


Государственный комитет СССР по народному образованию



А. В. ЕЛАНЦЕВ, В. В. МАРКЕЛОВ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ  
ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ  
И РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Издательство МГТУ

1989

БКК 32.843.308

Е48

Е48 Еланцев А.В., Маркелов В.В. Методы расчета технологичности электронно-вычислительных и радиоэлектронных средств: Методические указания для курсового и дипломного проектирования / Под ред. Б.И. Белова. - М.: МГТУ, 1989. - 44 с., ил.

ISBN 5-7038-0169-9

Данные методические указания регламентируют порядок расчета ЭВС (РЭС) различных уровней и видов при выполнении домашних заданий, курсовых работ и проектов по курсам "Конструирование ЭВС (РЭС)", "Микроминиатюризация ЭВС (РЭС)", "Технология ЭВС (РЭС)", а также в дипломном проекте. Излагаемые методы ориентированы на практическую реализацию с использованием микроЭВМ "Электроника-60" и диалогового вычислительного комплекса ДВК. Для этого рассматриваются структура программного обеспечения и рекомендации для пользователей ЭВМ. Приведены примеры расчета технологичности для различных уровней и видов ЭВС (РЭС).

Рецензент А.В. Фролов

Ил. 16, табл. 8, библи. 3 назв.

БКК 32.843.308

Редакция заказной литературы  
Алексей Викторович Еланцев  
Виктор Васильевич Маркелов

Методы расчета технологичности электронно-вычислительных  
и радиоэлектронных средств

Редакция заказной литературы  
Заведующая редакцией Н.Г. Ковалевская  
Редактор Ю.Н. Хлебинский  
Корректор Л.И. Малютина

ISBN 5-7038-0169-9 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1989.

Подписано в печать 13.10.89

Формат 60x90/16

Усл. печ. л. 2,75

Уч.-изд. л. 2,52

Тираж 500 экз.

Изд. № 82.

Заказ № 1215

Бесплатно

Издательство МГТУ, типография МГТУ. 107005, Москва, Б-5,  
2-я Бауманская, 5.

## 1. Общие положения

В процессе обучения студентами выполняется комплексное (сквозное) задание, рассчитанное на несколько семестров и связанное с расчетом технологичности ЭВС (РЭС) (рис. 1).

Под технологичностью конструкции изделия, согласно ГОСТ 18831-73, понимают совокупность свойств конструкции изделия, оптимизирующую затраты труд, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при установленных показателях качества и принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта. К условиям изготовления или ремонта изделия относятся тип, специализация и организация производства, готовая программа и повторяемость выпуска, а также применяемые технологические процессы. Стандарты Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) предусматривают обязательную отработку изделий на технологичность на всех стадиях их создания. Основной целью этих работ является обеспечение высокого технического уровня (конструкторско-технологических характеристик) изделий на основе внедрения прогрессивных технических (системотехнических, схемотехнических, конструктивных) и технологических решений и повышение эффективности работ при проектировании, производстве, эксплуатации; исключить необоснованную переработку конструкторской документации на этапе освоения. Структурная схема системы обеспечения технологичности изделий ЭВС (РЭС) представлена на рис. 2. В основу ее функционирования положены следующие принципы:

- унификация и стандартизация изделий ЭВС (РЭС), их составных частей и технических решений, технологических процессов;
- нормирование требований технологичности изделий в соответствии с их классификацией по функционально-конструктивному и конструктивно-технологическому подобию;
- обеспечение технологичности всех составных частей изделия ЭВС (РЭС);
- контроль и учет уровня технологичности составных частей при комплексной оценке технологичности ЭВС (РЭС);
- варьирование частными критериями технологичности с учетом их нормативных значений;
- автоматизация работ по определению технологичности и техническому анализу разрабатываемых изделий ЭВС (РЭС).

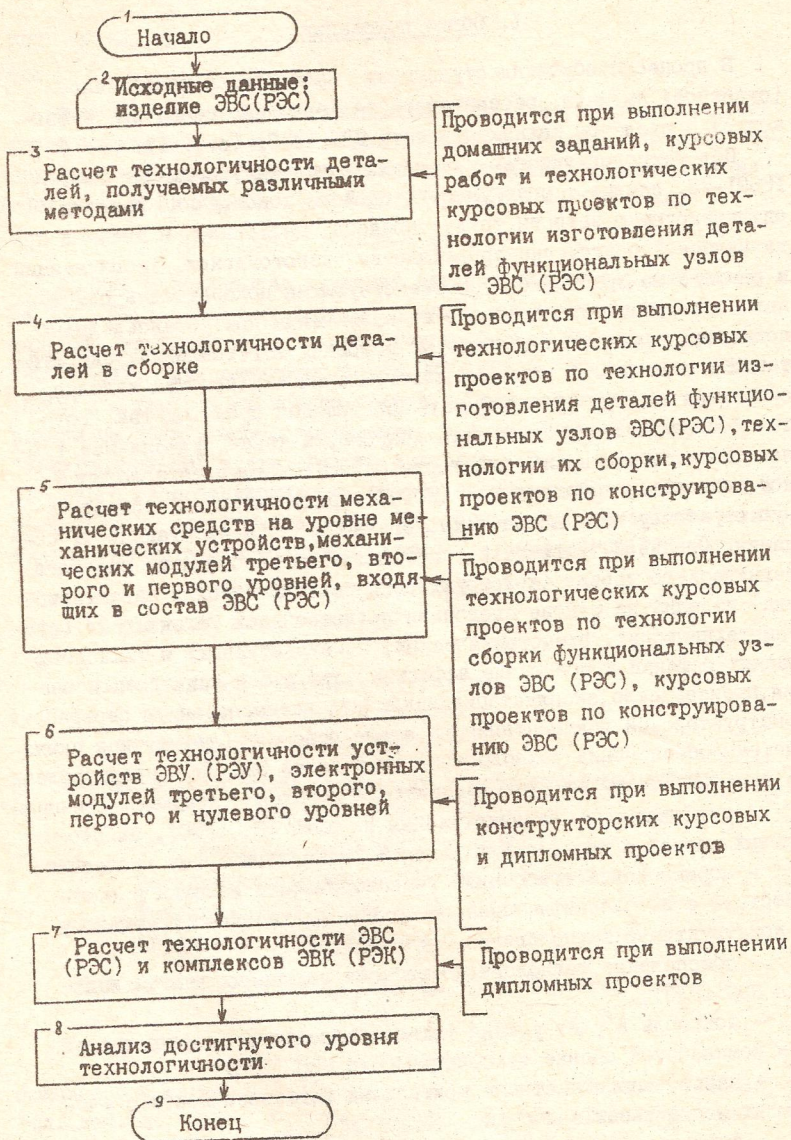


Рис. I

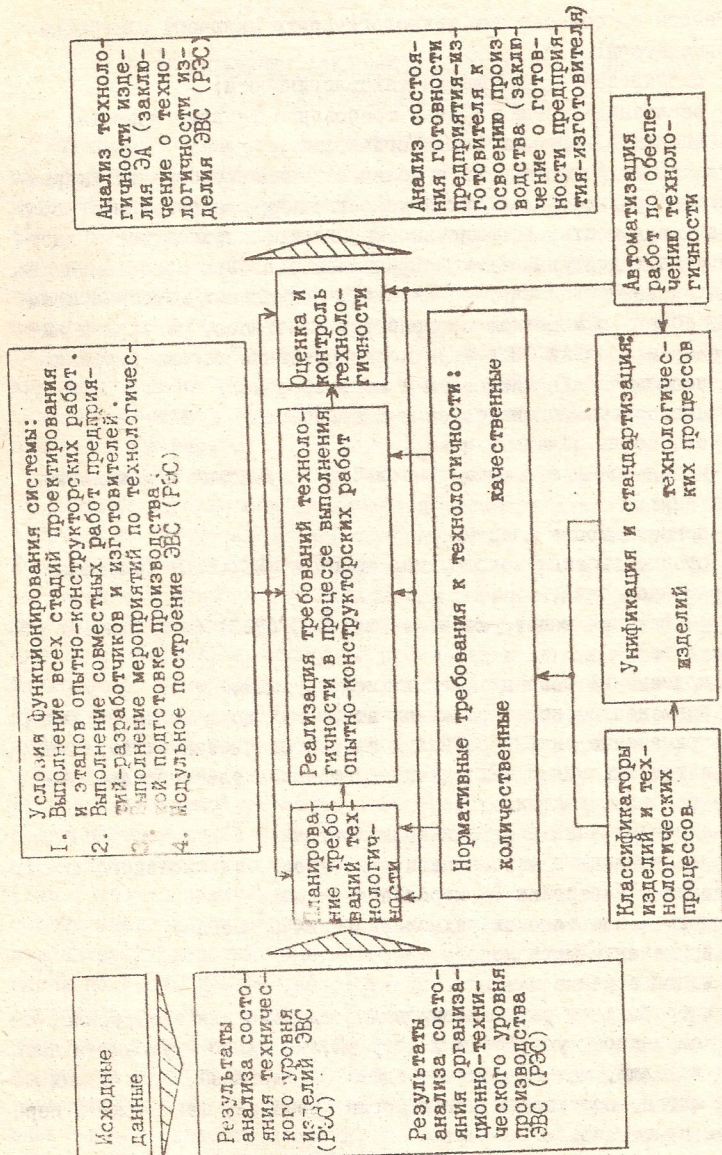


Рис. 2

Работы по обеспечению технологичности включают следующие основные этапы:

- планирование требований технологичности;
- реализация установленных требований технологичности;
- оценка и контроль технологичности.

Различают качественные и количественные требования (характеристики) технологичности. К качественным требованиям относят взаимозаменяемость, регулируемость, контролепригодность, инструментальную доступность конструкции и т.п. Эти требования регламентированы отдельно для изделий, получаемых методами штамповки, сборки и монтажа, переработки пластмасс, резания и литья, сварки и пайки. Основные количественные характеристики:

- использование микросхем и микросборок;
- повторяемость микросхем и микросборок;
- сложность печатных плат;
- использование плоских кабелей в межузловых и межблочных соединениях;
- применяемость пластмасс;
- стандартизация конструкции изделия ЭВС (РЭС) (коэффициент применяемости);
- унификация конструкции изделия ЭВС (РЭС) (коэффициент повторяемости);
- применение базовых несущих конструкций;
- применение унифицированных вторичных источников питания;
- применение унифицированных элементов систем охлаждения;
- автоматизация и механизация установки электрорадиоэлементов на печатных платах;
- автоматизация и механизация монтажа;
- механизация и автоматизация контроля, технического диагностирования и настройки (контролепригодности);
- применение типовых технологических процессов;
- применение металлопорошков;
- использование металла.

Эти требования регламентированы отдельно для электронных систем, комплексов, устройств и модулей, кабельно-жгутовых и намоточных изделий, механических средств ЭА, деталей, получаемых методами литья, порошковой металлургии, резания, штамповки и переработки пластмасс.

## 2. Обеспечение технологичности изделий ЭВС (РЭС) в процессе разработки

Технологичными изделия ЭВС (РЭС) стремятся сделать с момента разработки эскизного проекта и до момента изготовления опытного образца и серии изделий. Характер обработки изделия ЭВС (РЭС) на технологичность зависит не только от стадии проектирования, но и от вида изделия и объема выпуска; типа, назначения изделия; методов изготовления; прогрессивности оборудования и оснастки; организации производства (ГОСТ 14.201-73, 14.203-73, 14.204-73, 2.121-73, 18.831-73). Последовательность выполнения работ по обеспечению технологичности изделий на стадиях разработки и этапах опытно-конструкторских работ (ОКР) приведена на рис. 3.

Результаты постоянно проводимого анализа технического уровня изделий и технического уровня производства используются разработчиком при установлении требований технологичности в тактико-техническом задании (ТТЗ) или техническом задании (ТЗ). При выполнении технического предложения разработчик (конструкторские отделы, занятые разработкой системотехнических и схемотехнических решений) анализирует состояние и перспективы развития технологии, материалов, средств технологического оснащения, сравнительную оценку технологичности предлагаемых вариантов изделия ЭВС (РЭС) по установленной в ТТЗ (ТЗ) номенклатуре показателей. На этапе эскизного проектирования разработчик (конструкторские отделы) устанавливает требования по применению определенной элементной базы, несущих конструкций, средств вторичного электропитания, требования технологичности изделия ЭВС (РЭС), его составных частей. Совместно с изготовителем разработчик анализирует принципиальные схемотехнические решения, номенклатуру используемых материалов, комплектующих изделий, расчлененность изделия на составные части, возможность заимствования составных частей серийно выпускаемых изделий; организационный уровень производства предприятия-изготовителя; проектирование и изготовление специальных средств технологического оснащения, новых материалов и технологических процессов; оценивает технологичность изделия, технологический контроль конструкторской документации. На этапах технического проекта и разработки рабочей документации опытного образца проводятся анализ и оценка технологичности изделий ЭВС (РЭС).

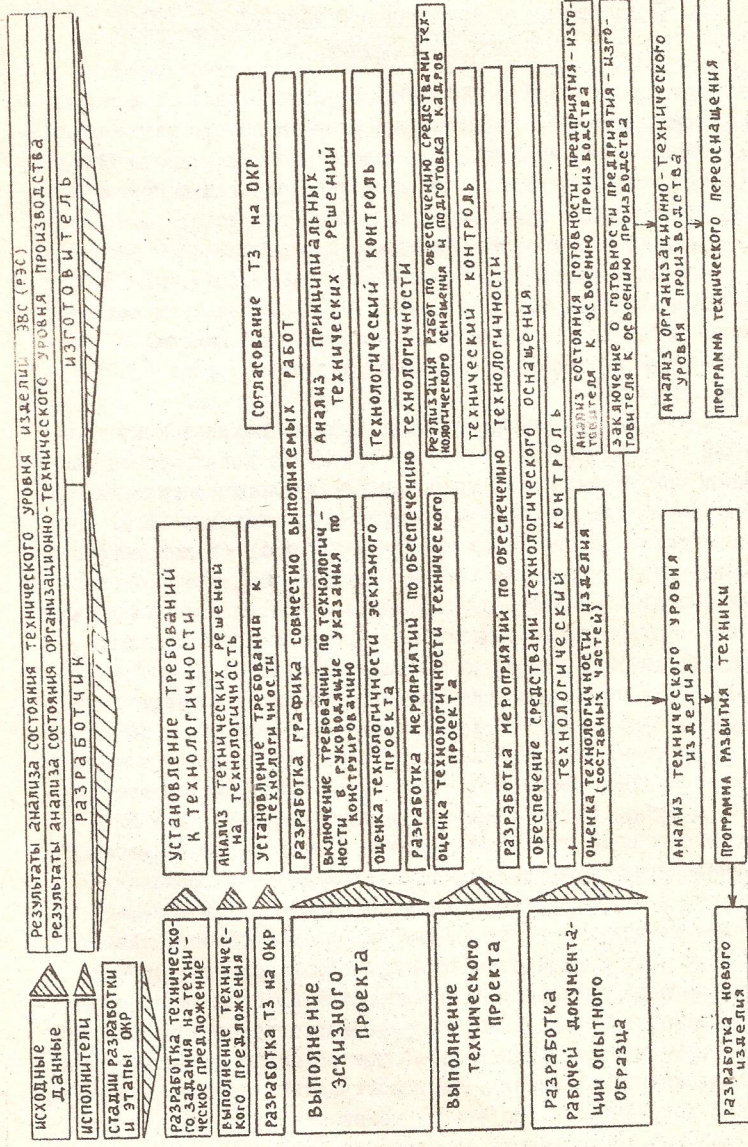


Рис. 3



Целесообразной является отработка изделия ЭВС (РЭС) на технологичность уже на ранних этапах его проектирования. Изделие ЭВС (РЭС) можно создать из большого числа простых деталей, изготовленных с помощью точения, штамповки, прессования, других методов, или из небольшого числа сложных деталей, изготовленных литьем под давлением, точным литьем и т.п. [1]. Основные конструкторско-технологические этапы разработки оригинальных деталей ЭВС (РЭС) показаны на рис. 4.

### 3. Конструкторско-технологический классификатор изделий ЭВС (РЭС)

Конструкторско-технологическая классификация изделий ЭВС (РЭС) осуществляется по признакам, определяющим технологический процесс их изготовления. Ее основная цель - сгруппировать изделия по общности технологических процессов и установить на этой основе методы решения следующих задач:

- разработка групповых технологических процессов (ГТП);
- обеспечение технологичности изделий ЭВС (РЭС);
- управление трудоемкостью;
- организация специализированных производств;
- формирование базы данных для систем автоматизированного поиска и проектирования;
- планирование работ по унификации и стандартизации технологических процессов.

Конструкторско-технологический код содержит 14 знаков. Первые 6 знаков кодируют признаки, определяющие основное содержание ГТП изготовления изделий ЭВС (РЭС) (для электронных систем и комплексов основное содержание работ по монтажу, стыковке, контролю и техническому диагностированию). Следующие 8 знаков регламентируют признаки, уточняющие содержание ГТП. Указанные группы знаков отделены друг от друга точкой. Ступени классификации и структура кода представлены на рис. 5. Кодовые обозначения по указанным признакам сведены в классификационные таблицы. На их основе сформирована база данных для автоматизированного определения с использованием ЭВМ в диалоговом режиме конструкторско-технологического кода изделия ЭВС (РЭС). Структуру программы, ее описание и работу с ней см. в разделе 7.

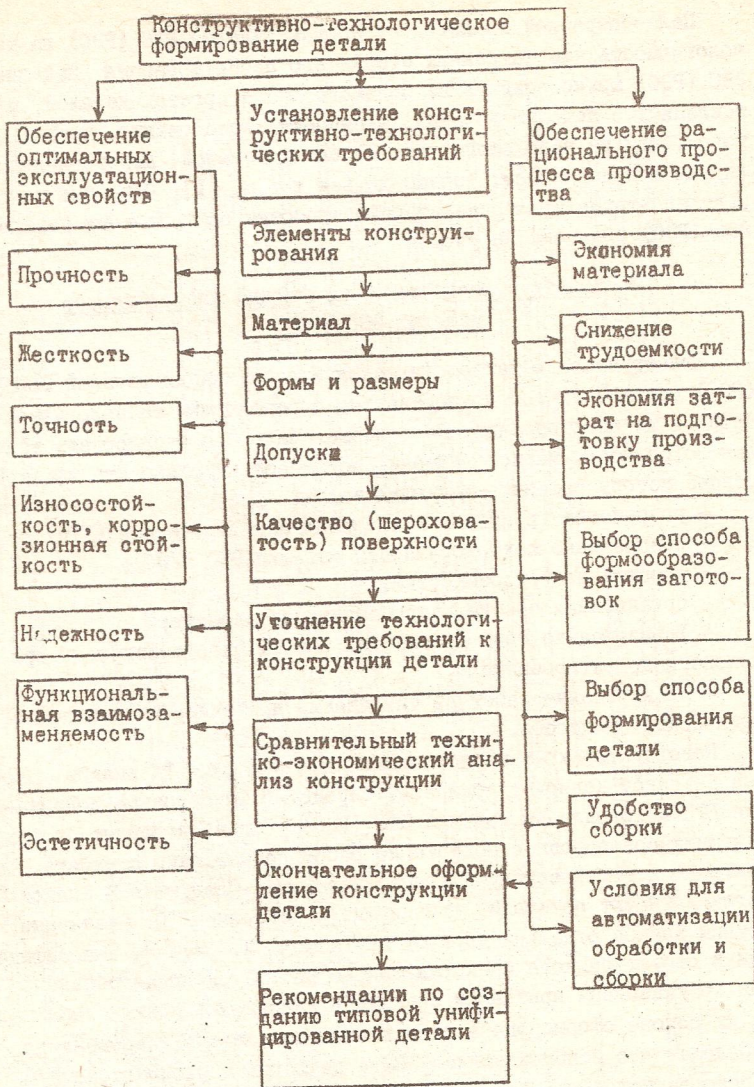


Рис. 4

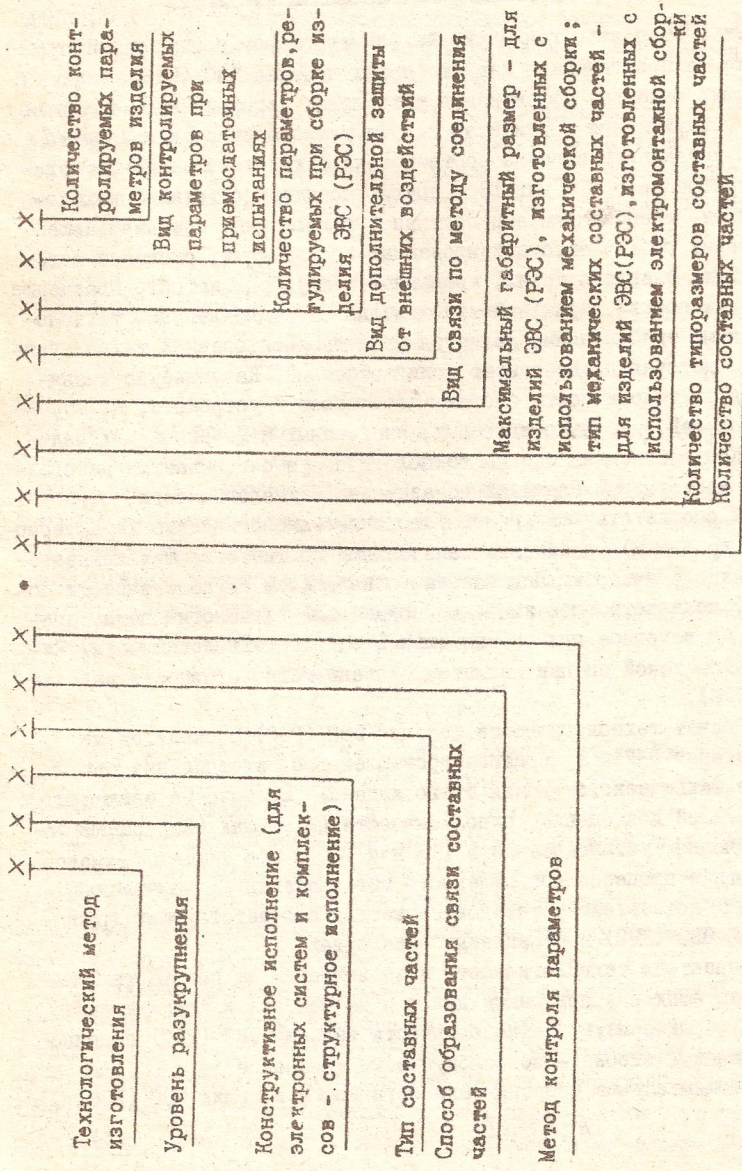


Рис. 5

#### 4. Расчет технологичности изделий ЭВС (РЭС)

Этот этап является одним из элементов формирования конструкторско-технологических характеристик изделия ЭВС (РЭС), обуславливающих наиболее эффективную технологию изготовления, технического обслуживания и ремонта. Расчет технологичности проводится, чтобы установить степень соответствия технических решений изделия требованиям ТТЗ или ТЗ и других нормативно-технических документов, требованиям перспективной технологии, обеспечивающей внедрение гибких автоматизированных производств, снижение материальных, энергетических, временных и трудовых затрат. Сравнение конструкторских характеристик изделия с установленными технологическими требованиями является качественной оценкой технологичности, которая предшествует количественной. Качественно оценивается технологичность систем, комплексов и устройств, электронных модулей, кабельно-штуповых, намоточных и механических изделий. Количественная оценка технологичности основывается на сравнении достигнутых значений показателей технологичности, отражающих соответствующие конструкторско-технологические характеристики (признаки), с базовыми значениями соответствующих показателей технологичности. Под базовым показателем технологичности понимается количественное значение показателя технологичности, принятое за исходное при сравнительной оценке технологичности. Результатом такой оценки является уровень технологичности изделия ЭВС (РЭС).

Расчет технологичности изделия ЭВС (РЭС) проводится на всех этапах ОКР и в процессе промышленного изготовления при оценке технического уровня этого изделия. За базовые значения показателей при оценке технологичности на этапах ОКР принимаются значения, установленные в ТТЗ или ТЗ, а при оценке технологичности в процессе промышленного изготовления - нормативные значения показателей, установленные для соответствующих групп изделий ЭВС (РЭС) в отраслевых стандартах.

Показатели технологичности в зависимости от количества характеризующих ими признаков делятся на частные и комплексные. Первые характеризуют технологичность изделия ЭВС (РЭС) по одному признаку, вторые - по совокупности признаков.

В общем случае уровень технологичности изделия ЭВС (РЭС)

$$K_u = K_g / K_b, \quad (I)$$

где  $K_g$  - достигнутое значение показателя технологичности изделия;  $K_b$  - базовое значение показателя технологичности.

Расчет уровня технологичности изделия ЭВС (РЭС) проводится по комплексному показателю технологичности. При  $K_u < 1$  по комплексному показателю проводится анализ технических решений изделия с определением уровня технологичности по частным показателям. Уровень технологичности изделия  $K_u^{\delta}$  определяется переводом значений, получаемых по формуле (1), в баллы по четырехбалльной шкале:

$$K_u^{\delta} = K_u / 0,25. \quad (2)$$

Комплексный показатель технологичности изделия ЭВС (РЭС)

$$K_g = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i K_i + \varphi_{c.z} \cdot K_{c.z}}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad (3)$$

где  $\varphi_i$  - коэффициент весомости  $i$ -го частного показателя технологичности изделия;  $K_i$  - значение  $i$ -го частного показателя технологичности изделия;  $n$  - общее число частных показателей технологичности изделия, включая и  $K_{c.z}$ , в обязательной номенклатуре показателей для данной группы изделий;  $\varphi_{c.z}$  - коэффициент весомости показателя технологичности составных частей;  $K_{c.z}$  - значение частного показателя технологичности составных частей, рассчитываемого по формуле

$$K_{c.z} = \sum_{j=1}^m \lambda_j \cdot K_{j.c.z}, \quad (4)$$

где  $K_{j.c.z}$  - значение комплексного показателя технологичности  $j$ -й составной части;  $m$  - число составных частей;  $\lambda_j$  - значение показателя весомости  $j$ -й составной части.

Для определения показателя весомости составной части изделия ЭВС (РЭС) условно делится на условные модули. Уровень разукрупнения составной части, по которой производится условное деление, не должен отличаться от уровня разукрупнения изделия более чем на два порядка (уровня).

Рассмотрим изделие, которое выполнено как электронный модуль 3-го уровня (шкаф), содержащий модули 2-го и 1-го уровней и электрический монтаж, реализованный непосредственно на базовых несущих конструкциях. Электрический монтаж и модули 1-го уровня занимают объем, соответствующий электронному модулю 2-го уровня. В этом случае за условный модуль, по которому следует произ-

водить разбиение, принимается электронный модуль I-го уровня.

Для изделия ЭВС (РЭС), выполненного на уровне механического устройства, условное разбиение должно производиться не ниже механического модуля 2-го уровня. Тогда показатель весомости составной части

$$\lambda_j = ac/b,$$

где  $a$  - применяемость составной части;  $c$  - количество условных модулей в составной части;  $b$  - общее количество условных модулей в изделии ЭВС (РЭС).

Схема учета комплексного показателя технологичности составных частей при определении комплексного показателя технологичности изделия ЭВС (РЭС) представлена на рис. 6, а последовательность определения комплексного показателя технологичности изделия ЭВС (РЭС) - на рис. 7.

Расчет технологичности изделия ЭВС (РЭС) включает:

1) определение конструкторско-технологического кода изделия ЭВС (РЭС) в соответствии с разделом 3;

2) определение произведения нормированных значений частных показателей технологичности на коэффициенты их весомости.

Под нормированным значением показателя технологичности понимают значение технологичности, соответствующее наиболее эффективной технологии изготовления, технического обслуживания и ремонта. Обязательная номенклатура, коэффициенты весомости и нормированные значения показателей технологичности изделий ЭВС (РЭС) на уровне электронных систем, комплексов, устройств и модулей для кабельно-жгутовых и намоточных изделий и механических средств сводятся в таблицы (см. табл. 1, 2) в соответствии с условиями механизации монтажных, стыковочных и настроечных работ, автоматизации контроля и технического диагностирования, удобства технического обслуживания и ремонта.

Таблица 1

Наименование показателя	Обозначение показателя	Конструктивно-технологический код	Нормированное значение показателя	Коэффициенты весомости	Значение

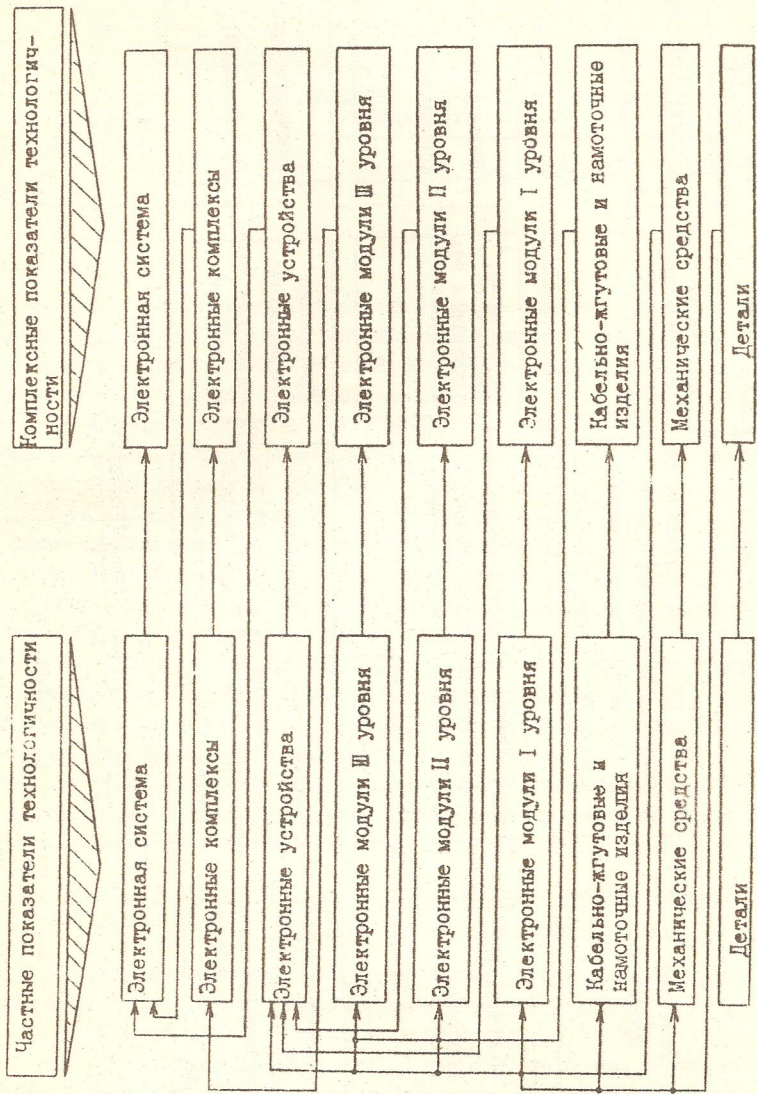


Рис. 6

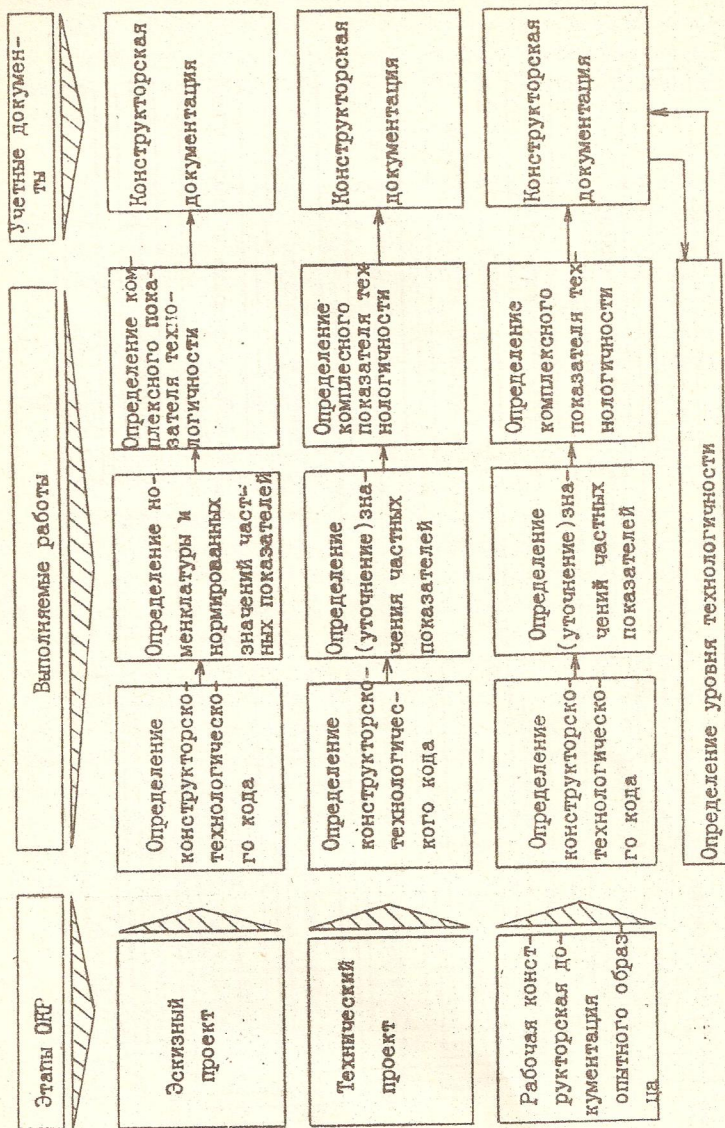


Рис. 7



Таблица 2

Функциональное назначение	Нормативное значение показателя технологичности изделия	
	Частные показатели	Комплексный показатель

На их основе сформирована база данных для автоматизированного определения с использованием ЭВМ в диалоговом режиме показателей технологичности изделий ЭВС (РЭС). Структуру программы, ее описание и работу с ней см. в разделе 7;

3) определение расчетных значений частных показателей, входящих в обязательную номенклатуру показателей технологичности, в том числе показатель технологичности составных частей по формуле (4). Следует отметить, что значения показателей технологичности унифицированных, стандартизированных и покупных составных частей принимаются равными 1. Заимствованные не унифицированные изделия (составные части) оцениваются по описываемой методике;

4) определение комплексного показателя технологичности изделия ЭВС (РЭС) по формуле (3). При расчете данного показателя для кабельно-жгутовых и намоточных изделий значение  $K_{с.з}$  принимается равным 1 при отсутствии составных частей (провода и прочие материалы как составные части не рассматриваются);

5) по результатам расчета технологичности изделий ЭВС (РЭС) проводится анализ достигнутого уровня технологичности и даются рекомендации по его корректировке (см. раздел 6 настоящих указаний).

### 5. Расчет технологичности деталей

Последовательность проведения технологического анализа и расчет технологичности деталей приведены на рис. 8.

Расчет технологичности детали включает:

1) по указанному в ТТЗ или ТЗ назначению детали осуществляется выбор материала из предпочтительного ряда: пластмассы; металлопорошки; металлы и сплавы;

2) качественная оценка технологичности деталей отдельно для деталей из пластмасс и металлопорошков, металлов и сплавов, по-

лучаемых штамповкой или литьем и резанием. Критерием технологичности деталей является соответствие элементов их конструкций требованиям ТТЗ или ТЗ и автоматизированной сборки;

3) определение комплексного показателя технологичности детали, получаемого как совокупность значений частных показателей технологичности с учетом коэффициента их весомости по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} K_i \varphi_i + K_{сб} \varphi_{сб}}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} \quad (5)$$

где  $K_{сб}$  - значение частного показателя технологичности детали в сборке;  $\varphi_{сб}$  - значение коэффициента весомости частного показателя технологичности детали в сборке.

Количественное значение показателя технологичности детали в сборке  $K_{сб}$  определяется как совокупность значений частных показателей технологичности детали в сборке и рассчитывается по формуле

$$K_{сб} = \frac{\sum_{i=1}^5 K_{iг} \varphi_{iг}}{\sum_{i=1}^5 \varphi_{iг}} \quad (6)$$

где  $K_{iг}$  - значение  $i$ -го частного показателя технологичности детали в сборке;  $\varphi_{iг}$  - коэффициент весомости  $i$ -го частного показателя технологичности детали в сборке.

Обязательная номенклатура и коэффициенты весомости частных показателей технологичности детали в сборке приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п	Показатель	Обозначение	Коэффициент весомости
1	Сохраняемости формы детали	$K_{ф.д}$	1
2	Сохраняемости положения при сборке	$K_{с.п}$	0,9
3	Автоматического ориентирования	$K_{а.о}$	0,8
4	Автоматического базирования	$K_{а.б}$	0,7
5	Слепляемости деталей при сборке	$K_{с.д}$	0,6

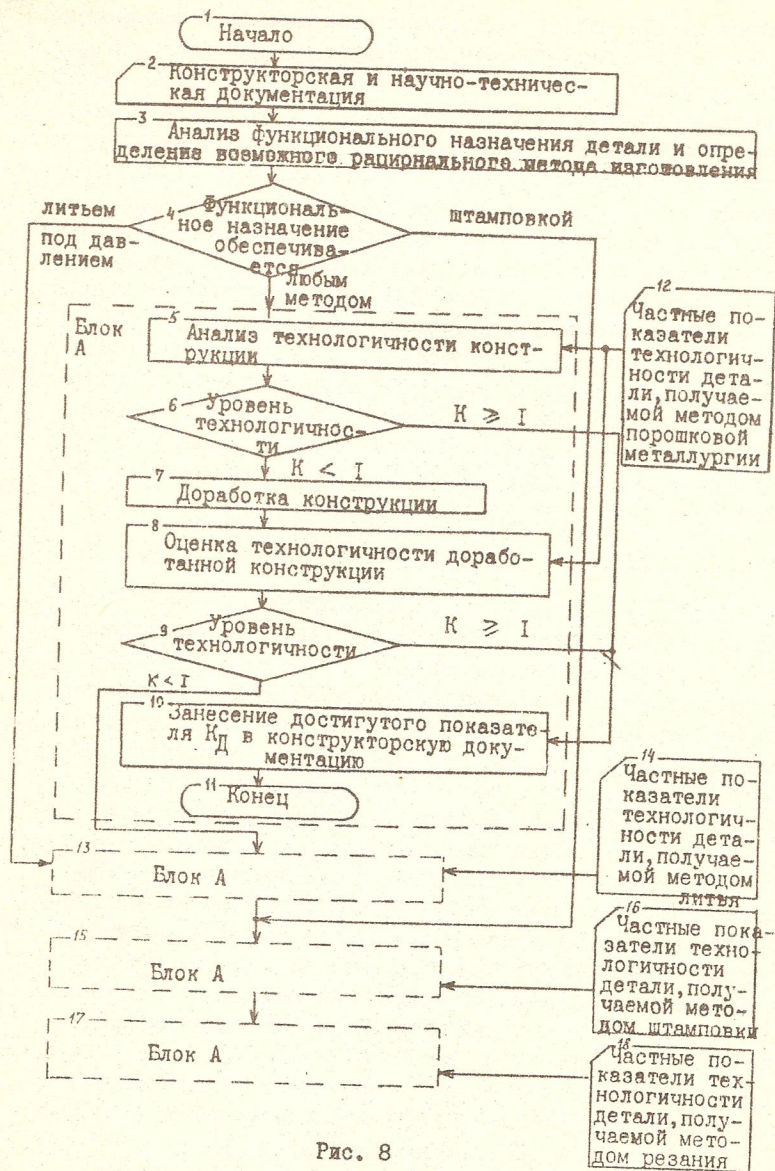


Рис. 8

Нормированные значения частных показателей технологичности деталей в сборке в зависимости от степени их пригодности к автоматизированной сборке сводятся в таблицы. На их основе сформирована база данных для автоматизированного определения (с использованием ЭВМ в диалоговом режиме) показателей технологичности деталей. Структуру программы, ее описание и работу с ней см. в разделе 7;

4) определение уровня технологичности детали по формуле (I). При уровне технологичности детали, не отвечающему условию  $K \geq 1$ , принимается решение о доработке элементов конструкции. Если доработка элементов конструкции не обеспечивает  $K \geq 1$ , то принимается решение об изготовлении детали из другого материала по предпочтительному ряду, указанному в разделе I данной методики или другим технологическим методом в соответствии с рис. 7. При этом расчет технологичности детали и принятие решения о доработке элементов конструкции или изготовлении другим методом осуществляется по эскизу детали.

#### 6. Оценка достигнутого уровня технологичности

По результатам расчета технологичности изделий ЭВС (РЭС) оценивается достигнутый уровень технологичности и проводится отработка изделия на технологичность.

При оценке технологичности изделий ЭВС (РЭС) возможны два варианта. Первый вариант предусматривает определение комплексного показателя технологичности, являющегося количественной оценкой уровня технологичности. Этот показатель может быть использован как аналог при дальнейших расчетах. Второй вариант предусматривает отработку изделия ЭВС (РЭС) на технологичность. Для этого в ТТЗ или ТЗ указывается конкретное значение комплексного показателя технологичности, которое необходимо достичь (базовое значение показателя). В качестве исходной информации при формировании ТТЗ (ТЗ) можно использовать нормативные значения комплексного показателя технологичности  $K_H$ , зависящие от класса ЭВС (РЭС) и стадии разработки рабочей документации [2, 3] (см. табл. 4).

По выбранному  $K_H$  из соответствующего диапазона значений устанавливается комплексный показатель  $K_E$  технологичности для ТТЗ (ТЗ). По значению  $K_E$  оценивается достигнутый уровень технологичности изделия ЭВС (РЭС) с помощью формулы (I). При этом

должно выполняться условие

$$K_u = K_g / K_b \geq 1. \quad (7)$$

Если условие (7) не выполняется, то проводится анализ всех частных показателей технологичности с целью выявления характерных показателей, в наибольшей степени влияющих на комплексный показатель технологичности  $K_D$ . В выявленном направлении проводится работа по совершенствованию конструкции или изделия ЭВС (РЭС) в целом до выполнения условия (7).

Таблица 4

Наименование класса изделий	Нормативное значение комплексного показателя технологичности $K_N$		
	Стадии разработки рабочей документации		
	Опытный образ- ец (партия)	Установочная серия	Установившееся серийное производство
ЭВС	0,4-0,7	0,45-0,75	0,5-0,8
РЭС	0,4-0,6	0,75-0,8	0,8-0,85
Электромехани- ческие и меха- нические	0,3-0,5	0,4 -0,55	0,45-0,6
Соединительные, коммутационные, распределитель- ные	0,35-0,55	0,5 -0,7	0,55-0,75

Для целенаправленного выявления характерных частных показателей технологичности необходимо:

а) определить по табл. 1 нормированные значения частных показателей технологичности  $K_{iHP}$ , которые соответствуют конкретному техническому решению, определяемому конструкторско-технологическим кодом изделия ЭВС (РЭС);

б) определить по табл. 2 нормативные значения этих же частных показателей технологичности  $K_{iHT}$  для данного технического решения с учетом функционального назначения изделия;

в) определить разность  $\Delta K_i = K_{iHP} - K_{iHT}$  для каждого частного показателя и расположить их в возрастающем порядке с учетом знака  $\Delta K_{i(1)}$ ,  $\Delta K_{i(2)}$ , ...,  $\Delta K_{i(max)}$ . Полученный числовой ряд позволяет регламентировать последовательность работ по

корректировке частных показателей и конструкции изделия ЭВС (РЭС). Изменения начинают с  $\Delta K_{\text{сmin}}$ .

После отработки изделия на технологичность проводят его оценку в соответствии с описанной в разделе 4 методикой до выполнения условия (7).

#### 7. Расчет технологичности изделий ЭВС (РЭС) на ЭВМ

Для автоматизированного расчета технологичности изделий ЭВС (РЭС) и их составных частей используются микроЭВМ "Электроника-60" и диалоговый вычислительный комплекс ДВК. Структурная схема обобщенного алгоритма расчета технологичности представлена на рис. 9. Программа расчета реализована на алгоритмическом языке *Basic*, что позволяет осуществлять диалоговый режим работы с программой и в зависимости от полученных результатов принимать решение о конструктивных доработках и о пересчете по программе при новых исходных данных; это сокращает время получения конечного результата. Рассмотрим структуру программы и особенности ее эксплуатации.

Программа предназначена для расчета технологичности изделий ЭВС (РЭС) разных уровней модульности, деталей в сборке и отдельных деталей, получаемых порошковой металлургией, штамповкой, литьем, резанием и переработкой пластмасс, а также для определения конструктивно-технологического кода изделий. Все необходимые для этого справочные данные, база данных по классификации и кодировке изделия, номенклатуре частных показателей для различных уровней модульности, функционального назначения и способа изготовления, их нормированные и нормативные значения введены в ЭВМ.

Общая структура программного обеспечения расчета технологичности изображена на рис. 10. Она состоит из управляющей программы *MASTER* и библиотеки подпрограмм. Управляющая программа на основе информации, полученной от пользователя ЭВМ, осуществляет выбор необходимых подпрограмм и загружает их в оперативную память микроЭВМ. Загрузка каждой последующей подпрограммы производится только после выполнения предыдущей.

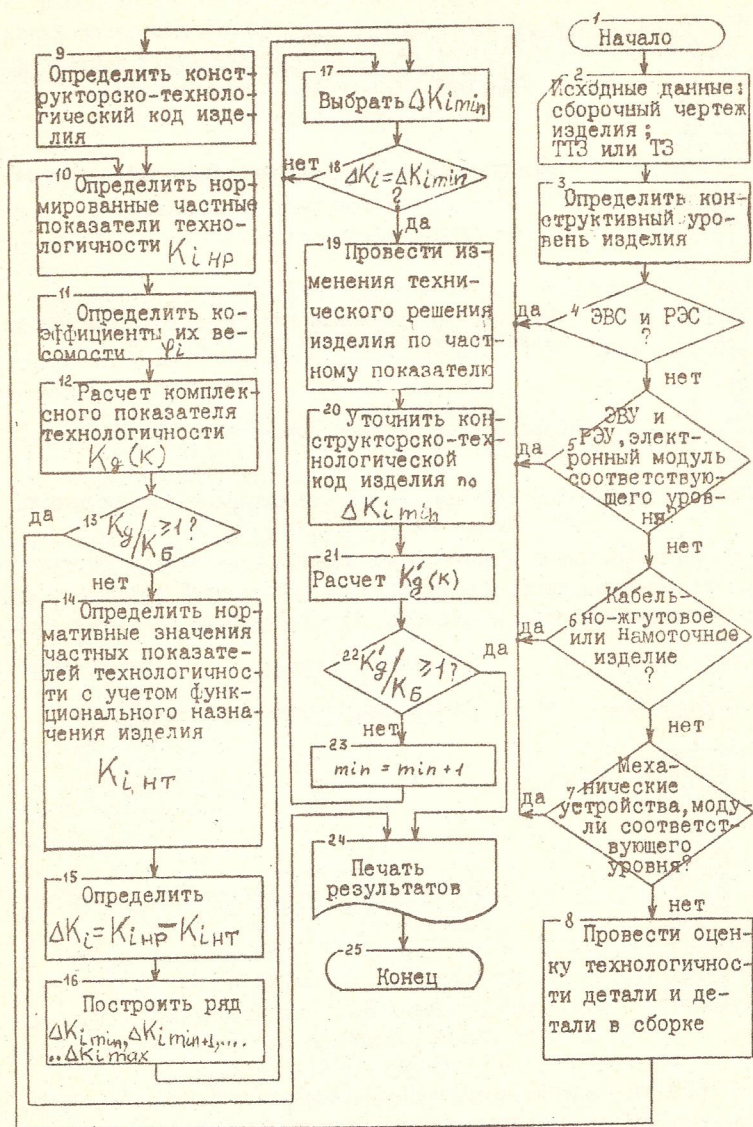


Рис. 9

Подпрограммы выполняют следующие функции:

KODIF	Определение конструкторско-технологического кода ЭВС (РЭС)
ЕХЕС81 ЕХЕС82 ЕХЕС83 ЕХЕС84 ЕХЕС85 ЕХЕС86 ЕХЕС87 ЕХЕС88 ЕХЕС89	Определение частных показателей технологичности ЭВС (РЭС)
ЕХЕС43 ЕХЕС44 ЕХЕС45 ЕХЕС46	Определение частных показателей технологичности механических устройств ЭВС (РЭС)
ДТЛ 1 ДТЛ 2 ДТЛ 3 ДТЛ 4 ДТЛ 5	Определение частных показателей технологичности деталей
SBOR	Определение показателя технологичности детали в сборе

По выбранным в подпрограмме частным показателям технологичности основная программа определяет комплексный показатель технологичности изделия и уровень технологичности изделия в целом.

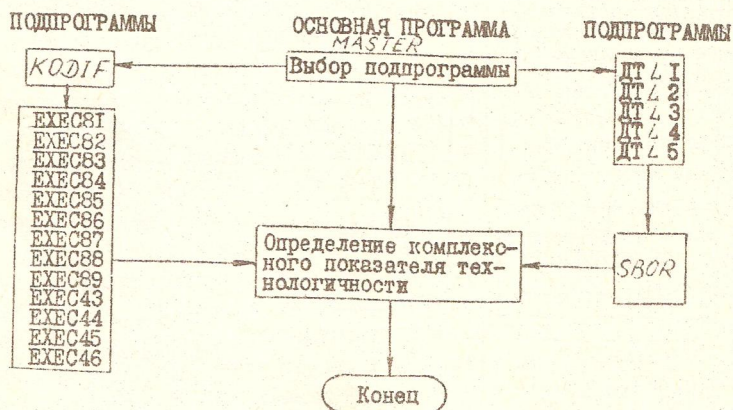


Рис. 10

При определении комплексного показателя технологичности изделия ЭВС (РЭС) учитываются показатели технологичности составных частей, поэтому изделие условно делится на модули (см. раздел 4). Для каждого из этих модулей с помощью программы определяется комплексный показатель технологичности, который бу-



дет использоваться как частный показатель технологичности составной части изделия на более высоком уровне разукрупнения; при определении комплексного показателя составной части на низшем уровне коэффициент технологичности составных частей не учитывается и на запрос программы о количестве составных частей вводится ноль.

Таким образом, программу необходимо выполнить столько раз, сколько в изделии составных частей и еще один раз для определения комплексного показателя технологичности самого изделия ЭВС (РЭС).

Эксплуатация программы. Ввод программы в микроЭВМ осуществляется в соответствии с инструкциями по использованию "Электроники-60" и ДВК. Для загрузки программы в оперативную память микроЭВМ необходимо:

- 1) включить питание микроЭВМ и дисковода;
- 2) нажать на пульте ЭВМ кнопки "ПИТ" и "ПР", на экране дисплея должен появиться символ @ ;
- 3) вставить в левое окно дисковода системный диск, а в правое - диск с программой, закрыть оба окна;
- 4) загрузить операционную систему, набрав на клавиатуре команду ДФ;

После загрузки системы на экране должен появиться символ "." (точка);

5) набрать команду AS ДХІ ДК < ВК > ;

6) загрузить язык BASIC командой RUBASIC < ВК > ,

появится сообщение

BASIC-11/RT-11 V02-03  
OPTIONAL FUNCTIONS (ALL, NONE, OR INDIVIDUAL)?

Нажать клавишу ВК,

после сообщения

RADY

запустить программу на выполнение командой:

RUN MASTER ВК.

Программа работает в диалоговом режиме. В ходе выполнения программы на экране дисплея появляются запросы к пользователю и варианты ответов на них, необходимо выбрать нужный вариант и набрать соответствующий ему цифровой код, нажать ВК.

После окончания работы результаты расчетов управляющая программа MASTER записывает на магнитный диск в набор данных с именем PRINT, DAT, где они хранятся до начала следующего расчета.

Внимание! Для вывода результатов расчета на печать не забудьте включить печатающее устройство.

При корректировке подпрограммы и при составлении новых подпрограмм необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) номер первой строки подпрограммы должен быть равен 6  $\emptyset \emptyset \emptyset$ ;
- 2) шаг нумерации строк не должен отличаться от числа 10;
- 3) подпрограмма обязательно должна заканчиваться оператором RETURN .

### 8. Примеры расчета технологичности изделий ЭВС (РЭС)

Для практического пояснения рассмотренных методов расчета технологичности приведем примеры для различных уровней модульности изделий ЭВС (РЭС), способов их получения. Все необходимые данные по классификации, кодировке, номенклатуре показателей, их нормативных и нормированных значений получены из базы данных, хранящейся в памяти микроЭВМ (см. раздел 7).

Пример I. Провести расчет комплексного показателя технологичности детали, получаемой методом штамповки.

И с х о д н ы е    д а н н ы е:

материал - сталь прокатная угловая равнопрочная  
(ГОСТ 8509-72 профиль № 3, 6);

масса детали  $M_D = 0,63$  кг;

масса нормы расхода  $M_H = 0,65$  кг;

чертеж детали показан на рис. II.

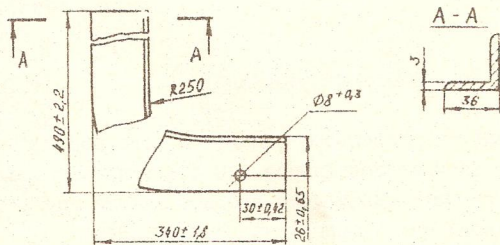


Рис. II

Решение. I. Определение подкласса детали.

Анализируя конструкции детали (деталь, гнутая из профиля), заключаем, что деталь соответствует подклассу 78.

2. Определение частных показателей технологичности детали (подкласс 78).

2.1. Показатель способа гибки  $K_{г.п}$  зависит от отношения минимального внутреннего радиуса гибки к минимальной высоте изгибаемого;  $K_{г.п} = 0,85$ .

2.2. Показатель способа гибки (по другим характеристикам процесса гибки)  $K_y$  зависит от отношения минимальной длины прямого участка изогнутой детали  $M_y$  к высоте изгибаемого профиля в плоскости гибки  $H_y$ , т.е.

$$\frac{M_y}{H_y} = \frac{340 - (250 + 36)}{36} = 1,5;$$

$$K_y = 0,8.$$

2.3. Показатель числа гибок  $K_{ч.г}$  зависит от числа гибок, равного 1;  $K_{ч.г} = 1$ .

2.4. Показатель сложности отверстий  $K_{отв}$  зависит от отношения минимального размера пробиваемого отверстия детали  $D_0$  к ее толщине  $S$ , т.е.

$$\frac{D_0}{S} = \frac{8}{3} = 2,67;$$

$$K_{отв} = 1.$$

2.5. Показатель критичности отверстий  $K_{д.отв}$  зависит от отношения минимального расстояния от края пробиваемого отверстия до края детали  $B$  к толщине  $S$ :

$$\frac{B}{S} = \frac{10-4}{3} = 2;$$

$$K_{д.отв} = 1.$$

2.6. Показатель использования материала  $K_{им}^п$  зависит от коэффициента использования материала

$$K_{им} = \frac{M_g}{M_n} = \frac{0,63}{0,65} = 0,97;$$

$$K_{им}^п = 1.$$

2.7. Показатель технологичности детали в сборке  $K_{сб}$  рассчитывается по методике, изложенной в разделе 5 и в примере 6;  $K_{сб} = 0,94$ .

3. Комплексный показатель технологичности детали определяется по формуле (5) с учетом того, что коэффициенты весомости

частных показателей технологичности для деталей, получаемых методом штамповки, одинаковы и равны I:

$$K = \frac{0,85 + 0,80 + 1,00 + 1,00 + 1,00 + 1,00 + 0,94}{7} = 0,94$$

4. Для детали подкласса 78 нормативное значение комплексного показателя технологичности равно 0,68. Полученное расчетом значение комплексного показателя, равное 0,94, свидетельствует о том, что деталь соответствует условиям автоматизированной сборки и не требует изменения элементов конструкции.

**Пример 2.** Рассчитать комплексный показатель технологичности детали, получаемой методом литья.

Исходные данные:

- материал - алюминиевый сплав АЛ-2;
- предполагаемый способ литья - под давлением;
- количество поверхностей  $h = 10$ ;
- толщина стенки наибольшая  $S_{max} = 9,5$  мм;
- толщина стенки наименьшая  $S_{min} = 4$  мм;
- масса детали  $M_d = 0,118$  кг;
- масса отливки  $M_o = 0,131$  кг;
- количество плоскостей разреза  $m = 1$ ;
- чертеж детали показан на рис. 12.

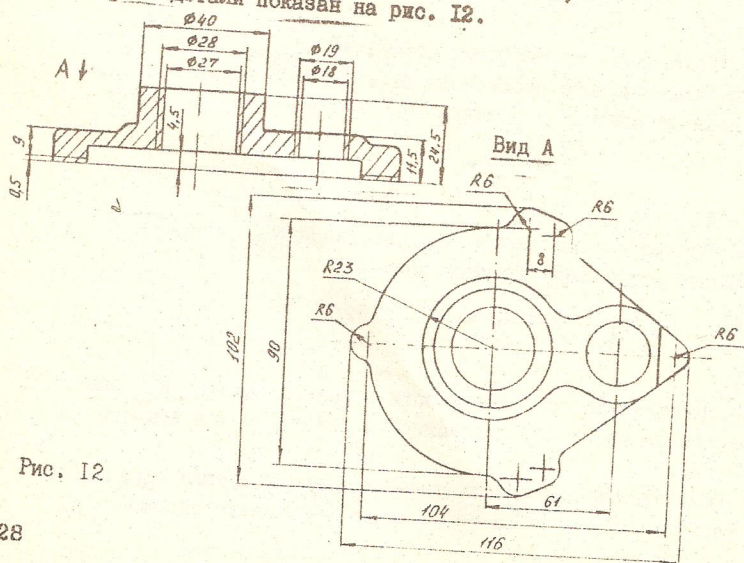


Рис. 12

Решение. I. Определение частных показателей технологичности детали.

I.1. Показатель сложности формы отливки  $K_{с.о}$

$$K_{с.о} = \frac{24}{h} = \frac{24}{10} = 2,4$$

Так как  $K_{с.о} > 1$ , то в расчете принимают  $K_{с.о} = 1$

I.2. Показатель равномерности толщины стенки отливки  $K_{р.о}$  зависит от отношения наибольшей  $S_{max}$  и наименьшей  $S_{min}$  толщин стенок:

$$\frac{S_{max}}{S_{min}} = \frac{9,5}{4,0} = 2,37;$$

$$K_{р.о} = 0,7.$$

I.3. Показатель соотношения ребер жесткости и тела отливки  $K_{р.ж}$ . В связи с отсутствием ребер жесткости у детали  $K_{р.ж} = 1$ .

I.4. Показатель использования металла  $K_{и.м}^П$  определяется по коэффициенту использования металла

$$K_{и.м}^П = \frac{M_d}{M_0} = \frac{0,118}{0,131} = 0,9;$$

$$K_{и.м}^П = 0,9.$$

I.5. Показатель сложности линии разреза  $K_{с.р}$  определяется количеством линий разреза:

$$K_{с.р} = 1 - 0,1m = 1.$$

I.6. Показатель направленного затвердевания  $K_{н.з}$  для отливок, изготавливаемых под давлением,  $K_{н.з} = 1$ .

I.7. Показатель наличия поднутрений  $K_{н.п}$ . Так как в детали поднутрения отсутствуют, то  $K_{н.п} = 1$ .

I.8. Показатель технологичности в сборке  $K_{сб}$  рассчитывается по методике, изложенной в разделе 5 и примере 6;  $K_{сб} = 0,94$ .

2. Комплексный показатель технологичности детали определяется по формуле (5) с учетом того, что коэффициенты весомости частных показателей технологичности для деталей, получаемых методом литья, одинаковы и равны 1:

$$K = \frac{1,0+0,70+1,0+0,90+1,0+1,0+1,0+0,94}{8} = 0,94$$

3. Нормативное значение комплексного показателя технологичности данной детали равно 0,73. Расчетное значение комплексного показателя технологичности, равное 0,94, свидетельствует о том, что деталь может быть изготовлена без изменения ее конструкции не только литьем под давлением, но и литьем в песчаные формы, в кокиль, по выплавляемым моделям, жидкой штамповкой.

Пример 3. Провести расчет комплексного показателя технологичности детали, получаемой методом резания.

И с х о д н ы е   д а н н ы е:

материал - сталь 40X;

масса детали  $M_d = 0,871$  кг;

масса заготовки  $M_z = 14,2$  кг;

чертеж детали показан на рис. 13.

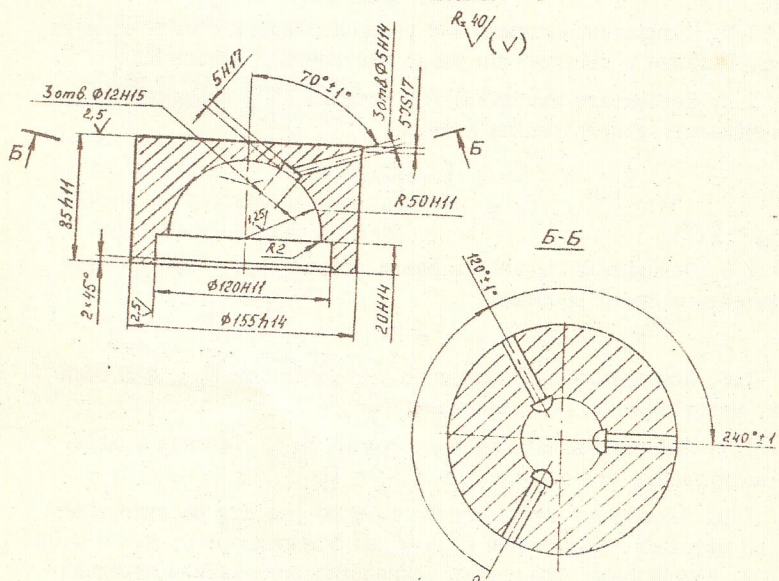


Рис. 13

Решение. I. Определение частных показателей технологичности детали.

I.1. Показатель использования материала  $K_{и.м}^II$  зависит от соотношения

$$\frac{M_d}{M_z} = \frac{0,871}{14,2} = 0,061;$$

$$K_{н.м}^П = 0,6.$$

1.2. Показатель обрабатываемости материала  $K_{о.м}$ . Для стали 40X  $K_{о.м} = 0,5$ .

1.3. Показатель унификации конструктивных элементов  $K_{у.э}$  рассчитывается по формуле

$$K_{у.э} = \frac{N_{у.э}}{N_э} - 0,1 r_э.$$

где  $N_{у.э}$  - количество унифицированных конструктивных элементов детали,  $N_{у.э} = 5$  (размеры  $\varnothing$  I55;  $\varnothing$  I20; 85; 20;  $2 \times 45^0$ );  
 $N_э$  - общее количество конструктивных элементов в детали,  $N_э = 9$ ;  $1/N_{у.э}$  + (сфера; зенковка; отверстие  $\varnothing$  5; R 2/;  $r_э$  - количество нетехнологических элементов, определяется из анализа конструкции детали:

- три отверстия  $\varnothing$  5H14, требующие сверления на глубину  $l > 10 d$  (согласно чертежу  $l = 55$  мм);  
 - три отверстия  $\varnothing$  5H14, у которых оси перпендикулярны к поверхностям входа и выхода инструмента (требуется специальный кондуктор);

- отверстия  $\varnothing$  I2H15, требующие зенковки на глубину 5 мм в местах выхода отверстий  $\varnothing$  5H14 под углом к осям отверстий (требуется специальное приспособление);

- отверстия  $\varnothing$  I2H15, требующие зенковки под углом к опорной поверхности детали (требуется специальное приспособление).

Таким образом,  $r_э = 4$ ; показатель  $K_{у.э} = 5/9 - 0,4 = 0,15$ .

1.4. Показатель повторяемости шероховатости поверхности  $K_{ш}$ . В детали предусмотрены поверхности с шероховатостями

$\sqrt{2,5}$ ,  $\sqrt{1,25}$ ,  $R_2 40$ , т.е. 3 класса шероховатости; следовательно,  $K_{ш} = 0,9$ .

1.5. Показатель технологичности детали в сборке  $K_{сб}$  рассчитывается по методике, приведенной в разделе 5 и в примере 6;  $K_{сб} = 0,94$ .

2. Комплексный показатель технологичности детали определяется по формуле (5):

$$K = \frac{0,6 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 0,1 + 0,15 \cdot 0,3 + 0,9 \cdot 0,2 + 0,94 \cdot 0,2}{1} = 0,58.$$

3. Сравнение полученного расчетом комплексного показателя технологичности с нормативным, равным 0,65, показывает, что де-

таль не удовлетворяет требованиям автоматизированной сборки и требуется изменение элементов ее конструкции.

Пример 4. Провести расчет комплексного показателя технологичности детали, изготавливаемой из пластмассы.

И с х о д н ы е д а н н ы е:

материал - фенoplast (ГОСТ 5.1958-76);  
 масса детали  $M_d = 5$  г;  
 масса используемой пластмассы  $M_{pl} = 9$  г;  
 общее количество отверстий  $m = 3$ ;  
 количество отверстий, направление которых отличается от направления прессования,  $f = 1$ ;  
 предполагаемый метод переработки - прессование (пресс-форма с одной плоскостью разъема);  
 чертеж детали представлен на рис. 14.

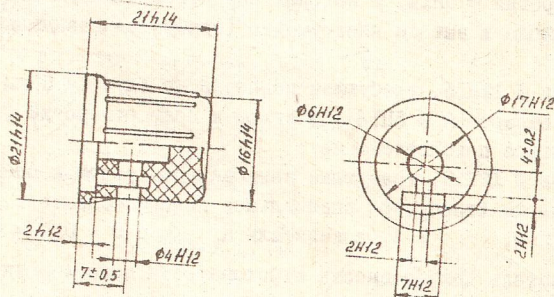


Рис. 14

Решение. I. Определение частных показателей технологичности детали.

I.1. Показатель сложности детали

$$K_{с.д} = I - h\rho - mg - fc,$$

где  $h$  - количество поднутрений в детали ( $h = 0$ );  $\rho$ ,  $g$ ,  $c$  - эмпирические коэффициенты ( $g = 0,01$ ;  $c = 0,015$ ;  $\rho = 0$ );

$$K_{с.д} = I - 0 - 3 \cdot 0,01 - I - 0 - I \cdot 0,015 = 0,96.$$

I.2. Показатель разнотолщинности стенок  $K_{p.c}$  зависит от со-



отношения максимальной  $S_{max}$  и минимальной  $S_{min}$  толщины стенок детали:

$$\frac{S_{max}}{S_{min}} = \frac{5}{2} = 2,5;$$

$K_{р.с.} = 0$ .

1.3. Показатель сложности линии разреза  $K_{л.р.}$ . Так как пресс-форма имеет одну плоскость разреза, то  $K_{л.р.} = 0$ .

1.4. Показатель использования пластмасс  $K_{и.п.}$  зависит от отношения массы детали  $M_d$  и массы используемой пластмассы  $M_n$ :

$$\frac{M_d}{M_n} = \frac{5}{9} = 0,55;$$

$K_{и.п.} = 0,7$ .

1.5. Показатель технологичности детали в сборке  $K_{об}$  рассчитывается по методике, приведенной в разделе 5 и примере 6;

$K_{об} = 0,9$ .

2. Комплексный показатель технологичности определяется по формуле (5) с учетом того, что коэффициенты весомости частных показателей технологичности для деталей, изготавливаемых их пластмасс, одинаковы и равны 1:

$$K = \frac{0,96 + 0 + 1 + 0,7 + 0,9}{5} = 0,71$$

3. Сравнение расчетного значения комплексного показателя технологичности, равного 0,71, с нормативными, которые зависят от метода изготовления детали, показывает, что исследуемая деталь может быть изготовлена литьевым прессованием ( $K_{н.т} = 0,7$ ) или прессованием ( $K_{н.т} = 0,65$ ).

Пример 5. Оценить технологичность механического средства ЭВС (РЭС).

И с х о д н ы е   д а н н ы е:

сборочный чертёж механического средства показан на рис. 15; спецификация;

значение комплексного показателя технологичности исследуемого изделия  $K_d = 0,91$ .

Решение. 1. Конструкторско-технологический код изделия определим, проанализировав конструкцию и отметив составные части кода (указаны в круглых скобках).

Механическое средство относится к группе изделий:

- изготавливаемых в механосборочном производстве (4);

- выполненных на уровне механических составных частей первого уровня (6);
- решетчатого типа (4);
- состоящих из деталей типа "тела вращения" и "плоскостные" (4);
- объединенных крепежными деталями (2);
- с контролем параметров стандартными линейно-угловыми мерителями (2).

Исследуемое изделие:

- состоит из пяти составных частей (2) пяти типоразмеров (3);
- максимальный габаритный размер 0,065 м (2);
- детали соединяются кленкой (2);
- места расклейки покрываются органическим лаком (3);
- параметры при сборке изделия не регулируются (I);
- контролируются механические параметры (I);
- контролируется один параметр, размер  $38 \pm 0,01$  (I).

Таким образом, конструкторско-технологический код исследуемого изделия

464422.23223III.

2. По полученному конструкторско-технологическому коду изделия определяем номенклатуру, нормированные значения частных показателей и коэффициенты их весомости (см.табл. I) и сводим в табл.5.

Таблица 5

Наименование показателя	Обозначение показателя	$K_i$	$\varphi_i$	$K_i \varphi_i$
Технологичность конструктивного исполнения	$K_{к.и}$	1	0,4	0,4
Технологичность по виду составных частей	$K_{в.с.ч}$	0,9	0,2	0,18
Технологичность по методу соединения	$K_{м.с}$	0,85	0,4	0,34
Контролепригодность	$K_{к.п}$	0,95	0,2	0,19
Сборность	$K_{сб}$	0,9	0,3	0,27
Повторяемость составных частей	$K_{п}$	0,9	0,3	0,27

3. Определение значения частных показателей технологичности изделия.

3.1. Показатель применения пластмасс  $K_{пр.пл}$  и применения металлопорошков  $K_{пр.мп}$ . Так как назначение входящих в изделие деталей не дает возможность изготовить их из пластмасс и металлопорошков, то  $K_{пр.пл} = 1,0$ ;  $K_{пр.мп} = 1,0$ , при этом коэффициенты их весомости  $\varphi_{пр.пл} = 0,5$ ;  $\varphi_{пр.мп} = 0,45$ .

3.2. Показатели технологичности составных частей, входящих в изделие деталей I-5 (рис. I5), рассчитанные по приведенным выше методикам (см. раздел 5 и примеры I-4), принимаем равными соответственно:  $K_1 = 0,8$ ;  $K_2 = 0,95$ ;  $K_3 = 0,95$ ;  $K_4 = 0,9$ ;  $K_5 = 0,9$ .

Поскольку уровень разукрупнения составных частей одинаков (детали), то  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0,2$ . Тогда в соответствии с формулой (4)

$$K_{с4} = (0,8+0,95+0,95+0,9+0,9) \cdot 0,2 = 0,9;$$

коэффициент весомости для  $K_{с4}$  равен 0,5.

4. Комплексный показатель технологичности находим по формуле (3):

$$K = \frac{0,4+0,18+0,34+0,19+0,27+0,27+1,0 \cdot 0,5+1,0 \cdot 0,45+0,9 \cdot 0,5}{0,4+0,2+0,4+0,2+0,3+0,3+0,5+0,45+0,5} = 0,93.$$

5. Оценка уровня технологичности изделия

$$\frac{K_9}{K_6} = \frac{0,93}{0,91} = 1,02,$$

следовательно, изделие технологично.

Пример 6. Оценить технологичность детали в сборке. Проведем это на примере детали I (пластина), входящей в сборочную единицу (рис. I5).

И с х о д н ы е    д а н н ы е :

сборочный чертеж изделия (рис. I5), где I - пластина;  
2 - втулка; 3 - ось центральная; 4 - ось левая (подсборка);  
5 - ось наклонная.

Решение. I. Определение частных показателей технологичности изделия.

I.1. Показатель сохраняемости формы детали  $K_{ф.д}$ . Так как деталь металлическая, достаточной толщины и позволяет сохранять свою форму в бункере под действием силы тяжести других деталей, значение показателя  $K_{ф.д} = 1$ .

I.2. Показатель сохраняемости положения при сборке  $K_{с.п}$ .

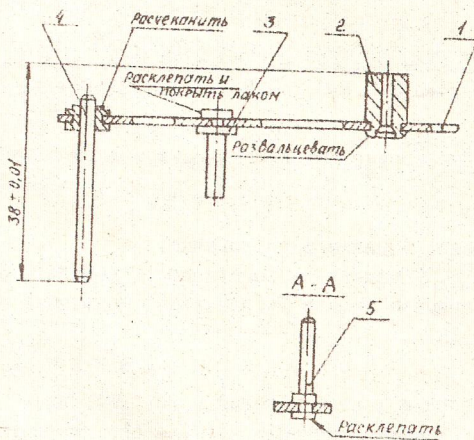
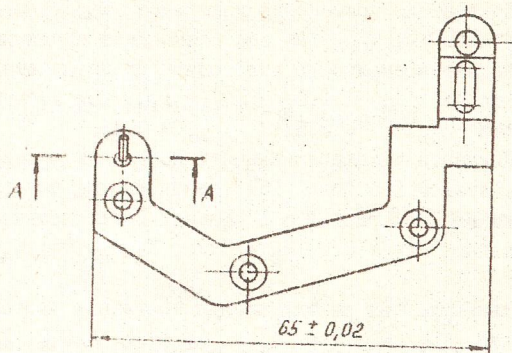


Рис. 15

Так как деталь конструкции позволяет не изменять свое положение в захватном устройстве (например, в вакуумном присасывателе), но с учетом ее длины и формы могут возникать небольшие перекосы, то  $K_{C.П} = 0,8$ .

1.3. Показатель автоматического ориентирования  $K_{a.o}$ . Так как деталь имеет сложную форму, что затрудняет ее ориентирование и требует несложных устройств для вторичного ориентирования, то  $K_{a.o} = 0,8$ .

1.4. Показатель автоматического базирования  $K_{a.б}$ . Так как деталь при сборке может базироваться отверстиями на выступы, которые расположены на поверхности приспособления с определенной погрешностью, то сборочные базы могут не совпадать с технологическими и необходимо дополнительное устройство для совмещения выступов и отверстий. В этом случае  $K_{a.б} = 0,9$ .

1.5. Показатель сцепляемости детали при сборке  $K_{C.д}$ . Так как усложненная форма допускает некоторое их сцепление в бункере, но они могут разъединяться под действием вибрации лотка бункера, то  $K_{C.д} = 0,6$ .

2. Определение коэффициентов весомости для соответствующих частных показателей технологичности:

$$\varphi_{a.д} = 1,0; \quad \varphi_{C.П} = 0,9; \quad \varphi_{a.o} = 0,8; \quad \varphi_{a.б} = 0,7; \quad \varphi_{C.д} = 0,6.$$

3. Определение комплексного показателя технологичности детали в сборке по формуле (6):

$$K_{C.б} = \frac{1,0 \cdot 1,0 + 0,8 \cdot 0,9 + 0,8 \cdot 0,8 + 0,9 \cdot 0,7 + 0,6 \cdot 0,6}{1,0 + 0,9 + 0,8 + 0,7 + 0,6} = 0,84.$$

Пример 7. Оценить технологичность блока разъемной конструкции ЭВС (РЭС).

И с х о д н ы е д а н н ы е:

сборочный чертеж блока (рис. 16), где 1 - монтажная панель;  
2 - разъем внешней коммутации; 3 - кронштейн; 4 - направляющая;  
5 - разъем; 6 - ТЭЭ; 7 - планка ТЭЭа;

спецификация;

техническое описание блока;

комплексный показатель технологичности исследуемого изделия

$$K_{б} = 0,75.$$

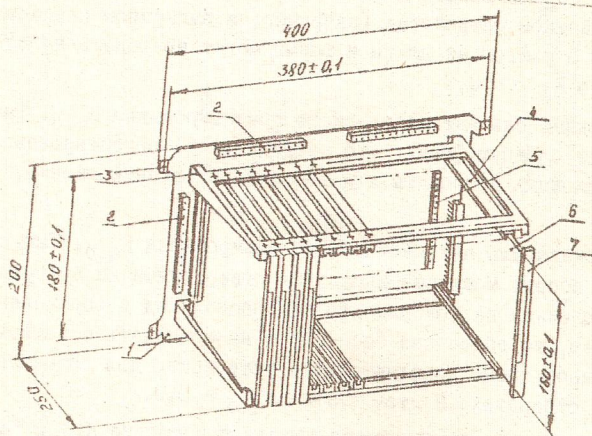


Рис. 16

Решение. I. Определение конструкторско-технологического кода изделия. Для получения кода проанализируем конструкцию изделия и определим составные части кода (указаны в круглых скобках).

Блок относится к группе изделий:

- изготавливаемых в электромонтажном производстве (8);
- выполненных на уровне электронных модулей второго уровня (5);
- разъемного типа (2);
- состоящих из электронных модулей и унифицированных механических средств (3);
- в которых коммутация (связь) осуществляется жгутами (6);
- в которых используется автоматизированный контроль специализированными средствами (3).

Исследуемое изделие:

- состоит из 56 составных частей (3 внешних разъема, 2 кронштейна, 10 ТЭЗов, 20 направляющих, 1 монтажная панель, 10 ответных разъемов ТЭЗов) (7);
- имеет шесть типоразмеров (по числу разновидностей составных частей) (4);

- включает в свой состав механический модуль первого уровня (6);
- связь по месту соединения осуществляется жгутом с разъемом (1);
- дополнительно защищено с помощью негерметичного корпуса (3);
- не имеет параметров, регулируемых при сборке (1);
- имеет контролируемые при приемосдаточных испытаниях механические (установочные размеры) и электрические параметры (5);
- имеет восемь контролируемых параметров (два установочных размера и шесть электрических параметров) (3).

Таким образом, конструкторско-технологический код исследуемого изделия

852363.74613153

2. По полученному конструкторско-технологическому коду изделия определяем номенклатуру, нормированные значения частных показателей  $K_c$  и коэффициенты их весомости  $\varphi_c$  (см.табл. I) и сводим в табл. 6.

Таблица 6

Показатель		$K_c$	$\varphi_c$	$K_c \varphi_c$
Наименование	Обозначение			
Технологичность конструктивного исполнения	$K_{к.и}$	0,95	0,3	0,29
Применение электронных модулей	$K_{э.м}$	0,8	0,4	0,32
Применение унифицированных изделий (вторичных источников питания)	$K_{в.и.п}$	1,0	0,2	0,2
Монтажепригодность	$K_{м.п}$	0,7	0,4	0,28
Контролепригодность	$K_{к.п}$	0,9	0,4	0,36
Сборность	$K_{сб}$	1,0	0,3	0,3
Повторяемость составных частей	$K_{п}$	0,8	0,4	0,32
Применение БНК	$K_{БНК}$	1,0	0,4	0,4

3. Определение частного показателя технологичности изделия (технологичность составных частей  $K_{с.ч}$ ). Для этого исследуемое изделие условно разбивают на модули механический и электронный первого уровня (первый конструктивный уровень) и детали (второй конструктивный уровень). В качестве электронного модуля первого уровня рассмотрим ТЭЗ, а в качестве механического модуля - каркас.

3.1. Оценка технологичности ТЭЗа.

3.1.1. Определение конструкторско-технологического кода. ТЭЗ относится к группе изделий:

- изготавливаемых в электромонтажном производстве (8);
- выполненных на уровне электронных модулей первого уровня (5);
- представляющих одноплатную конструкцию с односторонней компоновкой элементов (1);
- реализованных на микросхемах (на чертеже не показаны) (4);
- в которых используется печатный монтаж (1);
- с автоматизированным контролем параметров типовыми модульными средствами (2).

Конструкция ТЭЗа:

- состоит из 43 составных частей (планка ТЭЗа I, плата печатная I, микросхем 40, разъем I) (7);
- имеет четыре типоразмера (по числу составных частей) (3);
- в числе механических составных частей ТЭЗ имеет механический модуль первого уровня (6);
- предусматривает электрическую связь, осуществляемую печатным монтажом; печатная плата четырехслойная (7);
- дополнительно защищена от внешних воздействий экраном (4);
- не имеет регулируемых при сборке параметров (1);
- имеет контролируемые при приемосдаточных испытаниях присоединительные размеры и электрические параметры (5);
- имеет четыре контролируемых параметра (два механических и два электрических) (2).

Таким образом, конструкторско-технологический код ТЭЗа

86I4I2.73674I52

3.2.1. По полученному конструкторско-технологическому коду изделия определяем номенклатуру, нормированные значения частных показателей  $K_c$  и коэффициенты их весомости  $\varphi_c$  (см. табл. I) и сводим в табл. 7.



Таблица 7

Показатель		К <sub>с</sub>	Ф <sub>с</sub>	К <sub>с</sub> Ф <sub>с</sub>
Наименование	Обозначение			
Технологичность конструктивного исполнения	К <sub>к.и</sub>	1,0	0,3	0,3
Применение микросхем и микросборок	К <sub>мс</sub>	0,9	0,5	0,45
Монтажепригодность	К <sub>м.п</sub>	1,0	0,4	0,4
Контролепригодность	К <sub>к.п</sub>	0,95	0,3	0,29
Повторяемость составных частей	К <sub>п</sub>	0,9	0,5	0,45
Применение БНК	К <sub>БНК</sub>	1,0	0,4	0,4
Сложность печатных плат	К <sub>п.п</sub>	0,7	0,4	0,28
Технологичность составных частей *	К <sub>с.ч</sub>	0,8	0,5	0,4

\* Значение К<sub>с.ч</sub> определено в соответствии с разделом 5 и примерами I-6.

3.1.3. Комплексный показатель технологичности ТЭЗа определяется по формуле (3):

$$K_{\text{ТЭЗ}} = \frac{0,3+0,45+0,4+0,29+0,45+0,4+0,28+0,4}{0,3+0,5+0,4+0,3+0,5+0,4+0,4+0,5} = 0,9.$$

3.2. Оценка технологичности каркаса.

3.2.1. Определение конструкторско-технологического кода.

Каркас относится к группе изделий:

- изготавливаемых в механосборочном производстве (4);
- выполненных как механические модули I-го уровня (6);
- имеющих комбинированный контур в поперечном сечении (3);
- состоящих из плоскостных и корпусных составных частей (6);
- объединенных крепежными деталями (2);
- с контролем параметров стандартными линейно-угловыми мерителями (2).

Конструкция каркаса:

- состоит из 46 составных частей (3 внешних разъема, 2 крон-

штейнов, 20 направляющих, I монтажная панель, 10 ответных разъемов ТЭЗов) (7);

- имеет пять типоразмеров (по числу разновидностей составных частей) (3);
- имеет максимальный габаритный размер (0,4 м) (4);
- соединение составных частей осуществляется крепежными деталями (вид связи - резьбовой) (1);
- защищена от внешних воздействий с помощью неорганических покрытий (2);
- не имеет параметров, регулируемых при сборке (1);
- имеет контролируемые при приемосдаточных испытаниях механические параметры (1);
- имеет три контролируемых параметра (два установочных размера блока и размер для установки ТЭЗа) (2).

Таким образом, конструкторско-технологический код каркаса  
463E22.734I2I12

3.2.2. По полученному конструкторско-технологическому коду изделия определяем номенклатуру, нормированные значения частных показателей  $K_i$  и коэффициенты их весомости  $\varphi_i$  (см. табл. I) и сводим в табл. 8.

Таблица 8

Показатель		$K_i$	$\varphi_i$	$K_i \varphi_i$
Наименование	Обозначение			
Технологичность конструктивного исполнения	$K_{к.и}$	0,8	0,4	0,32
Технологичность по виду составных частей	$K_{в.с.ч}$	0,8	0,2	0,16
Технологичность по методу соединения	$K_{м.с}$	0,85	0,4	0,34
Контролепригодность	$K_{к.п}$	0,95	0,2	0,19
Сборность	$K_{сб}$	1,0	0,3	0,3
Повторяемость составных частей	$K_{п}$	0,9	0,3	0,27
Применение пластмасс	$K_{пр.пл}$	1,0	0,5	0,5
Применение металлопорошков	$K_{пр.мп}$	1,0	0,45	0,45
Технологичность составных частей *	$K_{с.ч}$	0,75	0,5	0,375

\* Значение  $K_{с.ч}$  определено в соответствии с разделом 5 и параметрами I-6.

3.2.3. Комплексный показатель технологичности каркаса определяется по формуле (3):

$$\lambda_{\text{каркас}} = \frac{0,32+0,16+0,34+0,19+0,3+0,27+0,5+0,45+0,375}{0,4+0,2+0,4+0,2+0,3+0,3+0,5+0,45+0,5} = 0,89.$$

3.3. Определение значения  $K_{c,ч}$  для блока ЭВС (РЭС). Поскольку уровень разукрупнения составных частей одинаков, то  $\lambda_{1,3} = \lambda_{\text{каркас}} = 0,5$ . Тогда в соответствии с формулой (4)

$$K_{c,ч} = (0,9+0,89) \cdot 0,5 = 0,895;$$

коэффициент весомости для  $K_{c,ч}$  равен 0,5.

4. Комплексный показатель технологичности вычисляется по формуле (3):

$$K_{\text{Э}} = \frac{0,29+0,32+0,2+0,28+0,36+0,3+0,3+0,4+0,895 \cdot 0,5}{0,3+0,4+0,2+0,4+0,4+0,3+0,4+0,4+0,5} = 0,94.$$

5. Оценка уровня технологичности изделия:

$$\frac{K_{\text{Э}}}{K_{\text{с}}} = \frac{0,94}{0,75} = 1,25,$$

следовательно, изделие технологично.

#### Литература

1. Технология ЭВА, оборудование и автоматизация /Алексеев В.Г., Гриднев В.Н., Нестеров Е.И. и др. - М.: Высшая школа, 1984. - 392 с.
2. Павловский В.В., Васильев В.И., Гутман Т.И. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. - М.: Радио и связь, 1982. - 160 с.
3. Еськин А.К., Нестеров Е.И., Маркелов В.В. Методические указания по выполнению технологической части дипломных проектов. - М.: МВТУ, 1981. - 32 с.

## Оглавление

1. Общие положения .....	3
2. Обеспечение технологичности изделий ЭВС (РЭС) в процессе разработки .....	7
3. Конструкторско-технологический классификатор изделий ЭВС (РЭС) .....	9
4. Расчет технологичности изделий ЭВС (РЭС) .....	12
5. Расчет технологичности деталей .....	17
6. Оценка достигнутого уровня технологичности .....	20
7. Расчет технологичности изделий ЭВС (РЭС) на ЭВМ .....	22
8. Примеры расчета технологичности изделий ЭВС (РЭС) .....	26
Литература .....	43