ машины в процессе использования, даже не приводящий к тяжелым последствиям, наносит серьезный моральный ущерб фирме-изготовителю и подрывает доверие к ней.

При отказах машин в процессе их эксплуатации или хранения фирмы-изготовители или специальные организации вынуждены создавать разветвленную сеть технического обслуживания и аварийного ремонта с соответствующей информационной системой, добиваясь максимального удовлетворения разнообразных запросов потребителя.

При прочих равных условиях, чем выше гарантированный изготовителем уровень надежности машины, тем большей конкурентоспособностью она будет обладать, если ее отказы дорогостоящие.

Показатели надежности используются в критерии качества. Без расчетов надежности нельзя осуществить проектирование и оценку конкурентоспособности изделия на научной основе.

Традиционные детерминированные расчеты на прочность проводятся при минимальных значениях прочности материалов и геометрических размерах сортамента и максимальной нагрузке. Вероятностные расчеты надежности позволяют уменьшить массу конструкции, так как наиболее вероятными являются средние значения прочности и геометрических размеров и нагрузок, а сочетания экстремальных значений маловероятны.

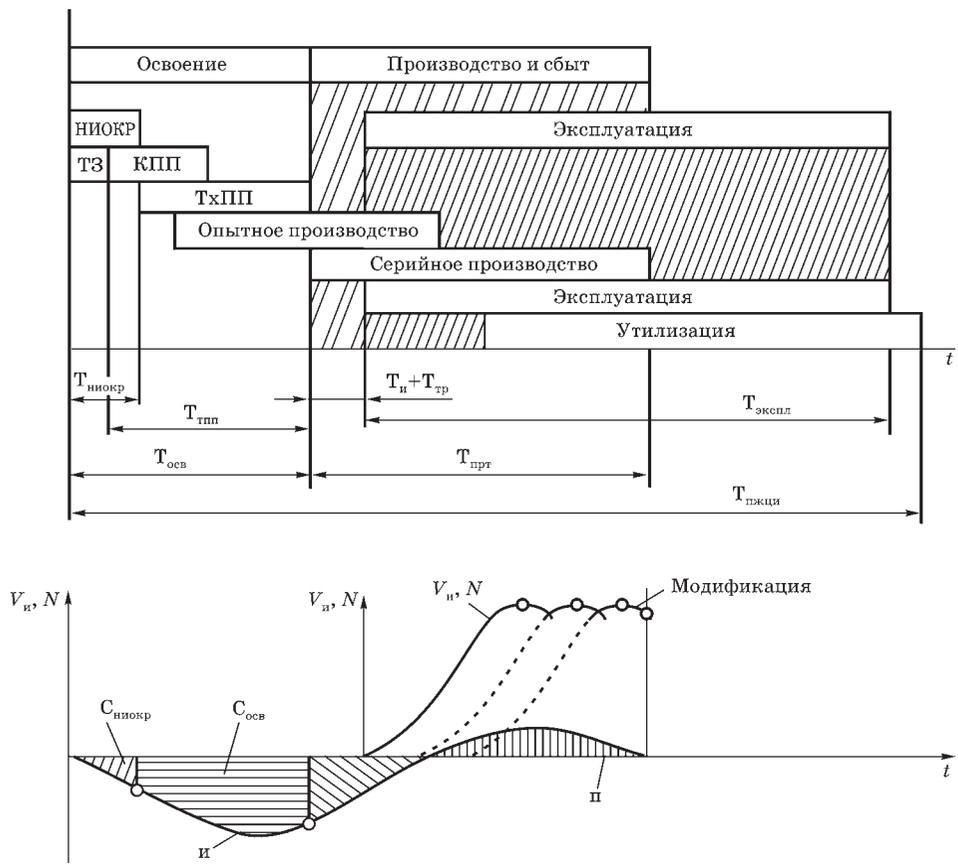
Проектировочные расчеты надежности сокращают затраты на экспериментальную отработку за счет объединения результатов расчетов и испытаний.

Учет требований надежности на начальных этапах проектирования обходится во много раз дешевле, чем последующие доработки по результатам испытаний и эксплуатации изделий машиностроения.

Таким образом, надежность активно внедряется во все сферы человеческой деятельности, устанавливаются требования и ограничения надежности создаваемых машин в течение всего их жизненного цикла, которые обеспечат прибыль инвестору.

Приведем динамическую модель полного жизненного цикла ЛА (рис. 1.4), который может достигать 45 лет при суммарной стоимости несколько десятков миллиардов долларов.

Рассмотрим основные факторы, характеризующие границы этапов жизненного цикла изделия (табл. 1.1).



**Рис. 1.4**  
Динамическая модель полного жизненного цикла ракетно-космической и авиационной техники:

$T_{\text{ниокр}}$ ,  $C_{\text{ниокр}}$  — длительность и стоимость проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;  $T_{\text{тп}}$  — длительность технической подготовки производства (КПП — конструкторская, ТхПП — технологическая);  $T_{\text{осв}}$ ,  $C_{\text{осв}}$  — длительность и стоимость освоения производства;  $T_{\text{и}}$ ,  $T_{\text{тр}}$  — длительность производительного цикла и транспортировки;  $T_{\text{пр}}$  — длительность производства семейства товаров;  $T_{\text{экспл}}$  — длительность эксплуатации;  $T_{\text{жзци}}$  — длительность полного жизненного цикла изделия;  $V_i, N$  — объем продаж в стоимостном или натуральном выражении; И — издержки; С — стоимость; П — прибыль;  $t$  — время.

Границы этапов жизненного цикла изделия

Этап	Начало этапа	Окончание этапа
Маркетинговые исследования рынка	Заключение договора на проведение исследований	Сдача отчета по результатам исследований
Генерация идей и их фильтрация	Сбор и фиксирование предложений по проектам	Окончание отбора проектов-конкурентов
Техническая и экономическая экспертиза проектов	Комплектация групп оценки проектов для бизнес-плана	Сдача отчета по экспертизе проектов. Выбор проекта-победителя. Бизнес-план
НИР (научно-исследовательская работа)	Утверждение технического задания (ТЗ) на НИР	Утверждение акта об окончании НИР
ОКР (опытно-конструкторская работа)	Утверждение ТЗ на ОКР	Наличие комплекта конструкторской документации, откорректированной по результатам испытаний опытного образца. Акт верификации
Пробный маркетинг	Начало подготовки производства опытной партии	Анализ отчета о результатах пробного маркетинга
Подготовка производства на заводе-изготовителе	Принятие решения о серийном производстве и коммерческой реализации изделий	Начало установившегося серийного производства. Акт сертификации
Собственно производство и сбыт	Продажа первого серийного образца изделия	Поставка потребителю последнего экземпляра изделия
Эксплуатация и утилизация	Постановка на эксплуатацию первого образца	Утилизация последнего образца

В ходе управления жизненным циклом изделия целесообразно опираться на систему контрольных точек (КТ) цикла. На всех КТ анализируют отклонения качественных и количественных параметров изделия от проектных значений по техническим и экономическим критериям и вырабатывают соответствующие решения по критерию «эффект — затраты». Количество КТ зависит от характера изделия. Рекомендованы следующие КТ в жизненном цикле изделия [12]:

КТ-1 — решение о начале проекта (разработка бизнес-плана);

КТ-2 — окончание технического проекта (решение о разработке рабочей документации и изготовлении опытного образца, акты верификации);

КТ-3 — окончание ОКР (решение об изготовлении опытного образца);

КТ-4 — окончание пробного маркетинга (принятие решения о начале серийного производства и коммерческой реализации изделий, акты сертификации);

КТ-5 — оценка качества серийно выпускаемой продукции (решение о повышении качества и надежности, акты сертификации);

КТ-6 — оценка необходимости обновления или модернизации продукции;

КТ-7 — оценка оптимальности методов сбыта и рынков продукции;

КТ-8 — оценка целесообразности и методов капитального ремонта изделий в процессе эксплуатации;

КТ-9 — оценка целесообразности снятия изделия с производства;

КТ-10 — снятие изделия с эксплуатации и передача его на утилизацию.

Множественность использования показывает важность правильного выбора критерия эффективности изделия в самом начале его проектирования.

Наибольший интерес для курсового проектирования представляет этап ОКР. Представлен примерный перечень работ на этапе ОКР (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Примерный перечень работ на этапе ОКР

Работа	Основные задачи и состав работы
Разработка ТЗ на ОКР	Формулировка критерия эффективности изделия — $K_c$ из целевой функции проекта
	Составление проекта ТЗ заказчиком
	Выбор значения $K_c$ и на его основе значений конструктивных параметров изделия
	Проработка проекта ТЗ исполнителем и составление «дерева целей» составных частей изделия
	Установление перечня контрагентов и согласование с ними частных ТЗ
	Согласование и утверждение ТЗ
Техническое предложение (является основанием для корректировки ТЗ и выполнения эскизного проекта)	<p>Выявление дополнительных или уточненных требований к изделию, его техническим характеристикам и показателям качества, которые не могут быть указаны в ТЗ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>проработка результатов НИР;</li> <li>проработка результатов прогнозирования;</li> <li>изучение научно-технической информации;</li> <li>предварительные расчеты и уточнение требований ТЗ</li> </ul> <p>Составление конструктивной функциональной схемы и предварительный расчет значения <math>K_c</math>.</p>
Эскизное проектирование (служит основанием для технического проектирования)	<p>Разработка принципиальных технических решений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>выполнение работ по этапу технического предложения, если этот этап не проводился;</li> <li>выбор элементной базы разработки;</li> <li>выбор основных технических решений;</li> <li>разработка структурных и функциональных схем изделия;</li> <li>выбор основных конструктивных элементов;</li> <li>разработка облика изделия;</li> <li>метрологическая экспертиза проекта;</li> <li>разработка и испытание макетов;</li> <li>предварительный расчет достигнутого значения <math>K_c</math> и принятие мер для его повышения;</li> <li>предварительная оценка эффективности изделия, верификация проекта</li> </ul>
Техническое проектирование	<p>Окончательный выбор технических решений по изделию в целом и его составным частям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>разработка принципиальных электрических, кинематических, гидравлических и других схем;</li> <li>уточнение основных параметров изделия;</li> <li>проведение конструктивной компоновки изделия и выдача данных для его размещения на объекте;</li> <li>разработка проектов технических условий (ТУ) на поставку и изготовление изделия;</li> <li>испытание макетов основных приборов изделий в натуральных условиях;</li> <li>проверочный расчет надежности, верификация изделия;</li> <li>оптимизация конструкции на основании достигнутого значения <math>K_c</math>.</li> </ul>
Разработка рабочей документации для изготовления и испытания опытного образца	<p>Формирование комплекта конструкторских документов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>разработка полного комплекта рабочей документации;</li> <li>согласование ее с заказчиком и заводом-изготовителем серийной продукции;</li> <li>проверка конструкторской документации на унификацию и стандартизацию;</li> <li>изготовление в опытном производстве опытного образца;</li> <li>настройка и комплексная регулировка опытного образца;</li> <li>расчет априорного значения <math>K_c</math>, сертификация технологического процесса</li> </ul>

Работа	Основные задачи и состав работы
Предварительные испытания	Проверка соответствия опытного образца требованиям ТЗ, эффективности изделия и определение возможности его предъявления на государственные (ведомственные) испытания: стендовые испытания; предварительные испытания на объекте; испытания на надежность; предварительное апостериорное значение $K_3$
Государственные (ведомственные) испытания	Оценка соответствия требованиям ТЗ и возможности организации серийного производства
	Возможная сертификация качества изделия
	Апостериорное значение $K_3$ , Акт верификации
Обработка документации по результатам испытаний	Внесение необходимых уточнений и изменений в документацию
	Присвоение документации литеры «О <sub>1</sub> »
	Передача документации заводу-изготовителю
	Проектировочное значение $K_3$ — конкурентоспособность проекта

При наличии САПР наиболее ответственная стадия разработки ЛА — техническое предложение. САПР позволила перенести почти все расчеты на самую раннюю стадию создания ЛА. Это дает возможность быстро принимать необходимые решения, вносить коррективы.

Таким образом, на стадии технических предложений оптимизируются все проектно-баллистические параметры и создается внешний облик ЛА. Рассчитываются прочностные, баллистические и аэродинамические характеристики ЛА, тяга двигателя и т. д. Все статистические коэффициенты определяются по прототипам.

Если позволяет приборное и программное обеспечение, применяется диалоговый режим. ЭВМ используют для чертежных работ. Выполняют автоматизированные проектировочные расчеты на прочность и надежность — параметрическое конструирование (это дает возможность уточнить проектировочные параметры). Повышение точности расчетов на ранних стадиях положительно сказывается на уровне конкурентоспособности в течение всего жизненного цикла изделия.

Процесс проектирования должен быть упорядоченным и представляться в виде логической схемы построения проекта (рис. 1.5). Такая схема должна отражать весь комплекс проектных задач, даже если большая часть из них в данный момент не находит автоматизированного решения, причем по мере углубления проекта (особенно после предварительных изысканий) схема должна конкретизироваться. Каждая проектная задача должна представляться в виде некоторой формализованной совокупности действий, выполнение которых оканчивается принятием проектного решения. Процесс проектирования изделия итеративен, при этом на каждом шаге итерации, как правило, находят более эффективные решения.

Инвестор выбирает наилучшие изделия — аналоги мирового уровня качества — и требует превзойти их по основным параметрам функционирования, что обеспечит создаваемому изделию конкурентоспособность на мировом рынке. Целевая функция — основная задача конструирования идеального изделия.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)