

Государственный комитет РСФСР
по делам науки и высшей школы

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию

Самара 1991

Составитель В.Н.Б у р о в

УДК 621.315

Выбор материалов электронной техники: Метод. указ. Самар-
ска. авиац. ин-т; Сост. В.Н.Б у р о в. Самара, 1991. 39 с.

Сведения по характеристикам материалов приведены в сжатом виде со ссылкой на литературные источники.

Составлены на кафедре "Микроэлектроника и технология РЭА" и являются частью комплекса методических указаний к лабораторным работам по курсу "Материалы электронной техники" и могут быть использованы при выполнении дипломных и курсовых проектов, а также для самостоятельной подготовки студентов по материалам электронной техники к зачету по курсу.

Предназначены для студентов радиотехнического факультета дневного и вечернего обучения.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П.Королева

Рецензенты: канд. техн. наук Ю.С. Д м и т р и е в,
канд. техн. наук доц. М.И. К о ж у х о в

Любое радиоэлектронное устройство состоит из набора функционально законченных узлов, каждое из которых выполнено из набора электро-радиоэлементов, элементов конструкции и крепежных элементов. Каждая из трех групп элементов изготавливается из материалов, в которых учитываются специфические характеристики. Материалы для электрорадиоэлементов (элементов принципиальной схемы) часто называют материалами электронной техники, а материалы элементов конструкции и крепежа материалами конструкций электронной техники. Такое деление условно, так как для всех элементов может быть использован один и тот же материал. Например, из достаточно доступного материала меди задумано изготовить катушку индуктивности, шасси и заклепку. Однако в первом случае при выборе материала основное внимание обращалось на малую величину удельного электрического сопротивления, во втором и третьем случае — на высокий предел прочности меди.

Выбор материала — системный вопрос, предполагающий ориентацию на раскрытие целостности проектируемого устройства, нахождение взаимосвязей между элементами устройства, взаимодействие устройства с окружающим миром.

Начинают выбор материала с анализа номенклатуры материалов по справочным данным. Его цель — отыскание материалов с наилучшим сочетанием эксплуатационных параметров. Затем, исходя из технологических свойств отобранных материалов, необходимо рассмотреть варианты технологии изготовления изделия с учетом его массы, размеров, шероховатости поверхности, конструктивных и других особенностей. Материалы должны быть доступными, иметь невысокую стоимость и отвечать критериям экономической эффективности. Работоспособность выполненных из них устройств должна соответствовать затратам общественного труда на реализацию технических достоинств материалов. Такое соответствие представляет собой серьезную проблему из-за усиливающейся специализа-

ции наук, в частности, разобщенности технических и экономических дисциплин.

Приступать к изучению методических указаний целесообразно после ознакомления с материалами методических указаний по курсу "Материалы электронной техники", в которых приведены основные свойства широкого класса материалов электронной техники и методы их исследования.

1. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЫБОР МАТЕРИАЛА

1.1. Требования к разрабатываемому устройству

При проектировании устройства электронной техники следует всегда помнить, что необходимо обеспечить взаимосвязь конструкции и технологии устройства, с одной стороны, и организации производства - с другой. Организация производства закладывает технические основы получения устройства, обладающего заданной потребительской стоимостью, при наименьших затратах. Последние отражают уровень развития общества и определяются эффективностью элементов производственного процесса - рабочей силы, средств труда и предметов труда, т.е. материалов.

На рис. 1 показана схема выбора материалов на начальном этапе подготовки производства. Исходным документом для проектирования устройств электронной техники и проведения исследований является техническое задание (ТЗ). На основании ТЗ определяют группу материалов, эксплуатационные и технологические свойства которых будут подвергнуты дальнейшему анализу по критериям экономической эффективности. Это достаточно трудная задача, так как объем анализируемой информации очень велик. Затрачиваемое время на поиск информации по таблицам, справочникам достигает 30% от общего времени. Наиболее известная справочная литература под редакцией Ю.В.Корицкого.

Если при проектировании используется ИЭМ, то целесообразно сведения о материалах занести в ЭМ, создав банк данных по материалам. В зарубежной литературе опубликованы схемы основных стандартных подпрограмм, входящих в банк, обеспечивающие создание и пополнение банка, выбор из массива требуемой марки материала с указанием его характеристик, наиболее близкими к требуемым, распределение материалов среди выбранных в соответствии с заданными приоритетами по сравниваемым параметрам.

Задача конструирования состоит в том, чтобы свойства материалов реализовать в устройстве, имеющем заданную потребительскую стоимость



Р и с . I

Для каждого варианта выбранных материалов проводят расчетно-конструктивную оценку работоспособности устройства, включающую:

оценку достижимости основных технических характеристик электронного устройства;

уточнение конструкции с учетом критериев уменьшения эффективной массы устройства;

оценку напряженно-деформированного состояния элементов конструкции, характеристик изнашивания и тепловой напряженности узлов;

оценку ресурса конструкции.

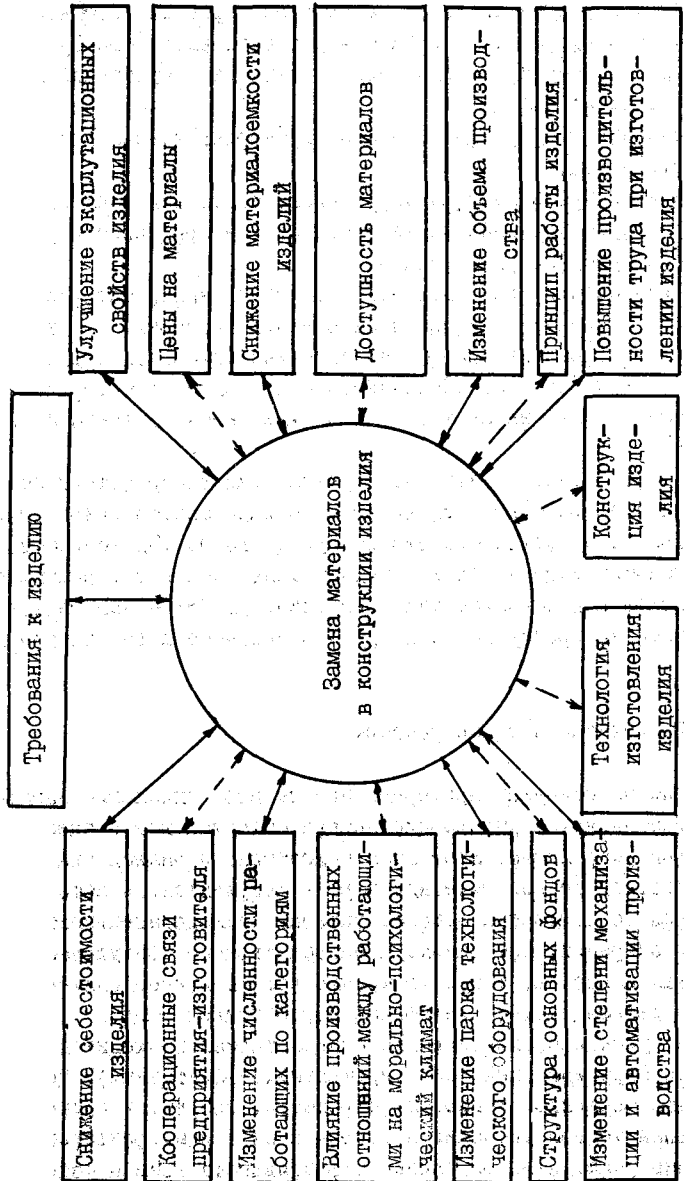
Целесообразно предусмотреть уточненный выбор материала, который проводится в процессе опытно-промышленной проверки, конструкции устройства. Одновременно продумывается технологическая подготовка производства, в ходе которой оценивается сырьевая база материалов, проводится анализ хозяйственных связей и намечаются партнеры по кооперации.

Один из главных факторов, определяющий выбор материалов при организации производства - снижение материалоемкости разрабатываемого устройства. Статистика свидетельствует, что до 75% вопросов, касающихся экономии материалов для технических устройств, решаются на стадии исследования и разработки продукции, до 13% - при технологической подготовке производства и 12% - в процессе изготовления продукции.

1.2. Технологические факторы

Одним из основных критериев при выборе технологии изготовления устройства является уменьшение потерь материалов в процессе обработки деталей устройства. Этот этап подготовки производства заканчивается разработкой технологических карт - документов, в которых зафиксирован процесс обработки детали, указаны последовательность технологических операций, материалы, производственное оборудование и технологическая оснастка, технологические режимы и необходимое для изготовления детали время, квалификация работников и др.

При проектировании нередко один материал приходится заменять на другой (традиционный, на современный, эффективный). Целью замены может быть снижение стоимости устройства. На рис. 2 приведена схема взаимосвязи технологических и сопряженных с ними факторов, которые необходимо учитывать при оценке эффективности замены материалов. Сплошными линиями на рис. 2 указано прямое влияние, пунктирными - косвенное. Указать общий путь анализа, приведенного на рис. 2 блока



факторов, не представляется возможным. Однако стратегию выбора материала по технологическим критериям для конкретного изделия можно определить, установив значимость и взаимообусловленность технологических и связанных с ними факторов.

1.3. Стоимость и эксплуатационные свойства устройства

Техническое обоснование структуры материалопотребления необходимо проверить по критериям общественной целесообразности путем технико-экономического анализа. Цель такого анализа — найти наилучшее соотношение между стоимостью устройства и его результативностью и таким образом создать предпосылки для устранения некоторых составляющих стоимости. Другими словами, нужно выбрать такие решения, при которых выполнение основных функций или группы функций устройства было бы связано с минимальными затратами общественного труда.

Основными свойствами устройства являются следующие:

технический принцип, конструктивная форма, эксплуатационные параметры;

технологичность, трудоемкость и др. показатели, зависящие от условий производства;

ремонтпригодность, условия смазывания, устранение эрозии контактных площадок и коррозии.

Эти свойства реализуются через материалы.

В процессе технико-экономического анализа разрабатываемое устройство или его детали сравнивают с базовым. За базу сравнения принимают конструкцию, технологический процесс или материал, наиболее близкие к разрабатываемым по назначению, содержанию или структуре. Лучшим вариантом является такой, при котором наиболее высокие по сравнению с базовым вариантом эксплуатационные параметры устройства достигаются при наименьших затратах на производство. Если такой вариант недостижим, изучают альтернативные варианты. Их сущность в том чтобы определить, целесообразно ли стремиться к достижению более высоких по сравнению с базовым вариантом эксплуатационных свойств устройства при прежних затратах или достаточно снизить затраты, оставив эксплуатационные свойства устройства на прежнем уровне.

Опыт массового производства технических устройств свидетельствует, что наиболее эффективный путь снижения стоимости связан с экономией овеществленного труда, т.е. материалов. Далее по значимости следуют физико-технические принципы работы устройства, замена

традиционных материалов более эффективными, выбор ресурсосберегающих технологий и др.

Стратегия анализа этого блока факторов показана на рис. 3. Последовательность логических операций, приводящих к выбору материала в соответствии с такой стратегией, определяется конкретными условиями – свойствами устройства, условиями производства, общественной необходимостью и т.д. Объективность анализа рассматриваемого блока факторов в значительной мере зависит от совершенства информационной системы для характеристик свойств и экономических показателей использования материалов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие данные о материалах понадобились бы Вам для того, чтобы на основании технического задания на проектирование устройства определить группу необходимых для его изготовления материалов?

2. На каком этапе проектирования устройства определяют нормы расхода материалов?

3. Приведите примеры, когда замена материала приводит к изменению конструкции и принципа действия изделия из него?

4. Какой из двух материалов принять за базу сравнения при замене материала в устройстве: лучший, применяемый в отрасли, или закупленный по лицензии материал аналогичного назначения, который в составе устройства не использовался?

5. Приведите примеры устройств одинакового назначения, для изготовления которых требуются разные затраты общественного труда?

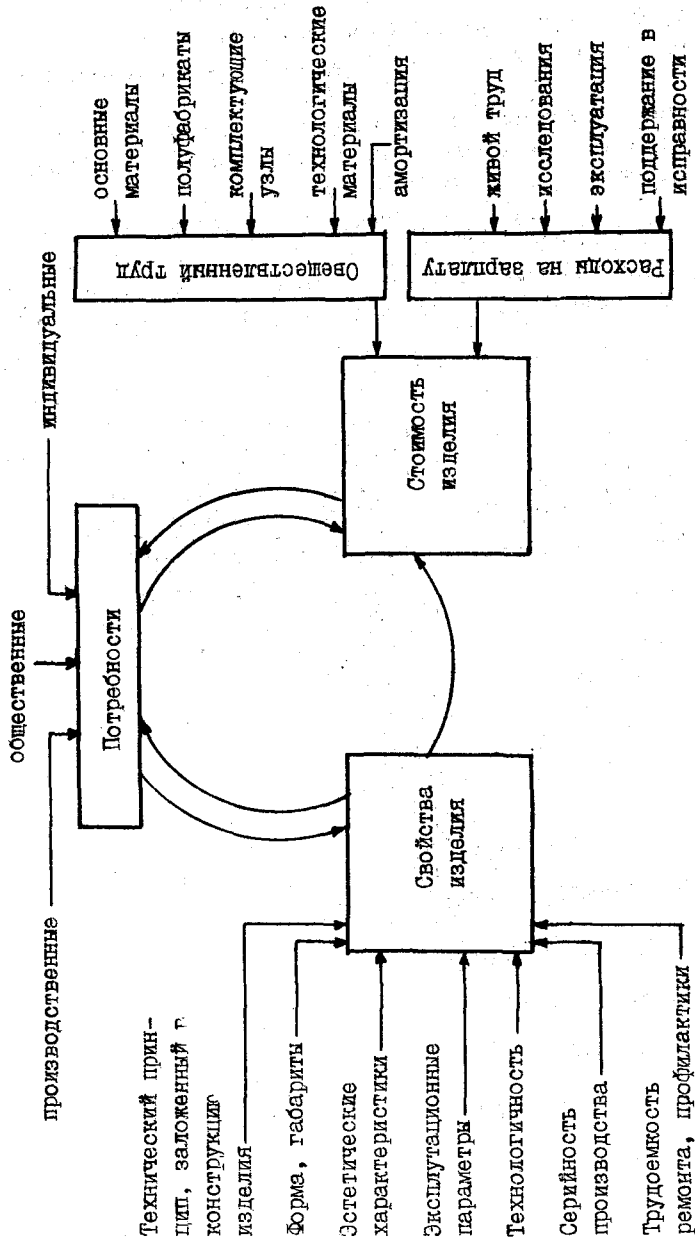
6. В каких случаях снижение материалоемкости изделия может привести к увеличению его стоимости?

7. Предложите безотходную технологию изготовления какого-либо изделия.

2. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

2.1. Определенные цены на материалы

Критерием общественной целесообразности новой техники является ее экономическая эффективность, характеризующая народнохозяйственные результаты, а также целесообразность производства и применения новых технических устройств. Для оценки результативности производства используют такие понятия, как стоимость, цена, базовый вариант, окупае-

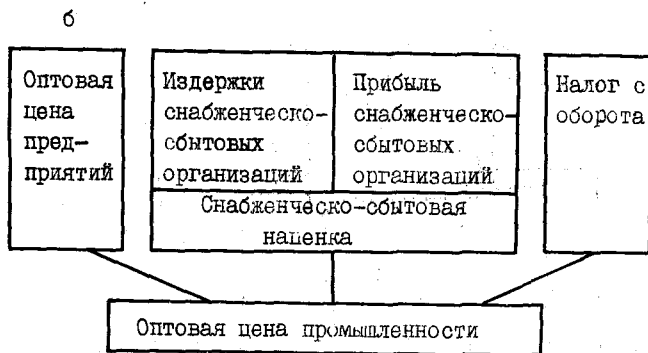
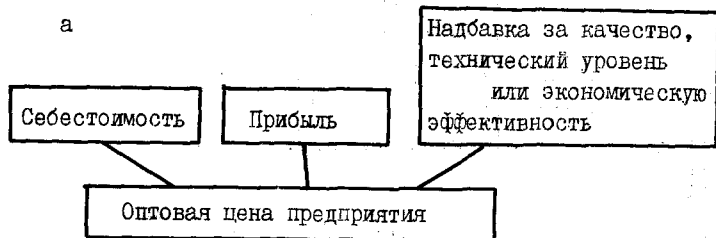


Р и с. 3

мость техники, а также технико-экономические показатели, отражающие величину различных видов затрат на реализацию достоинств новой техники. С позиций материаловедения особое место в этом перечне занимает материалоемкость, характеризующая расход материалов, топлива, энергии и других предметов труда, а также средств труда на производство продукции.

Овеществленный в материале общественный труд составляет стоимость материала. **Цена** - денежное выражение стоимости материала, инструмент воздействия на экономику (приложение).

Оптовая цена - цена, по которой предприятия реализуют свою продукцию. Различают оптовую цену предприятия и оптовую цену промышленности. Структуры оптовых цен предприятия и промышленности показаны соответственно на рис. 4, а и рис. 4, б.



Р и с . 4

Сведения об оптовых ценах приведены в прейскурантах. Об уровне цен на материалы на внешнем рынке можно судить по публикациям в Бюллетене иностранной коммерческой информации.

В связи с истощением природных ресурсов, усложнением технологии добычи и обогащения руд и другого минерального сырья, удорожанием энергии стоимость традиционных технических материалов постоянно растет, что существенно влияет на уровень цен.

2.2. Экономические критерии сравнения материалов

Оценка экономической эффективности материала основана на сопоставлении экономического эффекта от его применения и затрат, сопутствующих получению эффектов. Последние состоят из капитальных и текущих затрат при производстве материалов, переработке их в изделия и эксплуатации.

Под абсолютной экономической эффективностью материала понимают общую величину эффекта от его применения в технике: прирост национального дохода или чистой продукции — части валовой продукции отрасли, соответствующей вновь созданной стоимости. При хозяйственном методе ведения хозяйства — это прирост прибыли или повышение технического уровня основных и оборотных фондов.

Оценка сравнительной экономической эффективности материала дается в следующем виде:

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}; \quad E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (I)$$

где T — срок окупаемости капитальных вложений, т.е. период времени, в течение которого дополнительные капитальные вложения возмещаются за счет экономии от снижения себестоимости продукции; E — коэффициент сравнительной эффективности дополнительных капитальных вложений; C_1 и C_2 — себестоимость продукции по сравниваемым вариантам; K_1 и K_2 — капитальные вложения по сравниваемым вариантам.

Полученные расчетным путем значения T и E сравнивают с нормативными. Нормативный срок окупаемости $T_H = 6,6$ лет. Нормативный коэффициент сравнительной эффективности $E_H = 0,15$ характеризует минимальное снижение себестоимости продукции в результате дополнительных капитальных вложений. При $T < T_H$ или $E > E_H$ дополнительные капитальные вложения считаются эффективными.

Для выбора лучшего из эффективных вариантов используют показатель приведенных затрат. Наиболее эффективным считается вариант с минимальными приведенными затратами

$$C_i + E_H K_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$K_i + T_H C_i \rightarrow \min, \quad (3)$$

где C_i и K_i - соответственно себестоимость и капитальные вложения по варианту i .

При сопоставлении вариантов удобно использовать частичные технико-экономические показатели, которые отражают величины отдельных затрат: материалоемкость, трудоемкость и фондоемкость продукции.

М а т е р и а л о е м к о с т ь - показатель расхода материальных ресурсов на производство продукции. Ее выражают в натуральных единицах расхода сырья, материалов, топлива и энергии, необходимых для изготовления единицы продукции или как часть стоимости материалов в структуре себестоимости продукции. Рассчитывают 3 вида материалоемкости.

О б щ а я м а т е р и а л о е м к о с т ь - суммарная масса всех материалов, расходуемых при изготовлении устройства, которую используют при сравнении одной и той же продукции, выпускаемой разными заводами.

С т р у к т у р н а я м а т е р и а л о е м к о с т ь - сумма масс различных материалов, которые использованы при изготовлении продукции, характеризующая относительный расход каждого из них:

$$M_{стр} = M_{лч} + M_{лс} + M_{лц} + M_{лпс} + M_{лпф} + M_{лпл} + M_d + M_n + \dots$$

где $M_{лч}$, $M_{лс}$, $M_{лц}$ - расход соответственно чугуна, стального и цветного литья; $M_{лпс}$, $M_{лпф}$, $M_{лпл}$ - расход сортового, фасонного и листового проката; M_d и M_n - расход древесины и пластмасс.

Анализ этого показателя полезен при оценке конструкций, так как позволяет определить, какие материалы преобладают в структуре материалоемкости, наметить пути уменьшения их расхода, замены дефицитных материалов, сокращения номенклатуры.

У д е л ь н а я м а т е р и а л о е м к о с т ь - частное от деления общей материалоемкости на характерный для исследуемой продукции параметр (мощность, производительность, чувствительность и т.д.).

Интегральная удельная материалоемкость - произведение двух или трех частных показателей.

Трудоёмкость продукции - экономический показатель, характеризующий затраты рабочего времени на изготовление единицы продукции. Виды трудоёмкости - общая, структурная и удельная - имеют смысл, аналогичный соответствующим видам материалоемкости.

Фондоёмкость - экономический показатель, характеризующий отношение стоимости основных производственных фондов к стоимости продукции, произведенной на предприятии в течение года. К основным фондам относятся здания, машины, оборудование и другие материально-вещественные ценности, действующие в течение длительного времени. Важнейшим резервом повышения эффективности производства является полное использование (увеличение загрузки) основных фондов. От выбора материалов зависят следующие факторы, влияющие на фондоёмкость продукции:

интенсивность загрузки различных видов основных фондов;

стоимость части основных фондов, которые обеспечивают оптимальные санитарно-гигиенические условия труда, предотвращающие производственный травматизм, профзаболевания;

стоимость сооружений, предотвращающих загрязнение окружающей среды отходами производства и другие нарушения экологического равновесия в зоне производства.

2.3. Методика определения эффективности материалов

Решение о целесообразности использования нового материала принимается на основе экономического эффекта, который определяют суммированием в приведенном виде экономии, полученной в сферах изготовления и применения материала:

$$\mathcal{E} = \left[\mathcal{Z}_1 \frac{y_1}{y_2} + \frac{(u'_1 - u'_2) - EN(K'_2 - K'_1)}{y_2} - \mathcal{Z}_2 \right] A_2, \quad (4)$$

где \mathcal{E} - годовой экономический эффект, руб.; \mathcal{Z}_1 и \mathcal{Z}_2 - приведенные затраты единицы соответственно базового и нового материалов, руб.; y_1 и y_2 - удельные расходы базового и нового материалов в расчете на единицу продукции (работы), выпускаемой потребите-

лем, в натуральных единицах; U_1 и U_2 - затраты на единицу продукции (работы), выпускаемой потребителем, при использовании базового и нового материалов без учета их стоимости, руб.; K_1 и K_2 - сопутствующие капитальные вложения потребителя (капитальные вложения без учета стоимости рассматриваемых материалов) при использовании им базового и нового материалов в расчете на единицу продукции (работы), производимой с применением нового материала, руб.; $E_H = 0,15$ - нормативный коэффициент эффективности, A_2 - годовой объем производства нового материала в расчетном году в натуральных единицах.

Использование нового материала часто приводит к изменению конструкции средств труда (приборов, устройств, машин и т.д.) и усовершенствованию технологического процесса их изготовления, что обуславливает повышение производительности и ресурса, уменьшение издержек при эксплуатации средств труда. Суммарный экономический эффект от этих мероприятий рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E} = \left[Z_1 \frac{B_2}{B_1} \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{(U_1 - U_2) - E_H(K_2 - K_1)}{P_2 + E_H} - Z_2 \right] A_2, \quad (5)$$

где B_2/B_1 - коэффициент учета роста производительности единицы нового средства труда по сравнению с базовым; B_1 и B_2 - годовые объемы продукции (работы), производимой при использовании единицы базового и нового средства труда, в натуральных единицах; $\frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H}$ - коэффициент учета изменения срока службы нового средства труда по сравнению с базовым; P_1 и P_2 - доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) базового и нового средства труда $\frac{(U_1 - U_2) - E_H(K_2 - K_1)}{P_2 + E_H}$ - экономия потребителя на текущих издержках эксплуатации и отчислениях от сопутствующих капитальных вложений за весь срок службы нового средства труда по сравнению с базовым, руб.

Долю экономического эффекта, приходящуюся на материал, определяют экспертным путем.

Эффективность замены материала, а также улучшение использования материала, приводящие к экономии ресурсов только в сфере производства без изменения эксплуатационных характеристик новой технической продукции, оценивают по разности приведенных затрат.

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) A_2, \quad (6)$$

Таким образом, учитывают экономический эффект, образовавшийся вследствие улучшения санитарно-гигиенических условий труда, снижения вероятности профессиональных заболеваний и травматизма.

Социальную эффективность замены материала, которая приводит к усилению охраны окружающей среды, измеряют отношением натуральных показателей, выражающих социальный результат, к затратам, требуемым для его достижения [17]. При выборе наиболее эффективных вариантов технических решений, выполняющих исключительно средозащитные задачи, и мероприятия многоцелевого назначения, где наряду с задачами охраны окружающей среды решаются другие производственные задачи, определяют приведенные затраты

$$\sum_{t=1}^T \frac{K_H + K_{gt} + C_{ut}}{(1 + E_{\text{нп}})^t} \rightarrow \min, \quad (7)$$

где K_H - первоначальные капитальные вложения в средозащитные мероприятия; K_{gt} - дополнительные капитальные вложения, необходимые для обеспечения нормальной работы средозащитных объектов в t -й год эксплуатации ($t = 1, 2, \dots, T$); C_{ut} - текущие затраты t -года на содержание основных фондов и эксплуатацию; $E_{\text{нп}}$ - нормативный коэффициент приведения разновременных затрат: $E_{\text{нп}} = 0,08$ - для обычных затрат, $E_{\text{нп}} = 0,03$ - для затрат на восстановление лесных насаждений.

Разработаны методы расчета экономического эффекта снижения затрат по изменяющимся статьям в сфере производства [19]. Индексы "1" и "2" в формулах, которые приведены ниже, соответствуют базовому и новому вариантам материалов.

Экономический эффект от замены одного материала другим составляет

$$Э_{\text{н}} = [N_{M1} (C_{M1} + P_{T1}) - N_{M2} (C_{M2} + P_{T2}) - E_{\text{н}} (K_2 - K_1)] A_2, \quad (8)$$

где N_M - расход материала на единицу продукции; C_M - оптовая цена материала без налога с оборота; P_T - транспортно-заготовительные расходы по доставке единицы материала на склад предприятия, руб.

Если замена материала не связана с изменением капитальных вложений, формула (8) приобретает вид

$$\mathcal{E}_M = [N_{M1}(C_{M1} + P_{T1}) - N_{M2}(C_{M2} + P_{T2})] A_2. \quad (9)$$

Экономический эффект от замены покупных материалов материалами собственного производства (или наоборот) рассчитывается путем сопоставления оптовой цены покупных материалов и фабрично-заводской себестоимости изготовления материалов:

$$\mathcal{E} = [(C_0 - P_T) - C_2] A_2, \quad (10)$$

где C_0 - оптовая цена покупного материала без налога с оборота, руб.; C_2 - фабрично-заводская себестоимость изготовления материала, руб.

Экономический эффект от более рационального использования возвратных отходов подсчитывают по разнице в себестоимости основной продукции, при производстве которой образовались отходы, с учетом цен, установленных за реализацию отходов:

$$\mathcal{E}_0 = [N_{M1}(C_{M1} + P_{T1}) - O_{M1}C_{O1} - N_{M2}(C_{M2} + P_{T2}) + O_{M2}C_{O2}] A_2, \quad (11)$$

где O_M - отходы материала на единицу продукции; C_0 - цена единицы отходов, руб.

Улучшение технологических свойств материала или замена его на более технологичный часто приводит к экономии трудовых затрат. В соответствии с трудовыми затратами и качеством труда устанавливается заработная плата рабочих, основными формами которой являются сдельная и повременная системы оплаты. При сдельной оплате сумма заработка определяется количеством изготовленной продукции и квалификацией работника, при повременной - затраченным временем и квалификацией работника. Размер оплаты труда за единицу продукции при сдельной оплате труда называется расценкой:

$$P_3 = C_T K_T T_B = (C_T K_T) / H, \quad (12)$$

где P_3 - расценка; C_T - тарифная часовая ставка рабочего I-го разряда, руб; K_T - тарифный коэффициент, равный отношению ставки рабочего данного разряда к ставке рабочего I-го разряда; T_B - норма времени на изготовление детали или выполнение операции; H - часовая норма выработки, шт.

Экономический эффект от снижения трудозатрат вследствие улучшения технологических свойств материала образуется за счет экономии заработной платы и при сдельной оплате составляет:

$$\mathcal{E}_3 = \left[(P_{31} - P_{32}) \left(1 + \frac{D}{100} \right) \left(1 - \frac{C_c}{100} \right) - E_H (K_2 - K_1) \right] A_2, \quad (13)$$

где D - дополнительная заработная плата, %; C_c - отчисления на социальное страхование, %.

При повременной оплате труда экономический эффект от снижения трудозатрат рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_3 = \sum \Gamma_{\varphi 3} \frac{П_B}{100} \left(1 + \frac{D}{100} \right) \left(1 - \frac{C_c}{100} \right), \quad (14)$$

где $\Gamma_{\varphi 3}$ - годовой фонд зарплаты высвобождаемого работника, руб.;
 $П_B$ - степень высвобождения работника, %.

Применение более технологичного материала может привести к увеличению выпуска товарной продукции или сокращению брака, т.е. к выпуску продукции, не соответствующей стандартам. Экономический эффект от сокращения брака составляет

$$\mathcal{E} = \left(1 - \frac{A_{r1}}{A_{r2}} \right) (C_B - E_H K_1) A_2, \quad (15)$$

где C_B - себестоимость единицы брака продукции, руб.;
 A_r - выход годной продукции, %.

При увеличении выпуска товарной продукции экономический эффект образуется вследствие снижения условно-постоянных расходов на единицу выпускаемой продукции. Условно-постоянные расходы - часть накладных расходов, абсолютная сумма которых относительно слабо связана с изменением объема производства, например, административные и складские расходы, содержание охраны, расходы по изобретательству, технике безопасности и др. Для расчета экономического эффекта от увеличения выпуска товарной продукции используют формулу

$$\mathcal{E}_p = H_p \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right), \quad (16)$$

где H_p - объем условно-постоянных расходов, руб.

Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях на материал устанавливают разные цены?
2. Назовите факторы, обуславливающие несоответствие цены и себестоимости материала.
3. Показатели материалоемкости двух изделий одинакового назначения равны. По каким критериям, связанным с использованием материалов, может быть отдано предпочтение одному изделию перед другим?
4. Как оценить целесообразность применения материала с улучшенными технологическими свойствами, использование которого может привести к загрязнению атмосферы?
5. Приведите примеры, когда уменьшение отходов материалов при производстве изделий приводит к снижению или увеличению себестоимости продукции.

3. ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

3.1. Выбор технологии производства материалов

Экология человека, или социальная экология, изучает закономерности взаимодействия общества и окружающей среды, а также практические проблемы охраны последней.

Воздействуя на природу, человек вначале использовал орудия труда из естественных материалов, затем преобразованную с помощью орудий труда и накопленных знаний энергию, наконец, преобразованную с помощью ЭВМ информацию. Сейчас трудно защитить природу от возросшей деятельности человека, что грозит катастрофой. В современных условиях научно-технической революции человек обязан выполнить в биосфере функции контролирующего и регулирующего звена.

Почва, на которой мы живем, представляет собой композицию из горных пород, органических веществ, микроорганизмов, воды и воздуха. Основным источником загрязнения почв являются отходы промышленных производств, поскольку полезный выход продукта в технологической цепи "сырье-целевой продукт" резко превышает 10%, а чаще составляет всего 1...3%. Это свидетельствует о том, что причина экологического кризиса вовсе не в бурном развитии науки и техники, а в несовершенстве технологий получения и переработки материалов. Почва загрязняется отходами химических производств (производство кислот, щелочей и пестицидов).

нефтеперерабатывающих предприятий, заводов по производству и переработке пластмасс и резины, газовых и коксохимических заводов, предприятий по переработке древесины, текстильных и бумажных фабрик, кожевенных заводов, предприятий по производству смазочных материалов, мощных средств и др.

Масштабы загрязнения воздуха продуктами сжигания топлива характеризуются следующими данными. Все энергетические устройства в мире выбрасывают в атмосферу более 100 млн.т пылевидных веществ, около 150 млн.т сернистого ангидрида, 300 млн.т окиси углерода и более 50 млн.т окиси азота в год, что на порядок превышает те же показатели в начале нынешнего столетия. Это приводит к росту заболеваемости людей.

Предприятия тратят на технологические нужды 10...12% объема пресной воды в ее мировом кругообороте. Еще около 30% воды уходит на разбавление стоков при их обезвреживании. К началу XXI века невосполнимые потери пресной воды могут приблизиться к уровню ее естественного воспроизводства.

Морские воды загрязняются судами и отходами опасных производств. Усилилось "бытовое загрязнение" биосферы из-за роста городов. На одного городского жителя приходится около 0,8 кг твердых отходов (стекло, пластмассы, бумага, металл) и примерно 9 л сточных вод в сутки. Существенно загрязняет биосферу транспорт.

Выход из создавшейся ситуации обеспечивает переход на безотходные технологии, которые обеспечивают получение готового продукта производства либо без отходов, либо с последующей их утилизацией в том же или других видах производства. Для этого нужно, чтобы все предприятия, входящие в территориально-производственный комплекс, были увязаны так, что отходы одних служили бы сырьем для других при обеспечении оптимальной степени утилизации всех материалов, поступающих от горнодобывающей и заготавливающих отраслей.

В действительности можно реализовать малоотходные технологии, обеспечивающие получение готового продукта с малыми или неполностью утилизируемыми отходами. Реализация малоотходных технологий связана с расширением сферы применения вторичного сырья - материалов и изделий, которые после полного первоначального использования (изнашивания) могут применяться повторно в производстве как исходное сырье.

Современным экологическим требованиям отвечает такой подход к созданию материалов и изделий, когда разработчик предлагает одновременно и технологию повторного использования своей продукции после истечения срока ее службы.

Следует учесть, что объем отходов растет, а соответственно растут и расходы на его переработку. Таким образом, малоотходные технологии нельзя считать универсальным средством защиты биосферы от антропогенных загрязнений. Более полному достижению этой цели соответствуют такие меры, как снижение энерго- и материалоемкости продукции, разумное регулирование ее потребления и соответствующее ограничение производства, обеспечение безвредной деструкции неиспользуемых отходов.

3.2. Оценка влияния выбора материалов на экологию

При прогнозировании экологических последствий хозяйственной деятельности человека используют следующие основные понятия.

Экологические объекты (им присваивают номер i в экологической последовательности) - человек ($i = 1$), домашние животные и культурные растения ($i = 2$); промышленные животные и дикорастущие растения ($i = 3$); доминирующие и массовые виды биоценоза - совокупности живых организмов, населяющих данный участок Земли ($i = 4$); малочисленные виды растений и животных, нейтральные в отношении хозяйственной деятельности человека ($i = 5$).

Нормирование "весов" экологических объектов - определение их значимости для хозяйственной деятельности человека. Применяют два способа нормирования: опрос экспертов и математическое моделирование. Инженерная экология признает ведущую роль человека, который имеет "вес" по крайней мере вдвое больший, чем последующие объекты.

Приведенная оценка токсичности (вредности) единичного объекта в экологической системе

$$T_{пр} = T_i \varphi(i), \quad (17)$$

где T_i - оценка уровня токсичности; $\varphi(i)$ - функция "веса" экологического объекта.

Критерий нормализации среды обитания B - отношение характеристик сложившегося и потенциально возможного состояний экологической системы, состоящей из n объектов.

При определении B используют балльные оценки. Минимальное значение $B = 0$ соответствует санитарным условиям для человека и условиям заповедника для остальных экологических объектов. Максимальное значение $B = 1$ - предельно вредной среде обитания.

Коэффициент загрязнения окружающей среды C - совокупность загрязнений от всех потенциально возможных загрязнений, отнесенная к их количеству.

Экологические прогнозирование осуществляются в два этапа. На первом этапе ведут качественное (поисковое) прогнозирование. Его задача - определить типы оборудования и технико-биологические мероприятия, необходимые для оздоровления среды обитания в экологическом районе. По этим данным оценивают перспективы развития регионального промышленного комплекса, объемы научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических работ, а также капитальных вложений.

В зависимости от значений критерия B и сложности технико-биологических средств защиты различают шесть категорий среды обитания: I - практически не вредная для экологических объектов ($B = 0,00-0,09$); II - среда, которую можно сделать безвредной за счет обычной организационной деятельности человека без применения специальных технических средств ($B = 0,1...0,19$); III - среда, достигаемая обычными (ранее освоенными) средствами, такими как фильтры для газа, стандартные устройства для очистки воды и почвы ($B = 0,2-0,49$); IV - среда, достигаемая с помощью специальных технико-биологических средств защиты ($B = 0,5 - 0,79$); V - среда, достигаемая комплексом технико-биологических средств или путем полного изменения технологии производства ($B = 0,8 - 0,97$); VI - среда, безвредность которой достигается только путем ликвидации предприятия - источника загрязнения ($B=0,98-1$).

Второй этап экологического прогнозирования носит название количественного, или инженерного. Выявляют потребность в переработке пылегазовых, жидких и твердых загрязнителей, в оборудовании для очистки воздуха, воды и почвы. Эти данные используют для составления долгосрочных планов природопользования.

Прямые крупномасштабные эксперименты в биосфере проводить невозможно, поэтому единственным средством получения информации о последствиях воздействия человека на природу является математическое моделирование. Наиболее приемлемый и хорошо приспособленный к особенностям экологии метод прогнозирования - экстраполяция. Задача сводится к прогнозированию коэффициента загрязнения в данном режиме как функция времени $C = f(\tau)$. Ее решают с помощью ЭВМ. Затем определяют объем переработки загрязнителей и потребность в технико-биологических средствах переработки.

Развитие процесса загрязнения среды изображают графически в виде двух кривых: одна - изменение во времени коэффициента загрязнения при отсутствии оздоровления среды, вторая - то же в предположе-

нии, что в регионе осуществляются природоохранные мероприятия. Характерный максимум на второй кривой отражает снижение коэффициента загрязнения ϵ , начиная с некоторого времени. Предельный уровень загрязнения определяют по первой кривой. Область между указанными кривыми характеризует эффективность технико-биологических мероприятий.

На основе этих данных прогнозируют потребность в очистном оборудовании и учитывают ее при экономическом обосновании долгосрочных программ и технических проектов оздоровления окружающей среды.

Вопросы для самопроверки

1. Можно ли реализовать безотходные технологии получения материалов?
2. Назовите самые эффективные, на ваш взгляд, меры по защите биосферы от промышленных загрязнений.
3. Целесообразно ли выносить промышленное производство в космос?
4. Каковы принципиальные положения методики экологического прогнозирования?

4. ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Механические свойства

Выбор материалов основан на анализе их свойств, которые характеризуются параметрами. Параметры материалов устанавливаются экспериментально.

Основными показателями механических свойств являются параметры прочности, твердость и триботехнические характеристики. Они не являются "чистыми" константами материалов, существенно зависят от формы, размеров и состояния поверхности образцов, а также от режимов испытаний, воздействия внешних факторов.

Прочность - свойство материалов сопротивляться разрушению, а также необратимому изменению формы под действием внешних нагрузок. Характеризуется пределом прочности - $\sigma = \frac{P}{S_0}$, где P - максимальная прикладываемая сила; S_0 - площадь поперечного сечения образца.

Деформирование - изменение относительного расположения частиц в материале. Характеризуется относительным удлинением $\delta = (l - l_0) / l_0$ где l_0 и l - длина образца исходная и после деформирования.

Динамическая прочность - сопротивление материалов динамическим нагрузкам, т.е. нагрузкам, значение, направление и точка приложения которых быстро изменяется во времени.

Усталость материалов - процесс постепенного накопления повреждений под действием переменных напряжений, приводящий к появлению трещин и других свойств материала.

Твердость - сопротивление материала местному пластическому деформированию, возникающему при внедрении в образец более твердого тела.

Среди триботехнических характеристик следует выделить износостойкость - свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения.

4.2. Электрические и магнитные свойства

Электрическое сопротивление материалов характеризуют удельным электрическим сопротивлением

$$\rho = RS/l, \quad (18)$$

где R - электрическое сопротивление, Ом; S - площадь поперечного сечения образца, m^2 ; l - длина образца, м.

Для металлов

$$\rho_T = \rho_0 (1 + \alpha_p T), \quad (19)$$

где ρ_T и ρ_0 - удельные электрические сопротивления соответственно при температуре T и при $T = 0K$; α_p - температурный коэффициент электрического сопротивления, $1/град$; T - температура. Значения ρ определяют по ГОСТ 7229-76.

Ток в диэлектриках называют током утечки, различая объемный ток I_v , проходящий через объем материала и поверхностный I_s - протекающий по поверхности образцов. Соответственно токами утечки диэлектрики характеризуют объемным удельным электрическим со-

противлением ρ_v (Ом м) и поверхностным ρ_g (Ом). Значения ρ диэлектрических материалов определяют по ГОСТ 6433/71.

Удельная электропроводность γ - величина, обратная удельному электрическому сопротивлению. Для проводников $\gamma = 10^5 \dots 10^8$ (Ом м)⁻¹, для диэлектриков $\gamma = 10^{-16} \dots 10^{-8}$ (Ом м)⁻¹, для полупроводников $\gamma = 10^{-8} \dots 10^5$ (Ом м)⁻¹.

Сверхпроводимость - свойство некоторых веществ (сверхпроводников), состоящее в том, что электрическое сопротивление скачком падает до нуля при охлаждении ниже характерной для данного материала критической температуры.

Поляризация диэлектриков - смещение электрических зарядов в диэлектриках: под действием внешнего электрического поля.

Диэлектрические потери - часть энергии переменного электрического поля, необратимо преобразующейся в теплоту в диэлектрике.

Методы определения диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса угла $tg\delta$ диэлектрических потерь установлены ГОСТ 6433-71 и ГОСТ 22372-77.

Все вещества, помещенные во внешнее магнитное поле, намагничиваются. Характеристикой намагничивания материалов служит намагничённость, равная суммарному магнитному моменту атомов в единичном материале. Намагничённость определяется в виде

$$\bar{J} = \bar{M} / V, \quad (20)$$

где \bar{M} - магнитный момент; V - объём образца.

Величина, характеризующая связь намагничённости с магнитным полем в материале, называется **магнитной восприимчивостью** и определяется как

$$\chi = J / H, \quad (21)$$

где H - напряжённость магнитного поля, А/м.

Напряжённость магнитного поля, в котором ферромагнитный образец, первоначально намагничённый до насыщения, размагничивается, называют **коэрцитивным полем** или **коэрцитивной силой H_c** .

Основной характеристикой магнитного поля является **магнитная индукция $B(T_A)$** - среднее результирующее магнитное поле в веществе:

$$\bar{B} = \mu_0 \mu \bar{H}, \quad (22)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнитная постоянная; μ - магнитная проницаемость, характеризующая интенсивность роста магнитной индукции при увеличении напряженности магнитного поля.

при намагничивании ферромагнетиков в изменяющемся магнитном поле обнаруживается гистерезисная зависимость J от H .

4.3. Технологические свойства

Технологические свойства материалов характеризуют податливость материалов технологическим воздействиям при переработке в изделия. Основными технологическими характеристиками материалов являются обрабатываемость резанием и давлением, литейные параметры, свариваемость, склонность к деформации и короблению при тепловой обработке и др.

Обрабатываемость резанием характеризуют следующими показателями: качеством обработки материалов - шероховатостью обработанной поверхности и точностью размеров образца, стойкостью инструмента, сопротивлением резанию - скоростью и силой резания, видом стружкообразования.

Обрабатываемость давлением определяют в процессе испытаний (проб) материалов на пластичность. Например, технологические испытания металлов на изгиб ГОСТ 14019-80 проводят, изгибая образцы до заданного угла. Листы и ленты испытывают на выдавливание (метод Эриксона, по ГОСТ 10510-80) с помощью специального пресса.

Обрабатываемость давлением порошковых материалов характеризует их текучесть, уплотняемость и формуемость. Метод определения текучести по ГОСТ 20899-75 основан на регистрации времени истечения навески порошка в процессе его самопроизвольного просыпания через калиброванное отверстие воронки. Методы определения уплотняемости и формуемости порошковых материалов установлены ГОСТ 25280-82.

Литейные характеристики материалов - совокупность технологических показателей, характеризующих формирование отливок путем заливки расплавленных материалов в литейную форму. Мидкотекучесть - свойство расплавленного материала заполнять литейную форму, зависит от вязкости расплава, температуры расплава и формы, степени смачивания расплавом стенок формы и т.д. Ее оценивают по величине длины заполнения расплавом канала в специальной литейной форме. Усадка литейная - уменьшение объема расплава при переходе из жидкого состояния в твердое.

Свариваемость - свойство материала образовывать сварное соединение, работоспособность которого соответствует качеству основного материала, подвергнутого сварке. Установлены правила определения следующих показателей свариваемости металлов: механические свойства сварных соединений (ГОСТ 6996-66), допускаемые режимы дуговой сварки и наплавки (ГОСТ 13585-68), качество сварных соединений (ГОСТ 3242-79) и сварных швов (ГОСТ 7512-82), длительная прочность сварных соединений (ГОСТ Ю145-81).

Вопросы для самопроверки

1. Испытаниям на растяжение подвергают два одинаковых образца из одного и того же материала, отличающихся состоянием поверхности: у одного она гладкая, у другого - шероховатая. Какой из них прочнее?
2. Ряд деталей полупроводникового устройства выполнен из диэлектрика. Повлияет ли его электрическая поляризация на работоспособность устройства?
3. Можно ли изготовить постоянные магниты из диэлектриков? полупроводников? проводников?
4. Работоспособность каких деталей и узлов машин в наибольшей мере зависит от тепловых характеристик материалов?
5. С помощью каких характеристик можно оценить коррозионное повреждение материалов?
6. Как Вы будете доказывать технологичность своей конструкции?

5. ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИЙ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

5.1. Конструкционные стали

Конструкционные стали подразделяются на углеродистые и легированные. Углеродистые стали можно подразделить на стали общего назначения (ГОСТ 380-88), качественные углеродистые стали (ГОСТ Ю50-88) и стали специального назначения.

Стали общего назначения обозначаются буквами Ст. Цифры после обозначения означают порядковый номер стали. Такие стали применяются для изготовления малонагруженных деталей, несложных приспособлений.

Качественные углеродистые стали позволяют обеспечить вязкую сердцевину и высокую поверхностную твердость, поэтому используются для ответственных деталей. Перед обозначением рекомендуется писать слово "сталь". Цифры после обозначения означают среднее содержание в них углерода.

К углеродистым специальным сталям можно отнести стали повышенной и высокой обрабатываемости резанием (ГОСТ 1414-75), углеродистые пружинно-рессорные стали (ГОСТ 14959-79), нелигированные углеродистые стали для отливок (ГОСТ 977-88).

Легированные (ГОСТ 4543-71) и низколегированные (ГОСТ 19282-73) стали используют в том случае, когда нужно уменьшить массу и сечение деталей, обеспечивая их прежние или более высокие механические качества. Обладают повышенной коррозионной стойкостью. В обозначениях марок легированных сталей цифра слева указывает среднее содержание в данной стали углерода в сотых долях процента; последующие буквы и цифры, расположенные правее букв, свидетельствуют о наличии и примерном содержании в данной стали (в процентах) легирующих компонентов. Пример маркировки: сталь 12ХНЗА.

5.2. Цветные металлы и сплавы

Особенно большое распространение при изготовлении конструкций РЭА имеют алюминиевые сплавы литейные и деформируемые (ГОСТ 4784-74). Деформируемыми называются такие алюминиевые (или магниевые) сплавы, полуфабрикаты из которых (листы, прутки, профильный прокат, штамповки) могут изготавливаться обработкой давлением. Для нагруженных деталей, работающих в условиях сильного нагрева используются сплавы алюминий - кремний (марки АЛ2, АЛ4, АЛ9, АК9), для корпусов, крышек, арматуры, ненагруженных трубок используют сплавы алюминий - кремний - медь (марки АЛ3, АЛ5, АЛ6, АК5М2 и др.), для декоративных деталей сплавы алюминий - магний (марки АЛ8, АЛ13, АЛ27 и др.).

Магниевые сплавы по своим механическим качествам, как правило, уступают алюминиевым, зато отличаются технологичностью, обладают хорошими литейными свойствами. Магниевые сплавы маркируются буквами МЛ. Химический состав литейных и деформируемых магниевых сплавов определен соответственно ГОСТ 2856-79 и ГОСТ 14957-76.

Для изготовления литьем очень сложных деталей используются цинковые сплавы (ГОСТ 25140-82). Недостаток цинковых сплавов - низкая ремонтпригодность; при поломках соответствующие детали практически не подлежат пайке или сварке.

Чистая медь используется в основном в проводах. В конструкциях применяют медно-цинковые сплавы (латуни), оловянистые и безоловянистые бронзы. Латунии подразделяются на литейные (ГОСТ 17711-80) и деформируемые (ГОСТ 15527-70). При практическом использовании следует иметь в виду, что повышение процентного содержания меди в составе латуни улучшает пластичность, теплопроводность, электропроводность и коррозионную стойкость последней. Относительное повышение содержания цинка улучшает обрабатываемость латуни резанием, прирабатываемость, повышает износостойкость, снижает себестоимость. Включение в состав латуни свинца увеличивает ее антифрикционные свойства. Наличие олова, марганца, кремния, железа повышает ее прочность и способствует улучшению антикоррозионных свойств. Ремонт латунных деталей обычно производят пайкой.

Среди бронз наиболее часто используется оловянистые (ГОСТ 613-79, литейные и ГОСТ 5017-74, обрабатываемые давлением). Они характеризуются достаточной прочностью, высокими антифрикционными качествами, коррозионной стойкостью, хорошей теплопроводностью. Деформируемые оловянистые бронзы отличаются, кроме того, хорошими упругими свойствами, что позволяет использовать их для изготовления токопроводящих пружин. Повышение содержания олова в оловянистых бронзах (ГОСТ 5017-74) увеличивает их прочность и твердость, но уменьшает пластичность и ударную вязкость.

5.3. Припой

Широко используются оловянно-свинцовые припои (ГОСТ 21930-76), медно-цинковые (ГОСТ 23137-78) и серебряные (ГОСТ 19738-74) припои.

Среди оловянно-свинцовых припоев нашли применение следующие:

ПОС 90 - для лужения и пайки пищевой посуды и медицинской аппаратуры
ПОС 61 - для лужения и пайки электро- и радиоаппаратуры; ПОС 10 - для лужения пайки контактных поверхностей электрических приборов, реле;
ПОС6М - для лужения и пайки медной проволоки; ПОСК50-18 - для пайки деталей, чувствительных к перегреву; ПОССу61-05 - для лужения и пайки обмоток электрических машин; ПОССу40-0,5 - для пайки белой жести; ПОССу35 - для лужения и пайки свинцовых деталей; ПОССу18-05 - для лужения и пайки электроламп; ПОССу-5-1 - для лужения и пайки деталей, работающих при повышенных температурах.

Среди медно-цинковых припоев используются следующие: медноцинковый 36 (ПМЦ36) - для пайки латуни, содержащей до 68% меди; медно-цин-

Б у р о в В.Н. Измерительные приборы для исследования свойств материалов РЭА. Приборы общего назначения: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т; Куйбышев, 1982. 30 с.

Б у р о в В.Н. Элементы научных исследований в лабораторном практикуме: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т; Куйбышев, 1983. 34 с.

Б у р о в В.Н. Исследование характеристик проводящих конструкционных материалов РЭА методом вихревых токов: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т; Куйбышев, 1984. 17 с.

Б у р о в В.Н. Исследование изоляционных свойств диэлектрических электромонтажных материалов: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т; Куйбышев, 1984. 19 с.

Б у р о в В.Н. Характеристики магнитомягких ферромагнитных материалов и ферритов: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т; Куйбышев, 1986. 24 с.

Б у р о в В.Н. Исследование полупроводниковых материалов: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т; Куйбышев, 1988. 16 с.

Б у р о в В.Н. Исследование материалов элементов непроволочных резисторов: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т; Куйбышев, 1988. 20 с.

Б у р о в В.Н. Диэлектрики в измерительно-преобразовательной технике: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т; Куйбышев, 1989. 28 с.

Б у р о в В.Н. Методы контроля качества материалов и изделий: Метод. указания /Куйбышев. авиац.ин-т. Самара, 1991. 31 с.

Трение, изнашивание и смазка: Справочник: В 2 т./Под ред. М.В. Кр е г е л ь с к о г о и В.В. А л и с и н а. М.: Машиностроение, 1978. Т. I. 400 с.

Справочник по электротехническим материалам: В 3 т./Под ред. Ю.В. К о р и ц к о г о, В.В. П а с ы н к о в а, Б.М. Т а р е е в а. Ленинград: Энергоатомиздат, 1988. Т. 3. 728 с.

Материалы будущего: Пер. с нем. /Под ред. А.Н. Е й м а н а, Л.: Химия, 1985. 240 с.

Советский энциклопедический словарь /Гл. ред. А.М. П р о х о р о в М.: Сов. энцикл., 1984. 1600 с.

Справочник по ценообразованию /Под ред. Н.Т. Г л у ш к о в а. М.: Экономика, 1985. 400 с.

Эффективность капитальных вложений: Сборник утвержденных методик. М.: Экономика, 1983. 128 с.

Методика (основные положения) экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений /ВИНИТИ. М., 1977. 54 с.

ковый 48 (ПМЦ48) - для пайки медных сплавов, содержащих меди свыше 68%; медно-цинковый 54 (ПМЦ54) - для пайки меди, бронзы и стали.

Среди серебряных припоев используются: ПСр2,5; ПСр10; ПСр40 - для лужения и пайки меди, медных и медно-никелевых сплавов, никеля, кобальта, латуни, бронзы; ПСр72 - для пайки железоникелевого сплава с посеребренными деталями из стали; ПСр62, ПСр40 - для пайки стали с медью, никелем, медными и медно-никелевыми сплавами; ПСр72, ПСр62 - пайка меди с никелированным вольфрамом; ПСрМ068-27,5, ПСр70 - пайка титана и титановых сплавов с нержавеющей сталью; ПСр37,5 - пайка меди и медных сплавов с жаропрочными сплавами и нержавеющей сталью; ПСр40 - пайка меди и латуни с кобальтом, никелем, с нержавеющей сталью; ПСр40 - пайка меди и латуни с кобальтом, никелем, с нержавеющей сталью и жаропрочными сплавами, пайка свинцово-оловянистых бронз; ПСр010-90, ПСр2 - пайка и лужение меди, никеля, медных и медно-никелевых сплавов с посеребренной керамикой, пайка посеребренных деталей; ПСр3, ПСр2 - пайка меди и никеля со стеклоэмалью и керамикой; ПСр72, ПСр15 - самоблосующиеся припои для пайки меди с бронзой, меди с медью, бронзы с бронзой; ПСр1 - пайка и лужение серебряных деталей.

Для пайки деталей из алюминиевых сплавов используются алюминиево-медные припои состава: медь 27-29%, кремний 5,5-6,6%, алюминий - остальное или силумин состава: кремний 10-13%, медь не более 0,8%, цинк не более 0,3%, алюминий - остальное.

Вопросы для самопроверки

1. Какие материалы следует выбирать для изготовления несущих элементов конструкций?
2. Можно ли для радиатора транзисторов использовать магниевые сплавы?
3. Как подобрать материал для заклепки?
4. Целесообразно ли припоем ПСр40 лудить медные провода?

Библиографический список

П а с ы н к о в В.В. Материалы электронной техники. М.: Высш. шк., 1986. 306 с.

Б у р о в В.Н. Измерительные приборы для исследования свойств материалов РЭА. Универсальные приборы: Метод. указания / Куйбышев. авиацион.-т. Куйбышев, 1982. 34 с.

Методическое пособие для расчета экономического эффекта использования изобретений и рационализаторских предложений /ВНИИТИ, М., 1985. 104 с.

Г о р к у н о в Д.Н. Триботехника. М.:Машиностроение, 1985. 424 с.

Ч у м а к Н.Г. Материалы и технология машиностроения. М.:Машиностроение, 1985. 256 с.

Физический энциклопедический словарь /Гл.ред. А.М. П р о х о р о в М.:Сов.энцикл., 1984. 944 с.

Материалы для производства изделий электронной техники: Учеб. пособие /Г.Н. К а д ы к о в а, Г.С. Ф о н а р е в, В.Д. Х в о с т и к о в а и др. М.:Выш.шк., 1987. 247 с.

Н и к у л и н Н.В. Справочник молодого электрика по электротехническим материалам и изделиям. М.:Выш.шк., 1982. 188 с.

Материалы микроэлектронной техники: Учеб. пособие /В.М. А н д р е е в и др. М.:Радио и связь, 1989. 352 с.

Марки и стоимость материалов

Номер стандарта	Наименование и марка материала	Стоимость в рублях тонны в ценах 1990 г.
ГОСТ 380-88	Сталь углеродистая, обыкновенного качества Ст0, Ст1, Ст3, Ст4, БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, Ст5, Ст6, БСт5, БСт6, БСт5	95,4
ГОСТ 613-79	Бронзы оловянные, литейные, все марки	1500
ГОСТ 493-79	Бронзы безоловянные, все марки	1500
ГОСТ 21427.1-83	Сталь электротехническая тонколистовая, все марки	250
ГОСТ 859-78	Медь, все марки	1000
ГОСТ 860-75	Олово, все марки	10300
ГОСТ 977-88	Отливки из конструкционной не- легированной стали 15Л, 20Л, 25Л	420
ГОСТ 1020-77Е	Латуни литейные в чушках. Технические условия	800
ГОСТ 14959-79	Сталь углеродистая, качест- венная, конструкционная 05КП, 08КП, 0,8; ЮКП, Ю, 15КП, 15, 20КП, 20, 25, 15Г, 20Г, 25Г, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 30Г, 35Г, 40Г, 45, 50Г, 60Г, 60, 65, 70, 75, 80, 65Г, 70Г	110
ГОСТ 1412-85	Серый чугун, все марки	110
ГОСТ 1414-75	Сталь конструкционная, авто- матная А12, А20	90
ГОСТ 529-78	Трубки радиаторные с толщиной стенки 0,1 мм - ДТ96	300
ГОСТ 2856-79	Сплавы магниевые, литейные, все марки	1800
ГОСТ 3822-79	Проволока биметаллическая, сталемедная БСМ1, БСМ2	1800
ГОСТ 3836-83	Сталь низкоуглеродистая элек- тротехническая тонколистовая, все марки	930
ГОСТ 3920-70	Проволока стальная луженая ка- бельная	250
ГОСТ 4543-71	Сталь легированная конструкцион- ная, все марки	100
ГОСТ 4784-74	Сплавы алюминиевые деформируе- мые, все марки	125
ГОСТ 4784-74	Сплавы алюминиевые деформируе- мые, все марки	800

Номер стандарта	Наименование и марка материала	Стоимость в рублях тонны в ценах 1990 г.
ГОСТ 5017-74	Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением, все марки	2600
ГОСТ 5950-73	Сталь инструментальная, легированная, все марки	340
ГОСТ 19265-73	Сталь инструментальная быстрорежущая, все марки	2510
ГОСТ 6836-80	Серебро и серебряные сплавы, все марки	204 за I кг
ГОСТ 9389-75	Проволока углеродистая пружинная КТ-2, 3К7	200
ГОСТ 9850-72	Проволока стальная оцинкованная для сердечников магнитопроводов	100
ГОСТ 21427.1-83	Лента холоднокатанная рулонная из электротехнической стали, все марки	250
ГОСТ 10160-75	Сплавы железоникелевые с высокой магнитной проницаемостью, все марки	250
ГОСТ 10702-78	Сталь для холодной высадки ЮЖ1, 25, 30, 35, 40, 45, 15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 38ХА, 20Г2, 40ХН, 15ХФ, 20ХФ, 30ХМА	83 110 125
ГОСТ 11036-75	Сталь электротехническая сортовая низкоуглеродистая, все марки	250
ГОСТ 11069-74	Алюминий, все марки	800
ГОСТ 13843-78	Катанка алюминиевая	800
ГОСТ 14918-80	Сталь тонколистовая оцинкованная	200
ГОСТ 14963-78	Сталь легированная пружинная 50ХФА	200
ГОСТ 15527-70	Латунь, обрабатываемая давлением, все марки	845
ГОСТ 5-78	Текстолит, все марки	4100
ГОСТ 111-78	Стекло оконное листовое	0,55 за I м ²
ГОСТ 102-75	Фанера березовая	1121 за I м ³
ГОСТ 21000-81	Целлулоид технический прозрачный, все марки	2500
ГОСТ 624-70	Доски мраморные электротехнические, все марки	7,80 за I м ²
ГОСТ 5689-79	Прессматериалы фенольные с волокнистым наполнителем	360

Номер стандарта	Наименование и марка материала	'Стоимость в рублях тонны в ценах 1990г.
ГОСТ 5727-88	Стекло безопасное "Сталинит"	34 за 10 м ²
ГОСТ 6467-79	Шнур резиновый	1030
ГОСТ 6904-83	Пряжа хлопчатобумажная	3390
ГОСТ 7338-77	Резина техническая, все марки	800
ГОСТ 7730-89	Целлофан, все марки	2200
ГОСТ 7478-75	Графит элементный, все марки	170
ГОСТ 9347-74	Картон прокладочный, все марки	330
ГОСТ 9359-80	Аминопласты / (прессованные массы)	600
ГОСТ 20282-86	Полистирол, все марки	550
ГОСТ 9590-76	Бумажно-слоистый пластик	86 0
ГОСТ 9639-71	Винипласт листовой, все марки	800
ГОСТ 9784-75	Стекло органическое светотехническое, все марки	1400
ГОСТ 10007-80	Фторопласт-4, все марки	30000
ГОСТ 20437-75	Прессовочный материал АГ-4	36 0
ГОСТ 10292-74	Стеклотекстолит конструкционный, все марки	3500
ГОСТ 10316-78	Гетинакс, все марки; стеклотекстолит, все марки	1200
ГОСТ 10354-82	Пленка полиэтиленовая, все марки	650
ГОСТ 1779-83	Асбестовые нити и шнуры	3130
ГОСТ 16745-83	Бумага конденсаторная, все марки	2710
ГОСТ 1933-73	Картон калиброванный	232
ГОСТ 2198-76	Полотно асбестовое армированное	4750 за 1000 м ²
ГОСТ 2646-71	Бруски хвойных пород, все марки	360 за 1 м ³
ГОСТ 2718-74	Гетинакс электротехнический, все марки	1200
ГОСТ 2748-77	Эбонит листовой, электротехнический, все марки	1230
ГОСТ 2910-74	Текстолит электротехнический, листовой, все марки	4100
ГОСТ 3441-88	Бумага электроизоляционная, все марки	320
ГОСТ 3514-76	Стекло оптическое, все марки	14000
ГОСТ 3553-87	Бумага телефонная, все марки	308
ГОСТ 4194-88	Картон электроизоляционный, все марки	595

Номер стандарта	Наименование и марка материала	Стоимость в рублях тонны в ценах 1990 г.
ГОСТ 4268-75	Микалента, все марки	
ГОСТ 5385-74	Стержни электротехнические	5000
ГОСТ 5689-79	Прессматериалы фенольные с порошковым наполнителем	45
ГОСТ 12785-87	Бумага для электротехнических конденсаторов, все марки	1144
ГОСТ 12855-77	Резина листовая для трансформаторов	1170
ГОСТ 12998-85	Пленка полистирольная, все марки	1500
ГОСТ 13744-87	Фторопласт-3	11000
ГОСТ 13913-78	Пластики древесные, все марки	860
ГОСТ 14039-78	Поливинилхлорид эмульсионный, все марки	550

П р и м е ч а н и е: в 1991 г. ожидается повышение цен в 2-3 раза.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. Анализ факторов, влияющих на выбор материала.....	5
1.1. Требования к разрабатываемому устройству.....	5
1.2. Технологические факторы.....	7
1.3. Стоимость и эксплуатационные свойства устройства.....	9
Вопросы для самопроверки.....	10
2. Оценка экономической эффективности материалов.....	10
2.1. Определение цены на материалы.....	10
2.2. Экономические критерии сравнения материалов..	13
2.3. Методика определения эффективности материалов..	15
Вопросы для самопроверки.....	20
3. Оценка последствий выбора материалов на окружающую среду.....	20
3.1. Выбор технологии производства материалов.....	21
3.2. Оценка влияния выбора материалов на экологию..	22
Вопросы для самопроверки.....	24
4. Оценка основных свойств материалов.....	24
4.1. Механические свойства.....	24
4.2. Электрические и магнитные свойства.....	25
4.3. Технологические свойства.....	27
Вопросы для самопроверки.....	28
5. Выбор материалов конструкций широкого применения..	28
5.1. Конструкционные стали.....	28
5.2. Цветные металлы и сплавы.....	29
5.3. Припой.....	30
Вопросы для самопроверки.....	31
Библиографический список	34
Приложение	37

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Составитель Б у р о в Виктор Николаевич

Редактор В.Д.А н т о н о в а

Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к

Корректор Л.Я.Ч е г о д а е в а

Подписано в печать 9.09.91. Формат 60x84^I/16.

Бумага оберточная. Печать оперативная. Усл.печ.л. 2,3.

Усл.кр.-отт. 2,4. Уч.-изд.л. 2,4. Тираж 500 экз.

Заказ 3841 бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип.им.В.П.Мяги Самарского полиграфического
объединения. 443099 Самара, ул.Венцека, 60.