

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронно-вычислительных средств

И.М. Русак, В.П. Луговский

***КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭВС И ОСНОВЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ***

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

для студентов специальности
«Электронные вычислительные средства»
дневной формы обучения

Минск 2004

УДК 004.3+621.31(075.8)
ББК 32.973.26-02+31.2 я 73
Р 88

Русак И.М.

Р 88 **Конструирование ЭВС и основы энергосбережения: Лаб. практикум для студ. спец. «Электронные вычислительные средства» дневной формы обуч./ И.М.Русак, В.П.Луговский. – Мн.: БГУИР, 2004. - 24 с.: ил. ISBN 985-444-600-X**

Данный практикум включает лабораторную работу, целью которой являются оценка и анализ уровня основных показателей качества конструкции электронных вычислительных средств.

**УДК 004.3+621.31(075.8)
ББК 32.973.26-02+31.2 я 73**

ISBN 985-444-600-X

© Русак И.М., Луговский В.П., 2004
© БГУИР, 2004

Лабораторная работа

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ УРОВНЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Цель работы: изучение методик определения основных показателей и уровня качества различных конструкций электронных вычислительных средств (ЭВС).

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ГРУППЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Расширение функциональных задач, решаемых современными электронными вычислительными средствами, ужесточение режимов и условий их работы, конструктивная сложность и другие факторы обуславливают повышенные требования к качеству конструкций ЭВС. Конструкции ЭВС (детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты), являющиеся изделиями, обладают определенным набором свойств.

Свойство изделия – это его объективная особенность, проявляющаяся при создании, эксплуатации изделия. К свойствам можно отнести, например, точность, стабильность, экономичность, надежность работы изделия и т.п.

Электронные вычислительные средства имеют множество различных свойств, которые могут проявляться при их разработке, производстве, испытаниях, хранении, транспортировании, техническом обслуживании, ремонте и использовании. Свойства изделий можно разделить на простые и сложные. Примером сложного свойства является надежность изделия, обусловленная такими относительно простыми его свойствами, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Деление свойств на технические, экономические и т.п. не всегда является правомерным (однозначным), так как одно и то же свойство продукции может быть для различных целей (в разных случаях) охарактеризовано или техническим, или экономическим показателем. Например, свойство ремонтпригодности можно охарактеризовать как вероятностью выполнения ремонта в заданное время (технический показатель), так и средней стоимостью ремонта (экономический показатель).

Совокупность различных свойств изделия, обуславливающих его пригодность к удовлетворению определенных потребностей в соответствии с его назначением, называется качеством [1].

Для оценки качества ЭВС используются показатели качества, под которыми понимают количественные характеристики одного или нескольких свойств ЭВС, рассматриваемые применительно к определенным условиям их создания и эксплуатации.

Качество изделия не является результатом только производственного процесса, оно формируется на всех этапах создания и эксплуатации изделия, в том числе при проектировании.

Так как качество рассматривается как степень соответствия свойств изделия требованиям потребителя, то оно определяется на всех этапах, где учитываются нужды потребителя, определяются и реализуются свойства продукции.

В настоящее время показатели качества для ЭВА ГОСТ рекомендует классифицировать по следующим десяти группам:

1 Показатели назначения, показывающие полезный эффект от использования изделия по назначению и область его применения. К ним относятся показатели, используемые для классификации ЭВС по назначению, а также характеризующие конструкцию изделия, его техническое совершенство, состав, структуру и т.д.

Для ЭВС такими показателями будут, например, производительность, потребляемая мощность, объем памяти и т. д.

2 Показатели надежности и долговечности, которые характеризуют безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность изделия. К ним можно отнести, например, вероятность безотказной работы, наработку на отказ, ресурс, срок гарантии, время восстановления и т. д.

3 Показатели технологичности, характеризующие эффективность конструктивно-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонте ЭВС.

4 Эргономические показатели, характеризующие систему «человек – ЭВС - среда». Для многих электронно-вычислительных изделий такие показатели могут быть одними из основных.

Эргономические показатели можно подразделить таким образом:

а) гигиенические показатели – уровни освещенности, температуры, влажности, давления, напряженности магнитного и электрического полей, запыленности, излучения, токсичности, шума, вибрации и перегрузок и т.п.;

б) антропометрические – соответствие конструкции изделия размерам тела человека и его отдельных частей, форме тела человека и его отдельных частей, распределению веса человека и т.п.;

в) физиологические и психофизиологические – соответствие конструкции изделия силовым возможностям человека, скоростным возможностям, зрительным, психофизиологическим, слуховым и осязательным;

г) психологические показатели – соответствие изделия возможностям восприятия и переработки информации, закрепленным и вновь формируемым навыкам человека при пользовании изделием.

5 Эстетические показатели, характеризующие художественность, выразительность и оригинальность формы ЭВС, гармоничность и целостность ее конструкции, соответствие формы и конструкции ЭВС стилю, цветовое и декоративное решение ЭВС. Должен соблюдаться закон дизайна: единство функционального, конструктивного и эстетического. Когда речь идет о создании конструкции с максимальной эффективностью, совершенным техническим ре-

шением, то должна быть совершенна и ее форма. Некрасивая, несовершенная форма конструкции ЭВС будет препятствовать субъективному контакту с работающим на ней человеком, а значит, не позволит получить необходимый эксплуатационный эффект.

Обратим лишь внимание на то, что художественная форма в целом – пропорции, масштабы, ритм, понимание гармонии и красоты – имеет временной характер и это необходимо учитывать, определяя эстетические показатели качества ЭВС.

6 Показатели стандартизации и унификации характеризуют степень использования в конкретной разработке ЭВС стандартизованных деталей, узлов и блоков и уровень унификации составных частей ЭВС. Для его оценки применяют ряд показателей, среди них коэффициент унификации (K_y), коэффициент повторяемости ($K_{повт}$) и коэффициент применяемости ($K_{пр}$).

Коэффициент унификации рассчитывается по следующему выражению:

$$K_y = \frac{\sum \partial_n + \sum \partial_3 + \sum \partial_{п}}{\sum \partial}, \quad (1)$$

где $\sum \partial_n$ - количество нормализованных, выпускаемых по техническим документам, например, стандартам, техническим условиям, деталей в ЭВС;

$\sum \partial_3$ - количество заимствованных (на других предприятиях, из других разработок) деталей;

$\sum \partial_{п}$ - количество покупных деталей;

$\sum \partial$ - общее.

При этом всегда $K_y \leq 1$.

Коэффициент повторяемости рассчитывается следующим образом:

$$K_{повт} = \frac{\sum \partial_{шт}}{\sum H}, \quad (2)$$

где $\sum \partial_{шт}$ - общее количество деталей, входящих в ЭВС, шт.;

$\sum H$ - общее число наименований деталей, входящих в ЭВС;

при этом всегда $K_{повт} \geq 1$.

Коэффициент применяемости показывает, какова часть наименований унифицированных деталей в общем количестве наименований применяемых деталей:

$$K_{пр} = \frac{\sum H_n + \sum H_3 + \sum H_{п}}{\sum H}, \quad (3)$$

где $\sum N_n$ - количество наименований нормализованных деталей;
 $\sum N_3$ - количество наименований заимствованных деталей;
 $\sum N_{\Pi}$ - количество наименований покупных деталей.

Очевидно, всегда $K_{\Pi P} \leq 1$.

Обратим внимание на то, что здесь в качестве общего понятия «деталь» имеются в виду составные части конструкции, определенные в спецификации на изделия ЭВС (детали, сборочные единицы, стандартные и прочие изделия). Отметим также, что при определении уровня унификации по выражениям (1-3) не учитывается значимость отдельных деталей в изделии в целом. Поэтому в тех случаях, когда стоимость деталей в изделии не одного порядка, а следовательно, достигается и разный эффект от применения тех или иных унифицированных деталей, необходимо пользоваться выражениями, учитывающими стоимость деталей.

7 Патентно-правовые показатели, характеризующие степень патентной защиты и патентной чистоты ЭВС.

При определении данных показателей учитываются наличие в ЭВС отечественных изобретений, защищенных авторскими свидетельствами в Республике Беларусь и странах предполагаемого экспорта. Для более объективного определения патентно-правовых показателей следует учитывать неравноценный технико-экономический эффект от внедрения этих изобретений, степень и время известности технических решений, заложенных в ЭВС, значимость нарушаемых патентов для изделия в целом.

8 Показатели транспортируемости. Показатели транспортируемости характеризуют приспособленность конструкций ЭВС к транспортированию, а также к подготовительным и заключительным операциям, связанным с транспортированием.

Подготовительные и заключительные операции могут включать: укладку изделий ЭВС в транспортную тару, упаковку, герметизацию, погрузку, амортизацию от воздействия удара, распаковку, сборку и т.д.

Показатели транспортируемости должны выбираться в каждом конкретном случае применительно к транспорту. Показатели могут быть различные. Из них наиболее часто применяемые, но не учитывающие сохраняемость продукции:

- средняя трудоемкость подготовки единицы продукции к транспортированию, чел/ч.;
- средняя стоимость перевозки единицы продукции транспортным средством.

9 Экологические показатели и показатели техники безопасности.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при изготовлении и эксплуатации изделия.

К экологическим показателям можно, например, отнести:

- содержание вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду при технологических процессах изготовления ЭВС;
- вероятность излучений при ремонте, эксплуатации ЭВС (СВЧ, рентгеновских и т.д.).

Показатели безопасности характеризуют особенности продукции, обуславливающие при ее изготовлении и эксплуатации безопасность человека.

Примерами показателей безопасности могут служить:

- вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени;
- время срабатывания защитных устройств;
- сопротивление изоляции токоведущих частей, с которыми возможно соприкосновение человека;
- электрическая прочность высоковольтных цепей и др.

10 Экономические показатели характеризуют затраты на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных с разработкой конструкций ЭВС, их производством и эксплуатацией, а также экономическую эффективность при эксплуатации. Это особый вид показателей, оценивающих ремонтпригодность конструкции ЭВС, ее технологичность, уровень стандартизации, патентную чистоту и т.д.

Отметим, что между показателями различных групп существуют взаимосвязи. Так, например, эргономические показатели влияют на производительность ЭВС, создавая определенные удобства для операторов и позволяя им при том же психологическом напряжении осуществлять больше операций за единицу времени, снижают вероятность ошибочных действий оператора и т.д. Аналогичное влияние оказывает показатель использования новейших конструктивных решений, связанный с патентной чистотой. Поэтому при определении уровня качества необходимо учитывать не только показатели, но и их связи.

Следует заметить, что иногда бывает сложно установить наличие и вид связи между некоторыми параметрами изделия и показателями его качества. Например, параметр, характеризующий проницаемость корпусов ЭВС для радиоактивных излучений, устанавливаемых на автомобиле, обычно не принимается в расчет при оценке качества ЭВС. Однако если автомобиль предназначен для пересечения местности, зараженной радиоактивными веществами, то указанный параметр следует считать одним из важнейших показателей качества конструкций ЭВС.

Обратим также внимание на то, что показатели качества могут быть абсолютными и относительными, иметь различную размерность или быть безразмерными. Например, такие абсолютные показатели, как объем памяти в битах или байтах, производительность в операциях в секунду, энергопотребление в ваттах, наработка на отказ в часах и т.п., имеют различную размерность, а относительные показатели качества, такие, как коэффициент унификации, безразмерны.

Для получения безразмерных (нормированных) значений единичных показателей качества могут использоваться следующие выражения:

$$P_{iH} = \frac{P_i - P_{iKP}}{P_{iOPT} - P_{iKP}}, \quad (4)$$

$$P_{iH} = \frac{P_i}{P_{iKP}}, \quad (5)$$

$$P_{iH} = \frac{P_i}{P_{i\max(\min)}}, \quad (6)$$

где P_i - текущее значение i -го единичного показателя качества конструкции ЭВС (любой размерности);

P_{iKP} - критическое значение i -го единичного показателя качества с точки зрения потребительских свойств изделия ЭВС;

P_{iOPT} - оптимальное значение i -го показателя качества;

$P_{i\max(\min)}$ - максимальное (минимальное) значение i -го показателя качества.

2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ЭВС

Основные методы определения качества конструкции ЭВС следующие:

- измерительный;
- регистрационный;
- расчетный;
- органолептический;
- экспертный;
- социологический.

Измерительный метод осуществляется на основе технических средств измерений и базируется на информации, получаемой с использованием этих средств. С помощью измерительного метода определяют, например, значения таких показателей качества ЭВС, как энергопотребление, входное сопротивление, сопротивление изоляции, масса, габаритные характеристики и т.п.

Регистрационный метод осуществляется на основе наблюдения и подсчета числа определенных событий, предметов или затрат. Он базируется на информации, получаемой путем регистрации и подсчета числа определенных событий, например, числа отказов ЭВС или их компонентов при проведении испытаний, числа дефектных изделий в партии и т.п.

Расчетный метод осуществляется на основе использования теоретических и (или) эмпирических зависимостей показателей качества продукции от ее параметров. Он применяется в основном на разных стадиях проектирования ЭВС, когда они не могут быть объектами экспериментального исследования. Этим же

методом могут быть установлены и зависимости между отдельными показателями качества ЭВС. Расчетный метод используется, например, для определения массы, показателей надежности, потребляемой мощности ЭВС, предельно возможного быстродействия и т.п.

Органолептический метод основан на анализе восприятий органов чувств человека, которые выдают информацию о получении соответствующих ощущений. Значения показателей качества находятся путем анализа полученных ощущений на основе имеющегося опыта. Поэтому точность и достоверность полученной информации зависит от квалификации, навыков и способностей лиц, которые ее определяют. Органолептический метод не исключает возможности использования технических средств (лупа, микроскоп, микрофон и т.п.), повышающих восприимчивость и разрешающие способности органов чувств человека. Этот метод широко применяется для определения качества продукции, использование которой обусловлено или связано с эмоциональным воздействием на потребителей (напитки, кондитерские, табачные, парфюмерные изделия). Однако он может использоваться и для определения, например, такого показателя качества ЭВС, как художественное оформление. Показатели качества, определяемые органолептическим методом, выражаются обычно в баллах (относительных единицах).

Экспертный метод осуществляется на основе решения, принимаемого экспертами, которые дают оценку качественным показателям продукции в баллах (относительных единицах). Данный метод используется и для определения весовых коэффициентов показателей качества продукции.

Социологический метод осуществляется на основе сбора и анализа мнений фактических или возможных потребителей продукции. Сбор таких мнений может осуществляться устным способом (непосредственно или с помощью телефона), с помощью распространения анкет-вопросников, путем проведения конференций, совещаний, выставок и т.п. Социологический метод иногда может применяться и для определения коэффициентов значимости показателей качества продукции.

Различают следующие виды показателей качества продукции: 1) единичные; 2) комплексные; 3) интегральные; 4) базовые.

Единичный показатель качества – это показатель качества изделия, относящийся только к одному из ее свойств. Например, для ЭВС таким показателями могут быть быстродействие, емкость оперативной памяти, габариты, энергопотребление и т.д.

Многие единичные показатели находятся в противоречивой связи, то есть улучшение одного показателя ухудшает другой. Например, возрастание надежности ЭВС влечет за собой повышение их стоимости. Кроме того, большинство единичных показателей выражаются разными параметрами и значениями этих параметров. Все это затрудняет объективную оценку качества как существующих, так и вновь разрабатываемых ЭВС по единичным показателям.

Комплексным показателем качества изделия называется такой показатель качества, который относится к нескольким его свойствам. С помощью данного

показателя можно в целом охарактеризовать качество изделия. К таким показателям относят, например, стоимость.

Разновидностью комплексного показателя качества, позволяющего с экономической точки зрения определить оптимальную совокупность свойств изделия, является интегральный показатель качества. Это комплексный показатель качества, который отражает соотношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации и суммарных затрат на создание и эксплуатацию изделия.

Для определения относительной характеристики качества изделия используют также базовые показатели качества изделия, принимаемые за исходные при сравнительных оценках качества с существующим прототипом или образцом, принятым за эталон.

Относительной характеристикой качества изделия, основанной на сравнении всей совокупности показателей его качества с соответствующей совокупностью базовых показателей, является уровень качества изделия. При этом важнейшими являются вопросы, связанные с научным обоснованием определения уровня качества в форме, удобной для сопоставления, и вопросы разработки методов и средств контроля показателей качества изделия.

Однако, чтобы судить о качестве изделия, мало располагать данными обо всех важнейших его свойствах и их количественных оценках - необходимо учитывать условия в которых это изделие будет использоваться. Например, если сравнить простой калькулятор (заменяющий счеты где-нибудь в бухгалтерии) и программируемый с большой памятью и объемом функций (стоимость примерно равна), то бухгалтеру подойдет первый из них. С точки зрения данного потребителя качество его будет выше.

Определение уровня качества изделия связано прежде всего с тем, насколько оно пригодно для выполнения тех функций, для которых предназначено. Данный подход дает возможность оценить количественно качество изделия.

Взаимоотношения конкретного изделия и конкретного потребителя можно выразить в виде уравнения полезности:

$$\Pi = \varphi_1 K_1 + \varphi_2 K_2 + \dots + \varphi_n K_n, \quad (7)$$

где $K_1 \dots K_n$ – характеристики изделия, представляющие собой оценки определенных показателей качества.

Очевидно, что для потребителя значимость оценки того или иного показателя качества неодинакова и должна учитываться весовыми коэффициентами $\varphi_1 \dots \varphi_n$.

Одним из факторов, характеризующих данное изделие, с которым сопоставляется полученное значение полезности, является денежное выражение стоимости изделия. Сравнивая указанные характеристики для разных изделий, потребитель может определить наиболее выгодное изделие, обладающее, с его точки зрения, более высоким качеством.

Отметим, однако, что оптимальный с точки зрения потребителя уровень качества всегда больше аналогичной характеристики изделия с точки зрения изготовителя. Именно это обуславливает непрерывное повышение качества, то есть изменение его показателей во времени.

3 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ЭВС. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Комплексная оценка качества – это двухэтапный процесс.

Первоначально на первом этапе необходимо оценить количественно-единичные показатели качества ЭВС.

Зависимость между оценкой единичного показателя K_i и его величиной P_i можно представить в виде

$$K_i = f(P_i; P_{\text{эт}}), \quad (8)$$

где P_i - величина i -го показателя качества конструкции;

$P_{\text{эт}}$ - величина базового показателя качества конструкции, принятая за эталон.

В большинстве случаев значения единичного показателя качества и его оценки не являются прямо пропорциональными величинами, поскольку изменение уровня качества и необходимые затраты на его изменение связаны нелинейной зависимостью. При грубых приближенных расчетах можно, однако, пользоваться выражением

$$K_i = \frac{P_i}{P_{\text{эт}}} . \quad (9)$$

Это так называемая прикидочная оценка.

Второй тип оценки единичного показателя заключается в следующем: на всем диапазоне изменения показателя выбирают наиболее характерные точки (минимальные и максимальные значения показателя, его оптимальное значение и т.п.) и задаются оценками, соответствующими данным точкам.

В дальнейшем находят кривую, наиболее точно воспроизводящую характер зависимости $K_i = f(P_i)$, и переходят к ее математической интерпретации. На практике в настоящее время ограничиваются дискретной моделью зависимости $K_i = f(P_i)$, давая значениям показателей, лежащим в определенной ограниченной области, одинаковую оценку.

На основании такой модели можно произвести, например, оценку показателя качества, характеризующего емкость конкретного электрохимического источника тока (батареи или аккумулятора). На рис. 1 показан пример графика зависимости количественной оценки показателя качества от его величины (емко-

сти электрохимического источника тока). Чем больше емкость, тем обычно дороже стоит и источник тока.

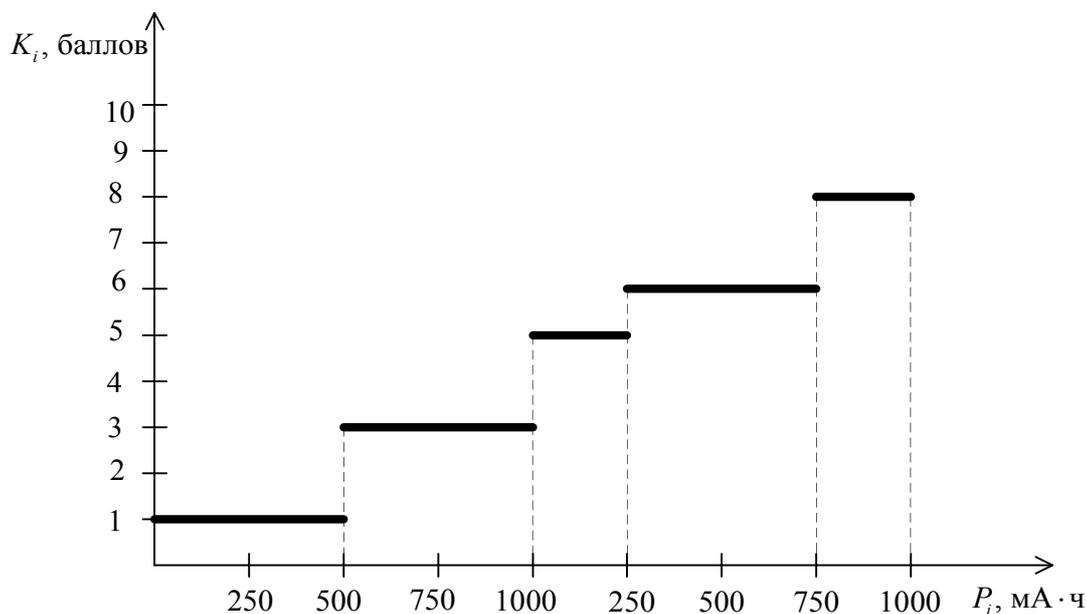


Рисунок 1

Итак, на первом этапе для оценки качества конструкции ЭВС необходимо решить следующие основные задачи:

- 1) определить оптимальное количество свойств с тем, чтобы учесть те из них, которые в наибольшей степени определяют качество конкретного изделия;
- 2) решить задачи, связанные с определением минимальных и максимальных значений оцениваемых показателей качества;
- 3) определить и выбрать величины базовых показателей качества;
- 4) определить характер каждой из зависимостей $K_i = f(P_i)$ и произвести нормирование оценок K_i .

4. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИИ ЭВС

Определив зависимости величин количественных оценок от величин показателей качества, переходят ко второму этапу оценки уровня качества конструкции.

В результате решения задачи этого этапа должна быть определена связь между оценками единичных показателей качества и найден способ сведения их в однородное уравнение, определяющее комплексный показатель уровня качества.

$$K = f(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i, \dots, \varphi_n; k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_n), \quad (10)$$

где K - комплексная оценка уровня качества изделия;

φ_i - коэффициент значимости при оценке i -го единичного показателя качества k_i ;

n - количество важнейших оцениваемых свойств.

Существует большое количество методик получения комплексного показателя качества. Это обусловлено следующими обстоятельствами. Во-первых, можно учитывать, а можно и не учитывать весовые коэффициенты, во-вторых, для определения весового коэффициента φ_i могут применяться различные методы, и, в-третьих, в зависимости от способа сведения k_i и φ_i в единое уравнение вид функции $K = f(\varphi_i, k_i)$ будет различаться.

В методиках, не учитывающих весовые коэффициенты $\varphi_i = 1$, $K = f(k_i)$, однако на практике такое приближение малоприменимо, так как для потребителя отдельные свойства изделия далеко не равнозначны.

Остановимся подробнее на методиках, в которых учитываются различия в весовых коэффициентах. По способу определения весовых коэффициентов существующие методы можно разделить на четыре группы.

Первая группа методов основывается на стоимостном принципе определения весовых коэффициентов. При этом принимается, что зависимость весового коэффициента (при оценке конкретного свойства) от денежных затрат на достижение данного значения единичного показателя (которому соответствует эта оценка) является монотонно возрастающей функцией.

В некоторых случаях для облегчения задачи эту зависимость считают прямолинейной. Однако более правомерны те модели, в которых такая зависимость носит более сложный характер.

Вторая группа методов основывается на субъективном принципе определения весовых коэффициентов. Она включает целый ряд способов такого определения на основании мнения группы экспертов.

$$\varphi_i = f\left(\frac{\sum_{j=1}^m \varphi_j}{m}\right), \quad (11)$$

где m – число экспертов.

При определении весовых коэффициентов (значимости) экспертным методом обычно применяют, например, методы ранжирования, последовательного сравнения, парного сравнения, расстановки приоритетов, балльный метод и т.д.

Третья группа методов характеризуется использованием как стоимостного, так и экспертного принципов определения весовых коэффициентов. При этом сначала для конкретного свойства определяется весомость с использованием стоимостного принципа, а затем и с использованием экспертного принципа.

$$\varphi_i = f\left(\frac{\varphi_{i \text{ экс}} + \beta \varphi_{i \text{ ст}}}{1 + \beta}\right), \quad (12)$$

где β - коэффициент, больший или равный единице, определяемый соотношением достоверностей экспертного и стоимостного методов. Чем больше этот коэффициент, тем большее значение имеет оценка, даваемая стоимостным методом.

К четвертой группе следует отнести методы, использующие для определения весовых коэффициентов вероятностный принцип. На основании этих методик весовой коэффициент определяется из выражения

$$\varphi_i = f(A_i), \quad (13)$$

где A_i - вероятность достижения эталонного значения показателя i -го свойства. Вероятность A_i определяется на основании соответствующей обработки статистических данных, полученных в результате анализа многочисленных примеров использования различных по конструкции изделий, предназначенных для выполнения одинаковых функций.

Все методы комплексной оценки качества также можно разделить на группы, каждая из которых характеризуется способом сведения в однородное уравнение оценок различных свойств. Такие методы могут основываться на средней арифметической, средней геометрической, средней квадратичной и других зависимостях. Например, выражения для определения средневзвешенного комплексного показателя оценки уровня качества имеют вид:

средневзвешенный арифметический

$$K = \sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot k_{i \text{ Н}}; \quad (14)$$

средневзвешенный геометрический

$$K = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n k_{i \text{ Н}}^{\varphi_i}}; \quad (15)$$

средневзвешенный гармонический

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{\sum_{i=1}^m \frac{\varphi_i}{k_{i \text{ Н}}}}, \quad (16)$$

где φ_i - коэффициент, характеризующий вес (значимость, важность) i -го единичного показателя для данной (определенной) конструкции ЭВС;

k_{iH} - нормированное (безразмерное) значение i -го единичного показателя ($0 \leq k_{iH} \leq 1$);

n - количество единичных показателей, принятых во внимание.

Как видно из формул (14 – 16), средневзвешенный показатель характеризует n различных свойств конструкции ЭВС.

Обратим внимание на то, что комплексный средневзвешенный показатель K представляет собой условную величину, выражаемую в условных единицах (в баллах, в относительных единицах), и реального физического содержания не имеет.

5 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИЙ ЭВС ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

В качестве примера при определении уровня качества изделий ЭВС рассмотрим одну из методик расчета показателей их технологичности. В этой методике для оценки технологичности конструкции аппаратуры используются относительные частные показатели K_i и комплексный показатель K_k , рассчитываемый по средневзвешенному значению относительных частных показателей с учетом коэффициентов φ_i , характеризующих весовую значимость частных показателей, то есть степень их влияния на трудоемкость изготовления изделия.

Значения относительных частных показателей K_i находятся в пределах $0 < K_i \leq 1$, при этом рост показателя соответствует более высокой технологичности изделия. Выражение для расчета относительного частного показателя может иметь вид либо простого отношения $K_i = a/b$, либо разности $K_i = 1 - a/b$. Первое выражение применяется в тех случаях, когда величина a стремится к b , что соответствует повышению технологичности изделия, второе – при стремлении величины a к b , что снижает технологичность.

Все относительные частные условия разделены на две группы: конструкторские и технологические показатели.

Коэффициент применяемости деталей определяется по формуле: $K_{п.д} = 1 - N_{т.ор} / N_t$, где $N_{т.ор}$ - число типоразмеров оригинальных деталей в изделии; N_t - общее число типоразмеров деталей в изделии без учета нормализованного крепежа.

Коэффициент применяемости ЭРЭ определяется по формуле: $K_{п.ЭРЭ} = 1 - N_{т.ор\ ЭРЭ} / N_{т.\ ЭРЭ}$, где $N_{т.ор\ ЭРЭ}$ - число типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии; $N_{т.\ ЭРЭ}$ - общее число типоразмеров ЭРЭ в изделии.

К оригинальным относятся составные части (детали, узлы, ЭРЭ), разрабатываемые и изготавливаемые впервые как самим предприятием-разработчиком, так и в порядке его кооперирования с другими предприятиями.

Коэффициент применяемости деталей и узлов определяется по формуле: $K_{п.д} = 1 - N_{т.ор.у} / N_{т.у}$, где $N_{т.ор.у}$ - число типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии; $N_{т.у}$ - общее число типоразмеров узлов в изделии.

Коэффициент повторяемости деталей и узлов определяется по формуле: $K_{п.д} = 1 - (D_t + D_{т.у})(N_o - N_y)$, где N_o - общее число деталей (без нормализованного крепежа) в изделии; N_y - общее число узлов в изделии.

Коэффициент повторяемости ЭРЭ: $K_{пов. ЭРЭ} = 1 - N_{т. ЭРЭ} / N_{ЭРЭ}$, где $N_{ЭРЭ}$ - общее число ЭРЭ.

Коэффициент повторяемости ИС и МСБ определяется по формуле: $K_{пов.сх} = 1 - N_{т.к} / N_{сх}$, где $N_{т.к}$ - число типоразмеров ИС и МСБ в изделии; $N_{сх}$ - общее число ИС и МСБ в изделии.

Коэффициент повторяемости печатных плат: $K_{пов} = 1 - N_{т.п} / N_{п}$, где $N_{т.п}$ - число типоразмеров печатных плат в изделии, в том числе многослойных (без учета числа слоев); типоразмер печатной платы определяется габаритными размерами и материалами, используемыми в конструкции без учета различий в рисунке проводников; $N_{п}$ - общее число печатных плат в изделии.

Коэффициент повторяемости материалов в изделии определяется по формуле $K_{пов. м} = 1 - N_{м.м} / N_{т.ор}$, где $N_{м.м}$ - количество маркосортаментов материалов, применяемых в изделии. Под маркосортаментом понимается определенное сочетание марки материала и его сечения (профиля), применяемых в качестве заготовки, например сплав Д16Т (пруток диаметром 30 мм или 40 мм, лист толщиной 2 мм).

Коэффициент использования ИС и МСБ: $K_{исп.сх} = 1 - N_{сх} / (N_{сх} + N_{ЭРЭ})$.

Коэффициент установочных размеров (шагов) ЭРЭ: $K_{у.р} = 1 - N_{у.р} / N_{ЭРЭ}$, где $N_{у.р}$ - число видов установочных размеров ЭРЭ в изделии.

Коэффициент сложности печатных плат: $K_{сл} = 1 - N_{м.п} / N_{п}$, где $N_{м.п}$ - общее число многослойных печатных плат.

Коэффициент освоенности деталей: $K_{осв} = 1 - N_{ор} / N_o$, где $N_{ор}$ - общее число оригинальных деталей в изделии.

Коэффициент сложности сборки: $K_{сл.сб} = 1 - N_{т.сл} / N_{т.у}$, где $N_{т.сл}$ - число типоразмеров узлов, входящих в изделие, требующих регулировки в со-

стае изделия с применением специальных устройств либо прогонки или совместной обработки с последующей разборкой и повторной сборкой.

Коэффициент сборности изделия: $K_{сб} = N_y / (N_y + N_0)$.

Коэффициент точности обработки: $K_{т.ч} = 1 - N_{т.ч} / N_0$, где $N_{т.ч}$ - число деталей (штук), имеющих размеры с допусками по классу точности 3а и выше.

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу: $K_{м.п} = N_{м.п.ЭРЭ} / N_{ЭРЭ}$, где $N_{м.п.ЭРЭ}$ - число ЭРЭ (шт.), подготовка которых к монтажу может осуществляться механизированным или автоматизированным способом. В число указанных ЭРЭ включаются ЭРЭ, не требующие специальной подготовки к монтажу (реле, разъемы, патроны и т.п.).

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия: $K_{а.м} = N_{а.м} / N_{м}$, где $N_{а.м}$ - число монтажных соединений, которые могут осуществляться либо осуществляются механизированным или автоматизированным способом, то есть имеются механизмы, оборудование или оснастка (или техническая документация) для выполнения монтажных соединений; $N_{м}$ - общее число монтажных соединений.

При расчете технических показателей определяют следующие коэффициенты.

Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров: $K_{м.к.н} = N_{м.к.н} / N_{к.н}$, где $N_{м.к.н}$ - число операций контроля и настройки, которые можно осуществить механизированным или автоматизированным способом; в число указанных операций включаются операции, не требующие средств механизации; $N_{к.н}$ - общее число операций контроля и настройки.

Коэффициент применения типовых технологических процессов: $K_{т.пр} = N_{т.пр} / N_{пр}$, где $N_{т.пр}$ - число наименований типовых технологических процессов, применяемых для изготовления изделия; $N_{пр}$ - общее число наименований технологических процессов, применяемых для изготовления изделий (в том числе оригинальных).

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей: $K_{ф} = N_{пр} / N_0$, где $N_{пр}$ - число деталей (шт.), заготовки которых или сами детали получены прогрессивными методами формообразования (штамповкой, прессованием, порошковой металлургией, литьем по выплавляемым моделям, под давлением и в кокиль, пайкой, сваркой, склеиванием, из профильного материала).

Коэффициент сложности обработки: $K_{сл.о} = 1 - N_{стр} / N_o$, где $N_{стр}$ - число деталей (штук), включая заимствованные и стандартные, требующие обработки снятием стружки.

Коэффициент использования материалов: $K_{и.м} = G_T / G_{т.м}$, где G_T - масса изделия без учета комплектующих, кг; $G_{т.м}$ - масса материала, израсходованного на изготовление изделия, кг.

Естественно, что те или иные конструкторские и технологические относительные частные показатели в различной степени определяют технологичность аппаратуры; они зависят, например, как от назначения конструкции, так и от уровня технологического оборудования, используемого при его изготовлении, а также от многих других факторов.

В то же время понятно, что в число единичных относительных показателей прежде всего должны включаться такие показатели, которые оказывают наибольшее влияние на технологичность конструкции блоков определенного назначения и условий применения. Поэтому по номенклатуре важнейших показателей блоки различной аппаратуры разбивают на четыре класса: 1) электронные; 2) радиотехнические; 3) электромеханические и механические; 4) соединительные, коммутационные и распределительные.

Состав базовых показателей, их ранжированная последовательность по значимости, коэффициенты значимости φ_i , а также их определения на различных стадиях разработки аппаратуры приведены в таблице 1, в которой приняты следующие обозначения: + (показатель определяется), ~ (показатель определяется приблизительно), -- (показатель не определяется).

Идентификация оцениваемого на технологичность блока с тем или иным классом блока должна осуществляться на основе анализа принятых при разработке схемно- и конструкторско-технологических решений. В том случае, когда анализируемый блок нельзя отнести к данным четырем классам, можно произвести выделение нового класса или подкласса, но обязательно (экспертным путем) установить номенклатуру основных показателей и их ранжированную последовательность.

Значение коэффициента φ_i зависит от порядкового номера основных показателей технологичности, ранжированная последовательность которых устанавливается экспертно и рассчитывается по формуле: $\varphi_i = i / 2^{i-1}$, где i - порядковый номер показателя в ранжированной последовательности.

Таблица 1 - Состав базовых показателей качества конструкции ЭВС

Порядковый номер в ранжированной последовательности	Показатель качества	φ_i	Эскизный проект	Технический проект	Рабочая документация		
					опытного образца	установочных серий	серийного производства
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Электронные блоки</i>							
1	Коэффициент использования ИМС и МСБ в блоке $K_{исп.сх}$	1	~	~	+	+	+
2	Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия $K_{а.м}$	1	-	~	+	+	+
3	Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ $K_{м.п.ЭРЭ}$	0,75	~	+	+	+	+
4	Коэффициент механизации, контроля и настройки $K_{м.к.н}$	0,5	-	~	+	+	+
5	Коэффициент повторяемости ЭРЭ $K_{пов.ЭРЭ}$	0,31	~	~	+	+	+
6	Коэффициент применяемости ЭРЭ $K_{п.ЭРЭ}$	0,18 7	~	~	+	+	+
7	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей $K_{ф}$	0,11	-	-	+	+	+
<i>Радиотехнические блоки</i>							
1	Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу $K_{м.п.ЭРЭ}$	1	~	~	+	+	+
2	Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия $K_{а.м}$	1	-	~	+	+	+
3	Коэффициент сложности сборки $K_{сл.сб}$	0,75	-	~	+	+	+
4	Коэффициент механизации контроля и настройки $K_{м.к.н}$	0,5	-	-	~	+	+
5	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей $K_{ф}$	0,31	-	-	~	+	+

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Коэффициент повторяемости ЭРЭ $K_{пов. \text{ЭРЭ}}$	0,18 7	-	-	+	+	+
7	Коэффициент сложности обработки $K_{сл.о}$	0,11	-	-	+	+	+
<i>Электромеханические и механические блоки</i>							
1	Коэффициент точности обработки $K_{т.о}$	1	-	-	+	+	+
2	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей $K_{ф}$	1	-	-	~	+	+
3	Коэффициент сложности обработки $K_{сл.о}$	0,75	-	~	+	+	+
4	Коэффициент повторяемости деталей и узлов $K_{пов.д.у}$	0,5	-	~	+	-	-
5	Коэффициент сборности $K_{сб}$	0,31	-	~	+	-	+
6	Коэффициент сложности $K_{сл.сб}$	0,18 7	-	~	+	+	+
7	Коэффициент использования материалов $K_{и.м}$	0,11	-	-	~	+	+
<i>Соединительные, коммутационные и распределительные блоки</i>							
1	Коэффициент повторяемости материалов $K_{пов. м}$	1	-	-	~	+	+
2	Коэффициент сложности сборки $K_{сл.сб}$	1	-	~	+	+	+
3	Коэффициент точности обработки $K_{т.о}$	0,75	-	-	~	+	+
4	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей $K_{ф}$	0,5	-	~	~	+	+
5	Коэффициент использования материалов $K_{и.м}$	0,31	-	~	~	+	+

На основе отобранных для исследуемого на технологичность блока единичных относительных показателей качества рассчитывают затем комплексный показатель качества по выражению

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} = \frac{K_1 \cdot \varphi_1 + K_2 \cdot \varphi_2 + \dots + K_i \cdot \varphi_i + \dots + K_n \cdot \varphi_n}{\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_i + \dots + \varphi_n}, \quad (17)$$

где K_i - показатель, определяемый по таблице базовых показателей соответствующего класса блоков;

φ_i - функция, нормирующая весовую значимость показателя и зависимость от его порядкового номера в таблице;

i - порядковый номер показателя в ранжированной последовательности (место в таблице).

Величина φ_i принимается для каждого показателя соответствующей строки таблицы независимо от полноты состава определяемых показателей на различных стадиях разработки.

Рассчитанное значение комплексного показателя качества для исследуемой конструкции обязательно должно быть сравнимо с его нормативным значением.

Нормативы показателя технологичности для разрабатываемых (или модернизируемых) изделий устанавливаются корректировкой показателей изделий-аналогов с учетом изменения технологического уровня изделия и условий его производства.

При известном нормативном комплексном показателе оценка технологичности разрабатываемого изделия выражается отношением достигнутого показателя K_k к нормативному K_n . Это отношение должно удовлетворять условию $K_k / K_n \geq 1$.

Обратим внимание на то, что дополнительный анализ наиболее значимых единичных относительных показателей дает возможность сформулировать рекомендации и пути повышения технологичности конструкции в целом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Изучить теоретическую часть работы и сдать коллоквиум.
- 2 Провести самопроверку теоретических знаний, ответив на поставленные вопросы.
- 3 Получить у преподавателя исследуемые конструкции узла и блока ЭВС, изучить их конструктивные и технологические особенности.
- 4 Получить у преподавателя персональный вариант расчетного задания для программы «Qvalitet».
- 5 Определить класс изучаемых узлов и блоков. В случае необходимости выделить новый класс (подкласс) с идентификацией важнейших единичных относительных показателей качества.
- 6 Для выбранного класса для узла и блока рассчитать все единичные относительные показатели качества конструкции по соответствующим группам, используя в качестве базовых оценок современные данные.
- 7 Определить значимость тех или иных единичных показателей технологичности для исследуемых конструкций по таблице 1 (см. раздел 5), а также экспертным путем. Дать анализ выбора тех или иных коэффициентов значимости.
- 8 Определить уровень стандартизации и унификации изучаемых конструкций, используя выражения (1-3).

- 9 Определить значения комплексных показателей технологичности K для исследуемых узла и блока.
- 10 Сравнить значения комплексных показателей с нормативными и привести рекомендации по повышению уровня качества исследуемых конструкций.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1 Цель работы.
- 2 Краткие сведения из теории.
- 3 Результаты измерений и полученных величин, сведенные в таблицу.
- 4 Анализ полученных результатов.
- 5 Выводы и рекомендации по повышению уровня технологичности изученных конструкций.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что понимается под свойством продукции?
- 2 Дать определение понятия «качество изделия».
- 3 Перечислите группы показателей качества конструкции.
- 4 Что такое единичный показатель качества продукции?
- 5 Что такое комплексный показатель качества?
- 6 Что характеризует интегральный показатель качества?
- 7 Базовые показатели качества.
- 8 Чем определяется уровень унификации?
- 9 Как определяется коэффициент унификации?
- 10 Как определяется коэффициент применяемости?
- 11 Как определяется коэффициент повторяемости?
- 12 Какие показатели входят в состав базовых показателей технологичности?
- 13 Охарактеризуйте группу конструкторских показателей для оценки технологичности изделий.
- 14 Охарактеризуйте группу технологических показателей для оценки технологичности изделий.
- 15 На какие классы разбиваются блоки ЭВС с точки определения их показателей технологичности?
- 16 Нормирование единичных показателей качества конструкции, приемы нормирования.
- 17 Методы определения весовых коэффициентов (значимости).
- 18 Методы получения выражений для оценки комплексного показателя качества конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1 ГОСТ 15467. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения.

2 Аристов О.В. Основы стандартизации и контроль качества в радиоэлектронике. –М.: Изд-во стандартов, 1989.

3 ГОСТ 22732. Методы оценки качества промышленной продукции.

4 Несущие конструкции радиоэлектронной аппаратуры /Под ред. П.И.Овищера. – М.: Радио и связь, 1988.

Учебное издание

**Русак Иван Михайлович,
Луговский Владимир Петрович**

**КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭВС И ОСНОВЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Лабораторный практикум
для студентов специальности
«Электронные вычислительные средства»
дневной формы обучения

Редактор Т.А. Лейко
Корректор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать 20.07.2004.

Бумага офсетная.

Уч.- изд. л. 1,2.

Печать ризографическая.

Тираж 200 экз.

Формат 60 x 84 1/16.

Усл. печ. л. 1,51.

Заказ 627.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности № 02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности № 02330/0133108 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6