Библиотека конструктора · технолога радио · электронной аппаратуры

Э.В.Вейцман
В.Д.Венбрин

Технологическая подготовка производства радиоэлектронной аппаратуры

Издательство «Радио и связь»

Библиотека
конструктора-
технолога
радиоэлектронной
аппаратуры

Э.В.Вейцман
В.Д.Венбрин

Технологическая подготовка производства радио-электронной аппаратуры

Москва
«Радио и связь»
1989

Scan AAW

ББК 32.843
В 26
УДК 621.396.6.002.2

Рецензенты: канд. техн. наук Н. П. Стародуб, С. Л. Таллер

Редакция литературы по конструированию и технологии производства радиоэлектронной аппаратуры

Вейцман Э. В., Венбрин В. Д.

В 26 Технологическая подготовка производства радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Радио и связь, 1989. — 128 с.: ил. — (Б-ка конструктора-технолога радиоэлектронной аппаратуры).

ISBN 5-256-00290-2.

Изложены вопросы автоматизации и механизации технологической подготовки производства при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры. Рассмотрены основные функции системы технологической подготовки производства, задачи, решаемые в рамках каждой функции на уровне отрасли и конкретного предприятия, требования к нормативно-технической документации.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, подготовкой производства и изготовлением радиоэлектронной аппаратуры.

В $\frac{2304040000-032}{046(01)-89}$ 50-89 **ББК 32.843**

ISBN 5-256-00290-2 © Издательство «Радио и связь», 1989

Содержание

Предисловие 4

1. ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА 5

1 .1.Организационное построение системы ТПП. Состав и этапы ТПП . . 5
1.2. Функции и задачи ТПП 8
1 .3.Информационная и графическая модель ТПП 11
1.4. Совершенствование ТПП на предприятии 13

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ ПРОИЗВОДСТВА 15

2.1 .Организация ТПП 15
2.2. Управление процессом ТПП 17
2.3. Конструкторско-технологический (структурный) анализ изделия . . 23

3. ОТРАБОТКА ИЗДЕЛИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ 23

3.1. Необходимость отработки на технологичность 23
3.2. Порядок отработки на технологичность 24
3.3. Качественная и количественная оценки технологичности 27
3.4. Трудоемкость изготовления изделия 33
3.5. Комплексный технический показатель технологичности 37
3.6. Примеры расчета комплексного показателя технологичности для конкретных изделий 47
3.7. Оценка комплексного показателя технологичности с помощью ЭВМ . 49
3.8. Пути повышения производственной технологичности изделий РЭА . . 53
3.9. Экспертиза технической документации на технологичность 55
3.10. Технологические требования к деталям, изготавливаемым на металлорежущих станках в условиях ГПС 56

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ 61

4.1. Классификация и кодирование технологических операций и переходов 61
4.2. Классификация и кодирование деталей 62
4.3. Группирование деталей по конструкторско-технологическому подобию 68
4.4. Группирование сборочных единиц по конструктивно-технологическому подобию 76
4.5. Типизация и стандартизация технологических процессов 81
4.6. Аттестация технологических процессов и оценка их уровня . . . 84

5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА 87

5.1. Комплексная автоматизация ТПП на предприятии 87
5.2. Механизация при разработке технологических процессов 90
5.3. Автоматизированная система ТПП в условиях ГПС 94
5.4. Вычислительные средства для АСТПП 97
5.5. Программное и информационное обеспечение АСТПП 104
5.6. Комплексная автоматизация подготовки управляющих программ . . 107
5.7. Создание интегрированной системы САПР/АСТПП/АСУП/ГПС . . 110

6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДСТВАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ 113

6.1. Функции и задачи подсистемы производства СТО 113
6.2. Автоматизация проектирования оснастки 116
Приложение. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для некоторых групп изделий 120
Список литературы 126

Предисловие

В книге рассматривается ТПП аппаратуры передачи и обработки информации (АПОИ). Большая часть такой РЭА — сложные системы, состоящие из разнообразных элементов, средств автоматики, источников питания, передающих и приемных устройств. Характерная особенность этой аппаратуры — сменяемость, большая трудоемкость работ по сборке узлов на печатных платах, контролю и регулировке, а также большая номенклатура деталей и сборочных единиц (ДСЕ). При выпуске столь материалоемких и сложных конструкций основные затраты труда приходятся на формообразование, сборочно-монтажные работы, регулировку и контроль (до 75—80%). При этом до настоящего времени основные трудозатраты на формообразование приходятся на такие традиционные виды обработки, как обработка резанием, холодная штамповка, переработка пластмасс. Книга может быть полезной инженерам, занятым в производстве особо сложной РЭА, содержащей много тысяч деталей и сборочных единиц. При этом имеются в виду не только инженеры-технологи, но и радиоинженеры и инженеры-конструкторы, ибо технология изготовления изделия закладывается уже на стадии разработки принципиальной электрической схемы и особенно на стадии ее конструктивного воплощения.

Материал излагается на базе Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая в последние годы широко внедряется в нашей промышленности (МПСС) под руководством Госстандарта с позиций системного подхода. Немало места в книге уделено основным принципам классификации и кодирования технико-экономической информации в машиностроении и приборостроении. Не изложив с достаточной полнотой этих вопросов, невозможно дать полного представления и о ТПП РЭА. К сожалению, малый объем книги не позволил изложить в ней вопросы ТПП РЭА в полном объеме.

Как известно, ЕСТПП прежде всего включает в себя четыре основные функции (обеспечение технологичности конструкции изделия; разработка технологических процессов; проектирование и изготовление средств технологического оснащения; организация и управление процессом ТПП), задачи, выполняемые в рамках каждой функции, принципы механизации и автоматизации инженерно-технических работ. Основные разделы монографии посвящены вопросам реализации на производстве каждой из перечисленных функций, а также реализации каждой функции ТПП в автоматизированном или механизированном режиме. Это обеспечивается широким внедрением в ТПП вычислительной техники.

Главы 1, 2, 5 (кроме § 5.2 и 5.3), а также § 3.10, 4.5 и 4.6 написаны В. Д. Венбриным, остальное — Э. В. Вейцманом.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Организационное построение системы ТПП. Состав и этапы ТПП

Технологическая подготовка производства — важный элемент в сложной цепи: исследование — разработка — производство — эксплуатация — ремонт. Под разработкой в последнее время понимается проектирование изделия с одновременной технологической подготовкой производства изготовления опытного образца, а затем его серийного выпуска.

Технологическая подготовка производства радиоэлектронных изделий в общем случае включает в себя большой комплекс взаимосвязанных работ, состав и последовательность выполнения которых зависят от специфики конструкций изделий и типа производства.

В основе организации технологической подготовки производства и управления ею лежит Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) и разрабатываемые на ее основе отраслевые системы (ОСТПП), которые конкретизируют и развивают отдельные правила и положения ЕСТПП применительно к специфике отрасли. ЕСТПП основывается на использовании современных общетехнических систем стандартов, к которым относятся: Единая система конструкторской документации (ЕСКД); Единая система технологической документации (ЕСТД); Единая система программной документации (ЕСПД); Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации (ЕСКК); Система разработки и постановки продукции на производстве; Единая система аттестации качества продукции; Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) и др.

Дальнейшее развитие ЕСТПП пойдет по пути автоматизации решения задач ТПП и управления ходом производственных процессов.

Снижение трудоемкости проектирования, ТПП и изготовление изделия закладываются на начальной стадии разработки изделий при составлении руководящих указаний конструктора (РУК). В составлении РУК принимают участие разработчики изделия: конструкторы и технологи, а также будущие изготовители продукции. Помимо общих требований и указаний по конструированию на разрабатываемое изделие РУК содержит целый ряд

указаний, которые касаются терминологии, применения базовых несущих конструкций, конструирования сборочных единиц, электропитания, электромонтажа, выбора электрорадиоэлементов (ЭРЭ), применения материалов, обеспечения уровня стандартизации и унификации, метрологического обеспечения, технологии изготовления и др.

Недооценка разработчиком раздела РУК «Технологические указания» приводит в дальнейшем к увеличению затрат на технологическую подготовку серийного производства изделия. Этот раздел содержит: значения базовых показателей технологичности конструкции изделия; порядок отработки конструкции изделия на технологичность; указания по разработке технологии с учетом трудоемкости, установленной в техническом задании; указания по конструированию ДСЕ с учетом установленных в стандартах технологических требований и новых прогрессивных высокоавтоматизированных и малоотходных технологий; указания по составу технологической документации; указания по разработке конструкторской документации на технологическое, контрольно-измерительное и испытательное оборудование и оснастку; указания по применению ранее разработанных и освоенных на предприятии-изготовителе технологических процессов.

При этом надо иметь в виду, что ранее освоенные на предприятии-изготовителе технологические процессы не должны тормозить внедрение новой технологии. Новые технологические процессы могут при изготовлении одного (первого) изделия не окупиться, но при последующем запуске в производство новых изделий с использованием уже освоенных прогрессивных технологических процессов принесут значительный эффект.

На современном этапе происходит принципиальное изменение взглядов на состав и внутренние связи ТПП и на соотношения и связи ее с конструированием изделий и системой управления производством.

В условиях мелкосерийного производства возникает необходимость сквозной автоматизации всех этапов разработки и производства изделия — от стадии согласования технического задания (ТЗ) до получения полной номенклатуры управляющей технологической информации для изготовления и контроля качества изделия [1]. Логическая структура такого интегрированного производственного комплекса представлена на рис. 1.1.

Все работы по ТПП новых изделий ведутся на предприятии, как правило, под руководством главного инженера. При подготовке производства изделий, не требующих большой перестройки производства, основной объем работ сосредоточивается в отделе главного технолога. Если освоение нового изделия связано с за-

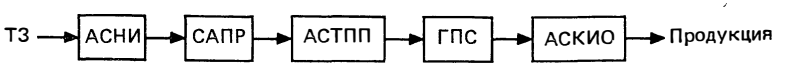


Рис. 1.1. Логическая структура интегрированного комплекса

меной оборудования, освоением новых производств, видов контроля, материалов, то отдельные направления ТПП возглавляются заместителем директора по производству, заместителем директора по качеству, главным технологом, главным метрологом.

Примерная последовательность работы и ее исполнители при ТПП:

Состав задач	*Исполнитель*
Разработка, согласование и утверждение укрупненного предварительного плана-графика ТПП . . .	Бюро подготовки производства
Размножение, учет и обеспечение подразделений конструкторской документацией	Отдел технической документации
Конструкторско-технологический анализ изделия:	
составление ведомости применяемости стандартных, покупных и оригинальных ДСЕ	Разработчик изделия
составление ведомости ДСЕ, получаемых по кооперации	То же
определение межцеховых маршрутов изготовления ДСЕ	Технологический отдел
составление ведомости ДСЕ собственного производства с указанием заимствованных и осваиваемых вновь	Отдел конструкторского сопровождения производства
размножение, учет и обеспечение абонентов ведомостью применяемости деталей и сборочных единиц	Отдел технической документации
размножение, учет и обеспечение подразделений конструкторской документацией	Отдел технической документации
Организационно-технический анализ производства:	
проведение расчетов производственных мощностей по цехам и участкам	Технологический отдел
определение возможности материально-технического обеспечения	То же
определение необходимости организации новых видов производства	»
выявление потребности в дополнительных производственных площадях	»
выявление обеспеченности средствами технологического оснащения	Технологический и метрологический отделы
определение обеспеченности подъемно-транспортными средствами	Технологический отдел
расчет и оптимизация сетевых моделей и графиков ТПП, согласование и их утверждение . .	То же
Разработка технологических процессов:	
кодирование и группирование ДСЕ	»
разработка технологических процессов по видам производств	»
разработка управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ) .	Технологический отдел
проектирование наладок (комплекта кулачков) для токарных станков-автоматов	То же
составление ТЗ на проектирование и изготовление средств технологического оснащения	»

Обеспечение производства средствами технологического оснащения:	
проектирование технологической оснастки . . .	Технологический отдел
разработка технологических процессов и управляющих программ для изготовления средств технологического оснащения	То же
изготовление средств технологического оснащения	Инструментальный цех
составление сводных заявок на стандартные средства технологического оснащения	Технологический и метрологический отделы
обеспечение производства стандартными средствами оснащения	Цехи
Разработка материальных и трудовых нормативов:	
составление ведомостей норм расхода основных и вспомогательных материалов	Технологический отдел
составление ведомостей трудоемкости изготовления ДСЕ изделия по методам выполнения технологических процессов по цехам, видам оборудования, профессиям	Отдел труда и заработной платы
составление ведомости нормативов трудоемкости изготовления изделия	То же
организация производственных участков и рабочих мест	Отдел главного механика, отдел капитального строительства, технологические бюро цехов
обеспечение материалами и покупными изделиями	Отдел материально-технического снабжения, отдел комплектации
Подготовка и обеспечение кадрами	Отдел кадров, отдел технического обучения

1.2. Функции и задачи ТПП

Содержание работы на предприятиях по ТПП определяется следующими основными функциями: обеспечением технологичности конструкций изделия; разработкой технологических процессов; обеспечением производства средствами технологического оснащения; организацией и управлением процессом ТПП.

К дополнительным функциям следует отнести: конструкторско-технологический анализ изделия; организационно-технический анализ производства; определение материальных и трудовых нормативов.

Функция **«Обеспечение технологичности конструкции изделия»** предусматривает отработку конструкции изделия на технологичность на всех стадиях разработки конструкторской документации и в процессе ТПП с точки зрения экономичности и простоты изготовления и с учетом производственных условий предприятия-изготовителя, которое должно участвовать в разработке продукции не позднее стадии разработки технического проекта. При этом решаются следующие задачи: определение технологических требований к изделию (деталям, по видам производства, сборочным единицам и т. д.); проведение технологического контроля конструкции изделий при проектировании, в том числе изготовляемых в условиях автоматизированных производств; определение номен-

клатуры показателей и оценка уровня технологичности конструкции изделия.

Функция **«Разработка технологических процессов»** (РТП) включает обеспечение производства технологическими процессами и управляющими программами, отвечающими современному уровню и использующими прогрессивные методы обработки и технологического контроля. Функция РТП предусматривает решение следующих основных задач на уровне предприятия: определение необходимого объема и состава технологической документации для обеспечения выпуска изделий заданного качества и контроля (документация может разрабатываться в традиционном виде на бумажном носителе или магнитном, более прогрессивном); разработка и применение комплекса типовых, групповых и единичных технологических процессов на изготовление, сборку, контроль и испытание ДСЕ; подготовка исходных документов и данных для автоматизированной разработки управляющих программ для оборудования с программным управлением (ПУ), гибких производственных модулей, входящих в гибкие производственные системы (ГПС) или работающих отдельно; создание банков управляющих программ; подготовка исходных данных и передача их в оперативно-диспетчерские системы; организация заводских фондов документации на технологические процессы.

Функция **«Обеспечение производства средствами технологического оснащения»** позволяет решить комплекс задач по обеспечению производства: технологическим оборудованием и технологической оснасткой; средствами механизации и автоматизации; средствами контроля и испытаний. При выполнении этой функции ТПП на уровне предприятия следует обеспечить проведение работ по направлениям: стандартизация средств технологического оснащения (СТО); разработка конструкторской документации на СТО с учетом типа производства; разработка технологических процессов изготовления СТО; изготовление СТО; составление заявок на средства СТО и их получение с других предприятий.

Функция **«Организация и управление процессом ТПП»** предусматривает рациональную последовательность работ по управлению процессом ТПП, включает планирование и распределение работ по ТПП между подразделениями предприятия, учет, контроль и регулирование.

На уровне предприятия предусматривается решение следующих задач в рамках данной функции: формирование организационной структуры служб предприятия, обеспечивающей выполнение задач ТПП; обеспечение оперативного и перспективного планирования работ по ТПП, включая разработку различного рода планов-графиков и сетевых графиков; обеспечение учета и контроля мероприятий по ТПП, проводимых в рамках предыдущих функций.

Функция **«Конструкторско-технологический анализ изделия»** предполагает решение комплекса задач по расчету применяемости ДСЕ в изделии, анализу состава нового изделия, разработке

межцеховых маршрутов его изготовления, а также включает решение задач, связанных с разработкой ведомостей применяемости стандартных, покупных, оригинальных ДСЕ, а также получаемых по кооперации и др., по определению межцеховых маршрутов изготовления ДСЕ.

Функция **«Организационно-технический анализ производства»** предусматривает изучение технических возможностей производства и его готовности к выпуску изделия с заданными технико-экономическими характеристиками. В рамках этой функции должны быть решены следующие задачи: проведение расчета необходимых производственных мощностей и сопоставление с реальными мощностями существующего производства; разработка при необходимости производственно-технологических планировок; создание специализированных участков и др.

Функция **«Определение материальных и трудовых нормативов»** обеспечивает определение технически обоснованных нормативов на изготовление изделия для достижения производством заданных экономических показателей. При этом на уровне предприятия решают такие основные задачи: расчет подетальных норм расхода материалов и составление ведомости материалов на изделие; расчет специфицированных норм расхода материалов на изделие; составление ведомости удельных норм расхода материалов; учет и контроль норм расхода материалов, необходимых для производства изделия; внесение изменений во все виды норм расхода материалов на изделие; расчет трудоемкостей изготовления ДСЕ изделия по видам техпроцессов, профессиям и т. д.; разработка мероприятий по снижению трудоемкости изделия.

Технологическая подготовка производства — это комплекс взаимосвязанных работ, которые должны обеспечить технологическую готовность предприятия-изготовителя к выпуску нового изделия. Сократить сроки ТПП, материальные и трудовые затраты можно при условии, что все работы по ее проведению осуществляются параллельно разработке изделия. Уже на стадии разработки ТЗ устанавливаются показатели технологичности будущего изделия: трудоемкость, значение комплексного показателя технологичности и др.

Основные задачи ТПП на стадиях разработки изделия:

Стадии разработки изделия	*Задачи ТПП*
Разработка технического предложения .	Анализ вариантов возможных конструктивных и технологических решений с точки зрения технологичности. Установление дополнительных показателей технологичности конструкции изделия (при необходимости)
Разработка эскизного проекта . . .	Оценка технологичности основных составных частей изделия; выявление составных частей изделия, которые могут быть стандартными или унифицированными, а также заимствованными из числа освоенных в производстве; выявление условий ТПП;

	определение укрупненных данных для организации ТПП; выявление новых технологических процессов, требующих технического оснащения и освоения. Составление заданий на освоение новых технологических процессов и создание новых производственных участков. Составление ТЗ на разработку специальных средств технологического оснащения
Разработка технического проекта . .	Проведение технологического контроля. Проверка обеспечения ремонтопригодности. Определение уровня технологичности изделия. Составление перечня составных частей изделия, требующихся для изготовления новых технологических процессов и специальных производственных участков
Разработка рабочей документации опытного образца	Разработка технологической документации, обеспечение технологичности конструкции изделия и точности изготовления изделия, а также его составных частей. Проведение технологического контроля. Определение показателей технологичности
Изготовление опытного образца .	Корректировка технологической документации по результатам изготовления опытного образца
Проведение предварительных испытаний опытного образца	Корректировка рабочей документации и доработка опытного образца
Проведение государственных испытаний опытного образца	Корректировка рабочей документации и доработка опытного образца

1.3. Информационная и графическая модель ТПП

Необходимость разработки информационных моделей ТПП вызвана сложностью и большим объемом задач, которые приходится решать в процессе подготовки производства новых изделий. При этом следует добиться четкого взаимодействия всех служб.

В результате проведения большого комплекса работ по анализу структуры системы ТПП и организационных принципов ее построения разработан метод моделирования системы, основанный на графическом представлении протекающих процессов и их информационных связей [2].

Информационная модель позволяет: устанавливать состав задач, решаемых при ТПП; определять состав входной и выходной информации системы в целом и по отдельным задачам; отображать информационные связи и потоки, имеющие место при решении задач ТПП. Одновременно устанавливаются информационные взаимосвязи системы с другими системами, в том числе САПР, АСУП, ГПС.

В основу разработки информационных моделей системы положены принципы преемственности, системности, стандартизации и автоматизации. Информационная модель системы в зависимости от назначения и общности может быть типовой и рабочей:

Информационная модель

Типовая:

отражает систему ТПП группы предприятий;
содержит типовые блоки;

разрабатывается в головном институте;
используется на предприятиях для разработки рабочей модели

Рабочая:

отражает систему ТПП конкретного предприятия;
содержит оригинальные и типовые решения;
разрабатывается на предприятии;
используется для разработки оргтехмероприятий по созданию и совершенствованию системы ТПП

Исходная:

разрабатывается на стадии ТЗ;

используется на стадиях технического и рабочего проектов для разработки оргтехмероприятий;
отражает начальное состояние ТПП;
содержит описание ТПП без сравнения с типовыми решениями

Конечная:

разрабатывается на стадиях технического и рабочего проектов;
используется на стадии рабочего проекта и для разработки новых типовых решений;
отражает проект новой системы ТПП на предприятии;
содержит описания по организации и управлению системы ТПП с встроенными типовыми решениями

При создании моделей независимо от их назначения к ним предъявляют ряд требований, основными из которых являются: рациональность применяемых решений; информационная совместимость блоков модели независимо от методов решения задач; единство информационного языка; доступность восприятия.

Типовая модель содержит номенклатуру типовых решений задач ТПП для предприятий, имеющих общие организационно-производственные признаки.

Рабочая исходная модель строится для изучения, анализа и определения основных направлений совершенствования действующей системы ТПП.

Рабочая конечная модель системы ТПП позволяет определить взаимосвязь между структурными подразделениями и разработать рациональную структуру службы ТПП.

Для представления последовательности и взаимосвязи решаемых в ТПП задач, а также обмена информацией с другими системами (САПР, АСУП, ГПС) разрабатываются структурные схемы, которые представляют графическое изображение связей, задач, процедур в системе ТПП.

1.4. Совершенствование ТПП на предприятии

Совершенствование ТПП на предприятии проводится в три стадии — разработка ТЗ, технического проекта и рабочего проекта.

Разработке ТЗ на предприятии предшествуют анализ уровня ТПП и организация работ по совершенствованию ТПП.

Анализ уровня ТПП осуществляется по данным обследования существующей системы по всем ее функциям.

При обследовании изучаются: структура трудоемкости действующей системы ТПП, при этом необходимо предусматривать возможное изменение ее в ближайшие годы при переходе производства на выпуск изделий новых поколений; технический уровень процессов ТПП, уровень нормативно-технической, конструкторской и технологической документации; результаты аттестации технологических процессов; уровень применения типовых, групповых и единичных технологических процессов, стандартных средств технологического оснащения, уровень автоматизации работ при ТПП; узкие места ТПП, неиспользованные резервы и т. д.

Результаты анализа являются исходным материалом для разработки ТЗ.

В соответствии с системой ЕСТПП техническое задание должно состоять из разделов: основания для разработки; цель и назначение разработки; характеристика объекта разработки; документация, используемая при разработке; перечень документации системы; основные технические требования к разрабатываемой документации; экономическое обоснование; организация разработки; контроль и приемка разработанной документации.

Организация работ по совершенствованию ТПП на предприятии предусматривает: выпуск организующего приказа; подбор специалистов для проведения работ, их обучение; определение основных направлений работ.

Работа на предприятиях по совершенствованию подготовки производства показала, что для большей эффективности необходимо существенно дополнить ТЗ — ввести раздел «Основные стадии и этапы работ и сроки их выполнения», установить значения показателей уровня автоматизации работ по подготовке производства, удельного веса продукции, изготавливаемой по документации, выполненной автоматизированным способом, экономии от снижения себестоимости продукции.

Конечной целью работ по совершенствованию ТПП следует считать комплексную автоматизацию инженерно-технических работ.

На стадии разработки технического проекта должны быть проработаны основные принципиальные технические и организационные решения по установленным функциям и задачам ТПП. На этой стадии должны быть созданы или введены в действие на предприятии: рабочая конечная модель системы ТПП; схема структуры управления ТПП; унифицированные и стандартизованные формы документов, функционирующих в ТПП; система классификации и кодирования технико-экономической информации; типовые, групповые и стандартные технологические процессы; основные проектные решения по выбору системы проектирования технологической оснастки; ограничительные перечни применяемых деталей, материалов, ПКИ и др.

В области автоматизации инженерно-технических работ определяются перечень задач, подлежащих автоматизации, и оптимальная очередность их внедрения, структура комплекса технических средств.

Выбор направлений ТПП, подлежащих автоматизации на предприятии, весьма ответственная задача. Опыт показывает, что при увлечении на предприятии «поголовной» автоматизацией задач на ЭВМ эффект бывает незначительным, а затраты велики. К разработке подсистем автоматизации ТПП следует приступать только после тщательного анализа автоматизированных систем, уже разработанных в отрасли или смежных отраслях и возможности их адаптации для данного производства.

Разработка рабочего проекта — завершающий этап работ по созданию рабочей документации и совершенствованию системы технологической подготовки производства на предприятии для достижения установленных в ТЗ показателей.

Работы, проводимые на этой стадии, являются дальнейшей детализацией и развитием проектных решений, заложенных на стадиях ТЗ и технического проекта.

На стадии рабочего проекта должны быть проведены работы: разработан комплекс нормативов управления ТПП (длительность циклов изготовления деталей, оснастки и др.); создана схема документооборота; внедрено кодирование всей технико-экономической информации (технологических операций и переходов, материалов, оборудования, оснастки, изделий основного и вспомогательного производства и т. д.); создано математическое, программное и информационное обеспечение АСТПП; разработано и введено в опытную эксплуатацию автоматизированное выполнение задач АСТПП; осуществлена комплексная стыковка подсистем АСТПП.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ ПРОИЗВОДСТВА

2.1. Организация ТПП

Организации ТПП и ее совершенствованию в настоящее время уделяется особое внимание. Это связано с необходимостью максимального сокращения срока разработки и освоения в производстве АПОИ новых поколений. Это направление техники бурно развивается, поэтому сроки эффективной эксплуатации изделий с момента создания до морального износа составляют 4—6 лет.

Основные задачи организации ТПП: определение целей системы и ориентация ее на достижение этих целей; формирование и совершенствование организационных структур системы ТПП и рациональное распределение функций между подразделениями; рациональная организация труда и создание необходимых условий для осуществления всего комплекса работ по ТПП; организация работ во времени.

В основу организации ТПП положены принципы: системности; стандартизации и типизации; комплексной автоматизации; специализации; развития системы.

Принцип системности определяет подход к ТПП как к комплексу взаимосвязанных элементов, образующих систему, установление взаимодействия разрабатываемой системы с сопрягаемыми системами и системами более высокого уровня, обеспечивает наилучшим образом реализацию целевой функции ТПП [3].

Принцип стандартизации и типизации обеспечивает упорядочение и регламентацию элементов ТПП, создает предпосылки для специализации производства, механизации и автоматизации работ по ТПП. Объекты стандартизации и типизации: технологические процессы, операции (переходы) изготовления, контроля и испытания; методы организации проведения и управления ТПП; средства технологического оснащения; терминология; формы документов; классификаторы технико-экономической информации; требования по обеспечению технологичности конструкции изделия, включая нормативные значения показателей технологичности; материальные и трудовые нормативы.

Принцип комплексной автоматизации предусматривает проведение автоматизированным способом следующих работ: разработку управляющих программ для оборудования и передачу их в ЭВМ, управляющую производством, участком или отдельным станком; конструкторско-технологический анализ изделия; решение комплекса задач планирования и управления ТПП; разработку технологических процессов; проектирование средств технологического оснащения; решение задач материального и трудового нормирования.

При комплексной автоматизации необходимо не только разрабатывать необходимую документацию, но и передавать информацию по каналам связи в другие автоматизированные системы, осуществляющие планирование и управление производством.

Принцип специализации предусматривает организацию специализированных производств при изготовлении изделий отрасли, включая проектирование и изготовление средств технологического оснащения.

Принцип развития системы позволяет дополнять систему решением новых задач, а также легко заменять новыми в случае совершенствования программного обеспечения и технических средств.

Службы, участвующие в ТПП, представляют совокупность подразделений, наделенных соответствующими правами и обязанностями и выполняющих конкретные функции ТПП на предприятии или объединении.

Технологической подготовкой производства новых изделий руководит, как правило, главный технолог.

Структура и состав основных служб (подразделений), участвующих в ТПП, в объединениях и на предприятиях в каждом конкретном случае определяются на основе действующих в отрасли нормативных документов или рекомендаций, в зависимости от типа производства, объема выпуска и вида продукции.

Схема подчиненности основных служб (подразделений), участвующих в ТПП, приведена на рис. 2.1. Эти службы обеспечивают полную технологическую готовность к производству качественных изделий в соответствии с заданными технико-экономическими показателями, устанавливающими технический уровень и минимальные трудовые затраты.

Под полной технологической готовностью понимается наличие на предприятии полного комплекта технологической документации, отработанных управляющих программ, необходимого программного обеспечения и средств технологического оснащения, обеспечивающих производство изделий и контроль их качества.

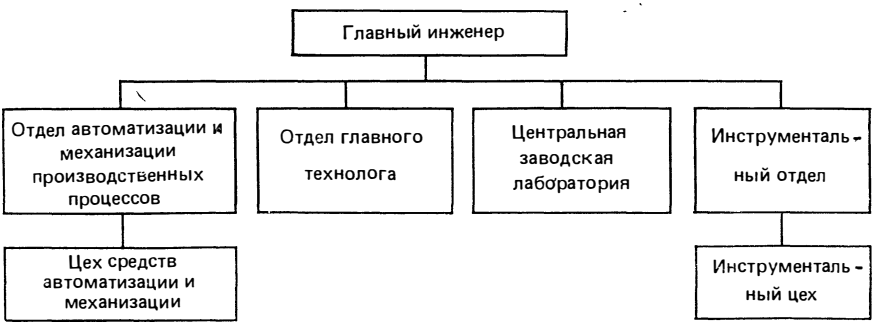


Рис. 2.1. Схема подчиненности основных служб, участвующих в ТПП

Службы ТПП должны обеспечить: оперативность — своевременное выполнение возложенных на них функций и достижение такого положения, при котором сроки подготовки, принятия и реализации решений соответствовали бы срокам выполнения производственных планов; оптимальность — разработка технических, организационных, экономических решений и других вопросов для обеспечения высоких результатов с наименьшими затратами трудовых, материальных и финансовых ресурсов; надежность — обеспечение достоверности отображения фактического состояния ТПП, при котором были бы исключены случайные или преднамеренные ошибки в информации вследствие необъективности ее подготовки; системность — подход к решению задач по ТПП как к комплексу взаимосвязанных элементов, образующих систему внедрения передовой техники и технологии, направленной на снижение трудоемкости и себестоимости изделий, обеспечение установленного задания по росту производительности труда.

2.2. Управление процессом ТПП

Большая часть РЭА — это сложные системы, состоящие из разнообразных элементов , средств автоматики, источников питания, передающих и приемных устройств и т. д. Характерная особенность ТПП такой аппаратуры — сменяемость изделий, большая трудоемкость работ по сборке узлов на печатных платах, контролю и регулировке.

В разработке отдельных устройств РЭА принимают участие многие отделы, лаборатории, конструкторские и технологические бюро. Только наличие плана, координирующего работу всех подразделений, позволяет организовать успешное проведение работ по ТПП. Поэтому планирование является важнейшей составляющей функцией «Организация и управление процессом ТПП». Оно должно охватывать все этапы ТПП и все подразделения, участвующие в подготовке производства. При разработке плана ТПП предусматривается возможность непрерывного текущего контроля за ее ходом и возможность регулирования на всех этапах.

Система и метод планирования ТПП устанавливаются на предприятии с учетом [4]: типа производства, объема выпуска и сложности осваиваемого изделия; технического уровня производства; уровня механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ; организационной структуры управления.

Процесс планирования подразделяется на два этапа: исходное (предварительное планирование) и текущее (оперативное) планирование.

При исходном планировании на основе укрупненных нормативов определяют объемы и сроки выполнения основных работ по ТПП, анализируют и выявляют возможность выполнения этих работ в заданные сроки. Основным документом при таком плани-

ровании является укрупненный предварительный план-график ТПП.

Текущее планирование должно предусматривать разработку плана-графика ТПП на основе частных планов-графиков и плана организационно-технических мероприятий.

При планировании ТПП расчет объема работ, сроки их выполнения, необходимое число исполнителей определяют по каждой функции и этапу.

Разработку планов-графиков ТПП на предприятии осуществляет бюро или группа контроля и планирования подготовки производства. Предпочтительным является метод сетевого планирования, который позволяет отразить зависимость между работами, выполняемыми в процессе ТПП.

Сетевое планирование позволяет графически отразить и связать между собой все узловые события и работы, обеспечивающие достижение поставленной цели. Это, в свою очередь, позволяет обеспечить разработку оптимального варианта плана и оперативное управление ходом выполнения комплекса работ по ТПП, а также использовать средства вычислительной техники (ВТ) для сбора, передачи и обработки информации.

Сетевое планирование дает возможность: создать сводную сетевую модель, отображающую процесс выполнения комплекса работ по ТПП; обеспечить оптимизацию параметров сетевого графика по выбранному критерию; более эффективно использовать ресурсы по заданному критерию.

Для ускорения построения сетевых графиков и повышения их эффективности на предприятиях часто разрабатывают *типовые сетевые графики ТПП* с учетом специфики осваиваемых изделий, типа и организации производства.

Сетевой график строят на основании составленного перечня работ по ТПП и определения логической взаимосвязи всех работ и событий. Для сетевых графиков ТПП с большим числом событий и со сложными задачами учета и распределения ресурсов расчеты целесообразно проводить на ЭВМ.

Сетевой график строится с помощью ориентированного графа (*орграфа*), в котором вершины обозначают события, а дуги, соединяющие их, — работу (рис. 2.2). События выражают конечный результат, получаемый после выполнения одной или нескольких работ, заканчивающихся этим событием. Каждое событие — контрольная точка в плане и изображается окружностью, разделенной на четыре сектора. Верхний сектор отводят для порядкового номера события, левый — для раннего срока его свершения, правый — для позднего срока его свершения, нижний — для интервала (резерва) времени, в течение которого событие должно свершиться. Расчет раннего срока свершения события ведут от исходного события к завершающему и определяют суммированием раннего срока предшествующему ему события и продолжительности работы, ведущей к данному событию. Расчет поздних сроков свершения событий ведут от завершающего события к исходному и

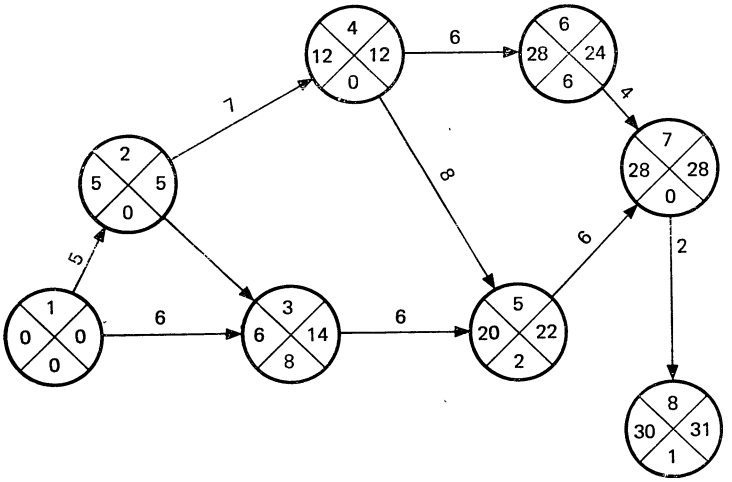


Рис. 2.2. Сетевой график

определяют путем вычитания из позднего срока конечного события продолжительности работы, ведущей к этому событию. Резерв времени события определяют разностью между поздним и ранним сроками свершения данного события.

Учет и контроль за ходом выполнения планов-графиков ТПП— важнейшие элементы подготовки производства новых изделий. В этой работе анализу подвергаются номенклатура и объем выполненных работ, сроки и последовательность их выполнения.

Систематизация материалов по выполнению сроков подготовки производства позволяет вводить прогрессивные нормативы для последующего планирования ТПП. Контроль хода выполнения работ, с одной стороны , выявляет отклонения от плана и вскрывает их причины, а с другой — определяет резервы и позволяет внести необходимые коррективы в план-график ТПП. При внесении изменений в план-график учитываются затраты на реализацию принимаемых решений и их влияние на работу смежных подразделений, а также на весь дальнейший ход ТПП.

Номенклатура показателей, методы их контроля и учета, периодичность этой работы устанавливаются на уровне предприятия.

Качество принимаемых решений и их своевременность зависят от достоверности и полноты информации, получаемой от подразделений, участвующих в подготовке производства. Контроль за ходом выполнения работ осуществляется, как правило, с применением ЭВМ. Обработку информации на ЭВМ проводят по одной из программ: расчет временных параметров сетевого графика; учет потребности в ресурсах и их распределение; решение комплекса задач, включающего все программы.

При расчете временных параметров для каждой работы определяют ранние и поздние сроки начала и окончания, наиболее вероятную продолжительность, вероятность сроков свершения контрольных и завершающего событий в заданные сроки, резервы времени, коэффициенты напряженности и т. п.

Задачи учета потребности в ресурсах предусматривают построение графиков общей потребности в ресурсах для данного календарного плана ТПП. Такие графики позволяют оценить качество и реальность того или иного календарного плана, выбрать критерии оптимизации.

В результате могут быть получены следующие выходные документы: перечень работ критического и подкритического путей; задания на выполнение работ по ТПП; данные о работах сетевого графика; отчет о ходе выполнения работ сетевого графика; расчет загрузки работников по специальностям; расчет трудоемкости и стоимости работ и т. п.

2.3. Конструкторско-технологический (структурный) анализ изделия

Структурный анализ изделия проводится в процессе разработки конструкторской документации на изделие и при ТПП, когда конструкторская документация разработана и передана предприятию-изготовителю.

В процессе разработки конструкторской документации эта работа заключается в проведении последовательного сопоставления разрабатываемого изделия с технологическими возможностями производства предприятия-изготовителя. Это позволяет определить оптимальные технологические и экономические условия освоения в производстве нового изделия. Изменение предприятия-изготовителя после окончания разработки конструкторской документации на изделие приводит к увеличению сроков и трудоемкости ТПП.

В проведении структурного анализа в период разработки изделия участвуют разработчик и будущий изготовитель, а в ТПП— подразделения предприятия-изготовителя (технологический отдел, отдел автоматизированных систем управления и др.).

При проведении структурного анализа решается комплекс задач по составу изделия: выявление потребности в новых технологических процессах и материалах, которые ранее не применялись на предприятии-изготовителе; установление номенклатуры ДСЕ, которые могут быть заимствованы из других изделий, уже освоенных в производстве; уточнение целесообразности кооперированных поставок; определение предварительных маршрутов изготовления ДСЕ; выявление возможности применения в процессе производства ДСЕ типовых и групповых технологических процессов и стандартных средств технологического оснащения; расчет изделия по трудоемкости (общей и по видам работ) и определение на основе его потребного количества технологического оборудования и рабочей силы (по профессиям и разрядам).

Для проведения структурного анализа необходимо создать информационную базу предприятия-изготовителя, основу которой составляют данные о производстве, характеризующие условия изготовления на предприятии ДСЕ, данные о кооперированных поставках, данные об освобождающихся мощностях производства в случае прекращения выпуска устаревших изделий и т. д.

На проведение этих работ и составление документов работники конструкторских и технологических служб затрачивают значительное время. Чем больше номенклатура разрабатываемых изделий и чем сложнее их конструкция, тем больше объем работ и тем важнее становится задача максимального применения средств ВТ.

Современная РЭА содержит тысячи, а иногда и десятки тысяч различных ДСЕ. Вследствие высокого уровня унификации и заимствования детали одновременно могут входить в различные сборочные единицы. Поэтому расчет общего числа ДСЕ представляет собой весьма трудоемкую работу, так как необходимо обработать все спецификации.

При составлении *свободной ведомости применяемости* необходимо для всех деталей указать, куда они входят, их число, провести группирование одноименных деталей.

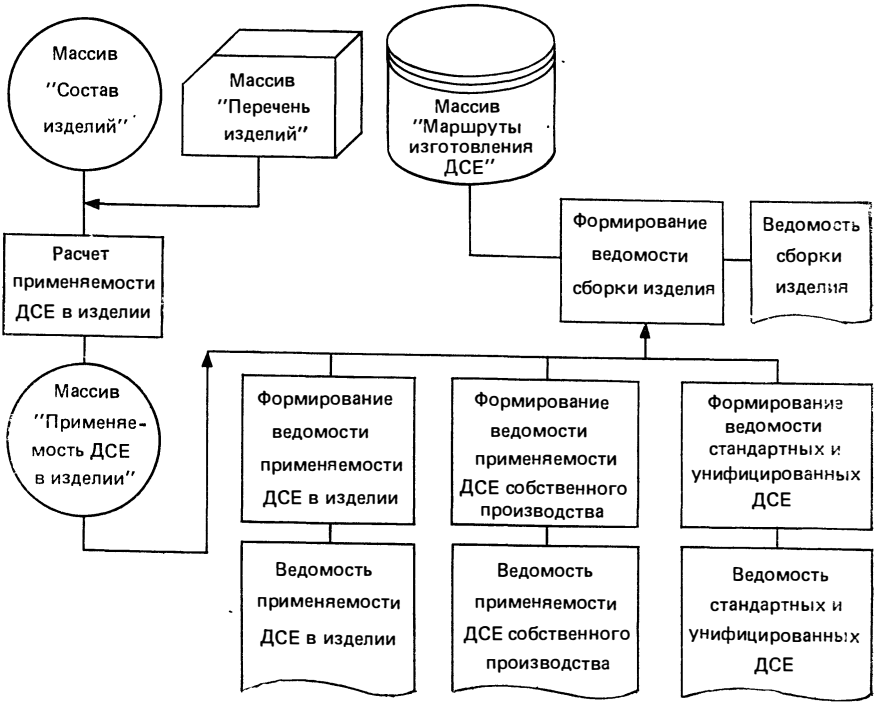


Рис. 2.3. Информационная модель решения задачи «Расчет применяемости»

Исходной информацией для расчета применяемости ДСЕ в изделии являются спецификации, составленные в соответствии с ГОСТ 2.108—68 и ГОСТ 2.113—75.

Со спецификации на машинные носители переносится следующая информация: обозначение сборочной единицы изделия; обозначение ДСЕ (что входит); число деталей на сборочную единицу или изделие; код принадлежности ДСЕ; код признака производства; номер позиции по спецификации; код количества материала.

Информационная модель решения задачи «Расчет применяемости деталей и сборочных единиц в изделии» приведена на рис. 2.3. Для расчета сводной ведомости применяемости деталей и сборочных единиц в изделии используют массив состава изделий (табл. 2.1).

В составе РЭА используется большое число комплектующих изделий, номенклатура и количество которых на каждую сборочную единицу определяются при проектировании изделия конструктором и вносятся в спецификацию.

В результате совместной обработки массивов «Применяемость сборочных единиц в изделии» и «Нормы расхода покупных изделий на сборочные единицы» создается ведомость комплектующих изделий на объект (табл. 2.2).

Таблица 2.1. Ведомость комплектующего изделия

Обозначение комплектующего изделия (по ЕСКД или ОКП)	Наименование, марка, тип, техническая характеристика комплектующего изделия	Единица измерения	Обозначение сборочной единицы	Число		Цех-потребитель
			куда входит	на сборочную единицу	на изделие	

Таблица 2.2. Структура записей массива «Состав изделия»

Обозначение сборочной единицы по ГОСТ 2.201—80 (порядковый номер)	Порядковый регистрационный номер детали (покупного изделия), входящей в сборочную единицу	Вид детали по технологическому методу изготовления (по Технологическому классификатору деталей [18])	Обозначение детали по ГОСТ 2.201—80 (код покупного изделия по ОКП)	Код принадлежности составной части *	Наименование составной части	Конструкторско-технологические и технико-экономические показатели

* Значения кода принадлежности составной части изделия: 0 — материалы; 1 — оригинальные ДСЕ; 2 — заимствованные ДСЕ; 3 — стандартные изделия (кроме крепежных); 4 — унифицированные ДСЕ; 5 — крепежные детали.

3. ОТРАБОТКА ИЗДЕЛИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

3.1. Необходимость отработки на технологичность

Отработка изделия на технологичность является одной из важнейших функций ТПП. Недостаточно сконструировать изделие с необходимыми тактико-техническими свойствами, требуется так сконструировать его, чтобы при изготовлении, эксплуатации и ремонте имели бы место минимальные затраты труда, средств, материалов и т. д.

В ГОСТ 14.205—83 и стандарте СЭВ 2063—79 дано определение «технологичности»: «Совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работы». В определении говорится о разумной экономии материальных и трудовых ресурсов. Не следует идентифицировать технологичность исключительно с разработкой технологических процессов. Понятие «технологичность» тесно связано с понятием «экономичность», а технологичность конструкции изделия зависят не только от технологии, но и от конструкторов, экономистов и других специалистов.

Необходимость повышения технологичности конструкции изделия очевидна. Отработка на технологичность конструкции изделий в СССР ведется в централизованном порядке и на нескольких уровнях: государственном, отраслевом, предприятия.

Самые общие принципы этой функции ТПП изложены в ГОСТ 14.201—83 «Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия», который намечает лишь основные пути, по которым идет отработка на технологичность. С помощью этого документа отработать конкретное изделие практически невозможно. Поэтому необходима конкретизация и развитие ГОСТ 14.201—83, регламентирующего отработку на технологичность на отраслевом уровне и уровне предприятия.

Наша многолетняя работа в области отработки на технологичность конструкций изделий вообще и конструкций РЭА в частности показывает, что с технической и научной точки зрения вопросы, связанные с отработкой на технологичность, изучены весьма слабо. Только в самое последнее время появилась тенденция к постановке исследований в этой области. Следует отметить, что вопросы технологичности РЭА при эксплуатации и ремонте практически мало изучены. Поэтому в дальнейшем мы будем говорить в основном *о производственной технологичности*, т. е. о совокупности свойств конструкции изделия РЭА, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат труда, материалов, средств исключительно при производстве.

Основные проблемы повышения технологичности РЭА — это проблемы снижения трудоемкости и расхода материалов, особенно дефицитных, при изготовлении изделия. Обе эти проблемы тесно связаны друг с другом. В последние годы проблему снижения трудоемкости при изготовлении изделия, выпускаемого в относительно небольших количествах, пытаются разрешить с помощью широкого внедрения в промышленности ГПС, которые включают в себя оборудование с ЧПУ, транспортные средства, перемещающие детали от одной единицы оборудования к другой, роботы и манипуляторы, склад заготовок и склад готовых деталей (сборочных единиц, изделий), и, наконец систему управления. ГПС позволяют быстро переходить от изготовления одного вида продукции к другому.

Технологичность изделия закладывается прежде всего на уровне ДСЕ, поэтому широкое применение ГПС должно способствовать уменьшению трудозатрат при изготовлении ДСЕ и возрастанию технологичности. Но максимальной эффективности от применения ГПС мы сумеем достичь лишь в том случае, если сможем сконструировать наши ДСЕ с учетом их изготовления именно на системах данного типа. Поэтому первоочередной задачей, направленной на повышение технологичности изделия, является задача унификации и стандартизации ДСЕ с учетом требований ГПС.

Проблема снижения расхода материала при изготовлении изделия вообще и изделий РЭА в частности может быть разрешима в первую очередь за счет широкого внедрения безотходной и малоотходной технологии (литье под давлением и по выплавляемым моделям, холодная штамповка, формообразование из полимерных материалов, алмазное точение, электрохимическая и электрофизическая обработка, порошковая металлургия и т. д.).

3.2. Порядок отработки на технологичность

Порядок отработки на технологичность конструкции РЭА подразумевает обязанности предприятий, участвующих в отработке на технологичность, и взаимоотношения между ними в процессе осуществления данной функции ТПП, а также обязанности подразделений, входящих в состав некоторых из этих предприятий, и взаимоотношения подразделений в процессе отработки на технологичность.

Отработку конструкции изделия на технологичность должны проводить в первую очередь предприятие-разработчик и предприятие-изготовитель. Вместе с ними работы в рамках этой функции ТПП осуществляют головные организации: технологический институт, предприятие по стандартизации в министерстве и предприятие по направлению техники.

В отработке на технологичность участвуют: научно-исследовательский (тематический) отдел, конструкторский отдел (отдел главного конструктора), технологический отдел (отдел главного технолога) и другие отделы предприятий. Основная ответствен-

ность за отработку изделия на технологичность возлагается на главного конструктора опытно-конструкторской работы (ОКР) и его заместителей.

Исходные данные при отработке изделия на технологичность — оптимальные значения базовых показателей технологичности, важнейшим из которых является трудоемкость изготовления изделия.

Предприятие-разработчик осуществляет отработку изделия на технологичность, начиная со стадии разработки ТЗ и до освоения изделия в производстве. На предприятие-разработчик в процессе осуществления данной функции ТПП возлагается решение следующих основных задач: определение изделия-аналога; расчет и включение в ТЗ на разработку базовых показателей технологичности, число которых должно быть минимальным, но достаточным для полной характеристики технологичности изделия; ведение постадийного технологического контроля конструкторской документации и анализа достигнутых значений показателей технологичности; разработка и реализация мероприятий по улучшению технологичности конструкции изделия для достижения требований, указанных в ТЗ; оценка достигнутого уровня технологичности конструкции изделия перед передачей конструкторской документации предприятию-изготовителю; сбор, учет и систематизация показателей технологичности изделий-аналогов, необходимых для использования при разработке новых изделий; участие в проведении экспертиз конструкторской документации на технологичность; изучение и учет специфических условий производства предприятия-изготовителя.

Предприятие, которое будет изготавливать данное изделие РЭА, становится известным на разных этапах разработки конструкторской документации (не позднее чем на стадии технического проекта). Практически активно включиться в отработку изделия на технологичность предприятие-изготовитель может на стадии разработки рабочей документации. В некоторых отраслях предприятие-разработчик параллельно с рабочей конструкторской документацией обязано разработать также всю технологическую документацию, необходимую для изготовления изделия, в которую входят: документация на технологические процессы, конструкторская документация на технологическую оснастку, специальное технологическое оборудование, контрольно-измерительное и испытательное оборудование (КИА). Разработка на предприятии-разработчике технологической документации, потребной для изготовления изделия, должна способствовать ускоренному выпуску продукции, но разработка технологии на предприятии-разработчике даст положительный эффект только в том случае, когда она будет учитывать конкретные условия на предприятии-изготовителе.

На стадиях установочной серии и установившегося серийного или массового производства основная тяжесть по отработке на технологичность падает на предприятие-изготовитель, на которое

возлагается решение следующих задач: своевременная подготовка и представление предприятию-разработчику информации по результатам производства изделий-аналогов, если таковые были ранее освоены, и о техническом уровне предприятия-изготовителя; изучение и применение передового опыта производства изделий-аналогов на смежных предприятиях, участие в отработке изделия на технологичность в процессе проектирования, в том числе в подготовке исходных данных и расчете показателей технологичности разрабатываемого изделия, в проведении сравнительного анализа и контроле соответствия численных значений показателей технологичности разрабатываемого изделия требованиям ТЗ, в разработке и реализаци мероприятий, направленных на повышение технологичности проектирования изделия; участие в экспертизе конструкции изделия на технологичность; оценка уровня технологичности конструкции изделия на стадиях установочной серии и установившегося серийного или массового производства; обеспечение повышения технологичности изделий на стадиях установочной серии или массового производства (если это необходимо); накопление и систематизация информации о технологичности освоенных изделий для последующего использования ее при проектировании новых изделий, создания нормативной базы, прогнозирования направлений технико-экономического совершенствования конструкции изделий.

Если в конструкцию изделия на стадии серийного или массового производства вносятся изменения для повышения его технологичности, то эти изменения не должны нарушать ход производственного процесса.

Головное предприятие по направлению техники осуществляет единую техническую политику в вопросах отработки изделий на технологичность в соответствии с закрепленным за ним направлением техники, при этом на него возлагается решение следующих задач: учет и систематизация численных значений базовых показателей технологичности; разработка предложений по перспективным значениям комплексных показателей технологичности для установления нормативов технологичности при разработке новых изделий по закрепленному направлению техники; участие в экспертизах изделий на технологичность; выдача рекомендаций предприятию-разработчику по применению типовых технологических процессов.

Головной технологический институт (ГТИ) отрасли в процессе отработки изделия на технологичность участвует в экспертизе изделий на технологичность; выдает рекомендации предприятию-разработчику по применению типовых технологических процессов; участвует в решении спорных вопросов между предприятиями-разработчиками и предприятиями-изготовителями в процессе отработки изделия на технологичность совместно с головным предприятием по направлению техники.

В некоторых отраслях отработка на технологичность тесно связана с комплексной миниатюризацией, при этом ГТИ отрасли

контролирует работу предприятий-разработчиков и в данном направлении.

Головная организация по стандартизации в министерстве (ГОСМ) участвует в случае необходимости в экспертизе изделия на технологичность для выявления соответствия достигнутых значений показателей унификации и стандартизации их базовым значениям, установленным в ТЗ.

В заключение следует сказать о взаимоотношениях между различными отделами внутри предприятия-разработчика и предприятия-изготовителя. В отработке на технологичность РЭА участвуют отделы: научно-исследовательский, конструкторский, технологический, планово-производственный, труда и заработной платы.

Практика показывает, что часто на предприятиях имеет место тенденция, согласно которой ответственность при отработке на технологичность пытаются возложить исключительно на технологов, учитывая определенное созвучие между понятиями «технология» и «технологичность». Но эти понятия не идентичны.

3.3. Качественная и количественная оценки технологичности

В настоящее время при отработке на технологичность конструкции изделий РЭА применяется преимущественно количественная оценка. Однако в ряде случаев может оказаться полезной и качественная оценка этого свойства конструкции (вернее, совокупности свойств).

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции изделия обобщенно, на основании опыта исполнителя. Качественную оценку вариантов конструкции изделия осуществляют для выбора лучшего конструктивного решения без определения степени различия технологичности сравниваемых вариантов. Она предшествует количественной и определяет ее целесообразность.

Для качественной оценки необходимы следующие документы: стандарты, регламентирующие применение материалов, профильного проката, крепежа, конструктивных элементов деталей, и технологические требования к деталям по видам производства; типовые решения специфических конструктивных элементов ДСЕ, отвечающих требованиям производства, и т. д.

Качественную оценку можно осуществлять с помощью типовых качественных характеристик со стадии эскизного проекта (взаимозаменяемость, регулируемость конструкции, контролепригодность конструкции, инструментальная ее доступность и т. д.).

Количественная оценка ведется с помощью показателей технологичности. Численное значение каждого показателя технологичности характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции, причем по какому-то одному признаку или же по их совокупности.

Показатели технологичности подразделяются на основные и дополнительные. *Основные показатели* характеризуют важнейшие признаки конструкции разрабатываемого изделия. К основным по-

казателям относятся в первую очередь трудоемкость изготовления изделия и его себестоимость, а также различного рода показатели, характеризующие стандартизацию и унификацию конструкции, и различного рода комплексные показатели, например комплексный показатель технологичности [5, 6], характеризующий технологичность конструкции по совокупности некоторых ее свойств.

Значения основных показателей делятся на базовые и достигнутые. *Базовые значения основного показателя* вносятся в ТЗ на разработку изделия и являются для разработчика и изготовителя одним из основных ориентиров. Эти значения должны быть безусловно достигнуты на определенной стадии разработки конструкторской документации или на стадии ее доработки.

Достигнутое значение основного показателя технологичности — это значение, полученное на данной стадии разработки конструкторской документации или на стадии ее доработки.

Дополнительные показатели технологичности характеризуют технологичность конструкции изделия по какому-то одному признаку. Ими могут быть технико-экономические показатели трудоемкости, технико-экономические показатели себестоимости, технические показатели. К дополнительным технико-экономическим показателям трудоемкости относятся относительные трудоемкости различного рода работ при изготовлении данного изделия, например сборочно-монтажных, регулировочных и контрольно-испытательных, связанных с обработкой резанием, холодной штамповкой и т. д.

К дополнительным технико-экономическим показателям себестоимости относятся относительная себестоимость покупных комплектующих изделий и относительная технологическая себестоимость изделия.

К дополнительным техническим показателям относятся в промышленности, производящей РЭА, коэффициент освоенности деталей, коэффициент повторяемости ДСЕ, коэффициент применения типовых технологических процессов, коэффициент применения микросхем и микросборок и т. д.

Дополнительные показатели технологичности, если это необходимо, могут контролироваться на различных стадиях разработки технической документации. В некоторых отраслях при разработке и изготовлении изделия необязательно достижение заданного значения дополнительного показателя. Достаточно достичь определенного значения комплексного показателя, включающего в себя данный дополнительный показатель. В других отраслях, наоборот, при разработке и производстве изделия обязательно достижение не только базового значения комплексного показателя, но и заданных значений дополнительных показателей технологичности. При этом для каждого вида РЭА требуемый их уровень задан в нормативно-технических документах отрасли.

Комплексные показатели технологичности формируются следующим образом. Пусть мы имеем некоторое количество i допол-

нительных (частных) показателей технологичности, причем $i=1, 2, 3, ..., n$. Каждый частный показатель κ_i изменяется в интервале 0—1, т. е. $\kappa_i \in [0, 1]$. Если $\kappa_i=0$, то изделие полностью нетехнологично по данному показателю (признаку); если $\kappa_i=1$, то, наоборот, изделие обладает стопроцентной технологичностью по данному признаку. В простейшем случае каждый из частных показателей технологичности одинаково влияет на эту совокупность свойств конструкции изделия, т. е. все они имеют одинаковую значимость (приоритетность) с точки зрения влияния на технологичность. В этом случае комплексный показатель может быть представлен в виде

$$K = \sum_{i=1}^{n} \kappa_i / n. \tag{1}$$

В общем случае каждый частный показатель технологичности имеет свою степень влияния на нее: одни показатели могут влиять сильнее, другие слабее. При образовании комплексного показателя следует учесть степень этого влияния, которая обычно выражается через коэффициент α_i, $i=1, 2, 3, ..., n$, как правило $\alpha \in [0, 1]$. Тогда комплексный показатель технологичности может быть выражен через частные показатели с помощью формул [8, 9]

$$K = (\kappa_1 \alpha_1 + \kappa_2 \alpha_2 + ... + \kappa_n \alpha_n)/(\alpha_1 + \alpha_2 + ... + \alpha_n) = \\ = \sum_{i=1}^{n} \kappa_i \alpha_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} \alpha_i = \sum_{i=1}^{n} \kappa_i \gamma_i, \tag{2}$$

где

$$\gamma_i = \alpha_i / \sum_{i=1}^{n} \alpha_i; \tag{3}$$

$$K = \prod_i \kappa_i^{\gamma_i}; \tag{4}$$

$$K = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \log \kappa_i. \tag{5}$$

На практике наиболее широкое применение имеет (2). В [9] указывается, что (2), (4), (5), отличаясь друг от друга по своей структуре, тем не менее не приводят к принципиально различным результатам при определении комплексных величин. Поэтому все равно, какой пользоваться формулой, если исходить исключительно из технических соображений. В [7], наоборот, считают, что в одних случаях целесообразно пользоваться (2), а в других — (4) или (5). С точки зрения авторов, комплексный показатель (2) следует применять в том случае, когда частные показатели аналогичны и близки друг другу по абсолютному значению, в противном случае — зависимость (4).

В ряде случаев целесообразно «конструировать» комплексный показатель, используя сразу (2) и (4). Сначала частные показатели разбиваются на однотипные группы и по (2) формируются комплексные показатели для каждой из групп, потом по (4) формируется комплексный показатель для всех групп.

Можно предположить, что (4) следует использовать в тех случаях, когда необходимо обратить особое внимание на важные показатели, имеющие низкое значение. При этом мы получим заниженное значение комплексного показателя K. Чтобы его поднять, понадобится, очевидно, провести ряд конкретных инженерно-технических мероприятий, направленных на увеличение данного частного показателя и технологичности изделия в целом. В настоящий момент ясно одно: необходимы исследования, для того чтобы установить, когда и какую формулу для комплексного показателя целесообразно применять.

Коэффициенты весомости γ могут быть определены различными методами. Наиболее достоверные результаты дает *корреляционный анализ*. К сожалению, на практике очень часто не хватает достаточного объема информации, чтобы им воспользоваться. Поэтому на практике приходится прибегать к экспертному методу.

Экспертный метод широко применяется в нашей жизни. Его суть заключена в следующем: имеется какое-то множество величин (объектов, индивидуумов), которые требуется расставить по местам исходя из какого-то определенного признака. Так, например, в фигурном катании мы имеем некоторое число фигуристов, которых нужно в ходе спортивного соревнования поставить на то или иное место в зависимости от выполнения спортивной программы. Фигуристов расставляет по местам коллегия судей (спортивных экспертов), обладающих большим опытом и знаниями в данной дисциплине.

Аналогично и в технике. Мы имеем какое-то множество параметров, в конкретном случае множество частных показателей. Их необходимо ранжировать (расставить по местам) исходя из степени их влияния на какую-то комплексную величину, например технологичность. Для осуществления этой процедуры необходимо сформировать группу экспертов, которые являются специалистами в своей области и хорошо знакомы с основами экспертного метода. Формирование экспертной комиссии, процедура опроса экспертов, требования к анкете изложены в ГОСТ 23554.0—79 и ГОСТ 23554.1—79.

Каждый эксперт расставляет по местам независимо от других экспертов частные показатели, затем производится усреднение всех имеющихся мнений — множество наших частных показателей упорядочивается и получаем ряд приоритета **I** (векторная величина)

$$\mathbf{I} = \{1, 2, 3, \ldots, n\}. \tag{6}$$

Может так случиться, что два показателя одинаковы по важности, например показатели 3 и 4.

$$\mathbf{I} = \{1, 2 [3, 4], 5, \ldots, n\}. \tag{7}$$

После того как показатели ранжированы, их ранг необходимо перевести в весовой коэффициент α или γ с помощью различного вида формул (гипотез). Приведем некоторые из них.

Гипотеза 1 [7]

$$\alpha_1:\alpha_2:\ldots:\alpha_{n-1}:\alpha_n = n:(n-1):\ldots:2:1. \quad (8)$$

Гипотеза 2 (см. ОСТ4.091.175—81)

$$\alpha_i = n/2^{n-1}, \quad (9)$$

которая широко применяется при отработке на технологичность РЭА. Гипотезы (1) и (2) не лишены определенных недостатков, дают в ряде случаев необъективный перевод n в α.

Гипотеза 3 [9] дает сложный путь перевода n в α, но наиболее объективные значения для α. Весовой коэффициент α_i определяется тремя различными способами, затем производится усреднение, т. е.

$$\bar{\alpha}_i = [\alpha_i^{(1)} + \alpha_i^{(2)} + \alpha_i^{(3)}], \quad (10)$$

где $\alpha_i^{(m)}$ $(m=1, 2, 3)$ — коэффициент α_i, определенный одним из трех способов

$$\alpha_i^{(1)} = [(r_{\max} - r_i) + 1]/\sum_i r_i, \quad (11)$$

где $r_{\max}$ — максимальный ранг (важность) показателя в баллах; r_i — ранг показателя i, т. е. $r_i = 1, 2, 3, \ldots, n$.

Авторы [9] предлагают десятибалльную шкалу оценки показателя r_i: 10 баллов — наиболее значимый показатель; 7—9 баллов — важные показатели; 5—6 баллов — показатели средней важности; 3—4 балла — показатели второстепенной важности; 1—2 балла — маловажные показатели.

$$\alpha_i^{(2)} = r_i^{\text{абс}} \Big/ \sum_i r_i^{\text{абс}}, \quad (12)$$

где верхний индекс (абс) указывает на то, что значение r_i берется в баллах, в отличие от верхнего индекса (отн), когда $r_i^{\text{отн}}$ выбирается относительно, например, как какая-то часть числа 10.

Тогда

$$\alpha_i^{(3)} = r_i^{\text{отн}} \Big/ \sum_i r_i^{\text{отн}}. \quad (13)$$

После определения $\bar{\alpha}_i$ целесообразно перейти к γ_i по (3), причем $\sum_{i=1}^{n} \gamma_i = 1$, т. е. нормируем α на единицу.

Здесь необходимо дать разъяснения к (11) и (12). Приоритетность показателя может выражаться по (6), т. е. по месту, занимаемому им в ряду приоритета. Но данное место по шкале оценки может оцениваться и в баллах. Поэтому в (11) $r_{\max}$ дается в баллах (т. е. 10), а $r_i = 1, 2, 3, \ldots, n$ определяет место показателя в приоритетном ряду. Тогда самый важный показатель (самый влиятельный) будет и самым весомым, т. е. будет иметь максимальное значение $\alpha_i^{(1)}$. В (12) оперируют исключительно баллами, в (13) — частями от какого-то числа.

Пример. Есть три показателя, которые по приоритетности занимают места 1, 2, 3. Показатель, занимающий первое место, наиболее значим. Ему присуждено 10 баллов. Показатель, занимающий второе место, весьма важный показатель (8 баллов). И наконец, третий показатель является показателем средней важности (5 баллов). Число 10 разделено следующим образом между показателями: 5, 3, 2. Тогда по (11) для каждого из $\alpha_i^{(1)}$ имеем $\alpha_1^{(1)}=[(10-1)+1]/6\approx1{,}67$; $\alpha_1^{(1)}=[(10-2)+1]/6\approx1{,}5$; $\alpha_3^{(1)}=[(10-3)+1]/6\approx1{,}33$.

По (12) для каждой из $\alpha_i^{(2)}$ $\alpha_1^{(2)}=10/(10+8+5)\approx0{,}42$; $\alpha_2^{(2)}=8/23\approx0{,}35$; $\alpha_3^{(3)}=5/23\approx0{,}22$. И по (13) для каждого из $\alpha_i^{(3)}$ $\alpha_1^{(3)}=0{,}5$; $\alpha_2^{(3)}=0{,}3$; $\alpha_3^{(3)}=0{,}2$. Тогда $\overline{\alpha}_1=(1{,}67+0{,}42+0{,}5)/3\approx0{,}86$; $\overline{\alpha}_2=(1{,}5+0{,}35+0{,}3)/3\approx0{,}72$; $\overline{\alpha}_3=(1{,}33+0{,}22+0{,}2)\approx0{,}55$.

Переходя к γ_i ($\sum_{i=1}^{3}\gamma_i=1$), получаем $\gamma_1\approx0{,}404$; $\gamma_2\approx0{,}338$; $\gamma_3\approx0{,}257$.

В результате

$$K=0{,}404\,\kappa_1+0{,}338\,\kappa_2+0{,}257\,\kappa_3, \tag{14}$$

Значение K, рассчитанное по (8) и (9), окажется равным соответственно

$$K=0{,}500\,\kappa_1+0{,}333\,\kappa_2+0{,}167\,\kappa_3, \tag{15}$$

$$K=0{,}358\,\kappa_1+0{,}358\,\kappa_2+0{,}284\,\kappa_3. \tag{16}$$

Как видим, использование (8) дает слишком большую разницу между γ_i. Она не характеризует истинного различия во влияниях показателей κ_i на комплексную величину. С другой стороны, коэффициенты γ_i, определенные с использованием (9), неоправданно близки друг к другу, а $\gamma_1=\gamma_2$, что явно не соответствует их истинному влиянию на K. Однако гипотеза 2 очень проста и при достаточно большом числе частных показателей (6, 7) ее целесообразно использовать для определения K. Гипотеза 3 относительно сложна и мало используется для практических расчетов.

Пример. Комплексный показатель $K_{мк}$ применяется в производстве РЭА и характеризует степень микроминиатюризации изделия $K_{мк}=(\sum_{j=1} N^j{}_{мк}Э^j)/M_к$, где $N^j{}_{мк}$ — общее число j-х микросхем в изделии; $Э^j$ — коэффициент весомости j-й микросхемы по степени интеграции; $M_к$ — общее число микросхем в изделии.

Коэффициент $Э$ зависит от числа элементов и компонентов, входящих в микросхемы, т. е. от степени интеграции. Один из возможных вариантов этой зависимости:

Степень интеграции микросхемы (микросборки)	*Коэффициент весомости*
До 10	0,01
11—50	0,05
51—100	0,1
101—500	0,25
501—1000	0,4
1001—5000	0,55
5001—10 000	0,7
10001—100 000	0,9
100001—1 000 000	1

Элемент — пленочный резистор, конденсатор и т. д.; компонент — отдельный бескорпусной транзистор, конденсатор, резистор и т. д.

3.4. Трудоемкость изготовления изделия

В настоящее время основополагающим показателем технологичности является трудоемкость изготовления изделия — $T_и$. При разработке ТЗ на ОКР значение трудоемкости изготовления обязательно вносится в него, а затем контролируется на каждом этапе разработки рабочей документации. Трудоемкость изделия, определяемая на стадии ТЗ, — базовый показатель технологичности — $T_{и.б}$.

В разных отраслях трудоемкость изготовления изделия на различных стадиях разработки технической документации имеет различные названия. Так, по ОСТ4.091.175—81 трудоемкость изготовления изделия, устанавливаемая в ТЗ, является лимитной. Следует сделать существенное уточнение: $T_{и.б}$ величина расчетная. Внесенная в ТЗ, она станет $T_л$ (лимитной) не раньше, чем ее утвердит после корректировки соответствующая организация.

$$T_л = \alpha T_{и.б} \quad \text{при } \alpha \leqslant 1. \tag{17}$$

Обычно $\alpha < 1$; на стадии разработки рабочей документации должно быть

$$T_и \leqslant T_л. \tag{18}$$

Лимитная трудоемкость — это предельно допустимые затраты труда на производство изделия. В [10] приводятся названия трудоемкости изготовления изделия, оценка которых производилась на разных стадиях разработки технической документации; прогнозируемая на стадии разработки эскизного проекта называется *лимитной трудоемкостью;* определенная на стадии разработки рабочего проекта — *проектной трудоемкостью;* определенная при изготовлении установочной партии — *директивной трудоемкостью.* В дальнейшем используется терминология ОСТ4.091.175—81.

Трудоемкость изготовления изделия на стадии ТЗ может быть оценена по формуле [5, 11]

$$T_{и.б} = T_{и.а} \kappa_{сл} \kappa_{т.с} \kappa_N, \tag{19}$$

где $T_{и.а}$ — трудоемкость изготовления изделия-аналога; $\kappa_{сл}$ — коэффициент сложности, учитывающий степень технического совершенства разрабатываемого изделия по сравнению с изделием-аналогом; $\kappa_{т.с}$ — коэффициент снижения трудоемкости; κ_N — коэффициент, устанавливающий изменение трудоемкости изготовления при изменении программы выпуска разрабатываемого изделия.

Вопрос о значении $\kappa_{сл}$ остается почти не изученным и выбирается, как правило, грубо ориентировочно. Рекомендуют конкретное значение $\kappa_{сл}$ определять экспертным методом на головном предприятии по направлению техники. Можно рекомендовать определение $\kappa_{сл}$ как функцию отношения $P_п/P_а$, где $P_п$ и $P_а$ — число ЭРЭ

в разрабатываемом изделии и в изделии-аналоге. Чем выше это отношение, тем больше $\kappa_{сл}$. При $P_п/P_а=0{,}2—2$ значение $\kappa_{сл}$ может меняться в пределах 0,34—1,2.

Коэффициент снижения трудоемкости, показывающий рост производительности труда за счет совершенствования технологии производства к периоду изготовления разрабатываемого изделия, определяется по формуле

$$\kappa_{тс.}=100/(100+\kappa_{п.т})^t, \qquad (20$$

где $\kappa_{п.т}$ — планируемый среднегодовой рост производительности труда на предприятии-изготовителе за период времени t; t — период времени от начала проектирования до запуска изделия в производство.

Коэффициент κ_N зависит от N_p программы выпуска изделия. Приведем значения κ_N в зависимости от отношения $N_а/N_p$, где $N_а$ — программа выпуска изделия-аналога (табл. 3.1).

Пример. Рассчитать базовую трудоемкость изделия «Экзамен» (источник питания). В качестве аналога выбираем изделие, имеющее $T_{и.а}=30{,}4$ нормо-ч, $N_а=4500$. Значение $\kappa_{т.п}$ равно 6% за $t=3$ года; $\kappa_{сл}=1{,}2$. Тогда $T_{и.б}=30{,}4\times\times1{,}2\cdot100/(100+6)^3\cdot(4550/13000)=30{,}4\cdot1{,}2\cdot0{,}845\cdot0{,}89=27{,}4$ нормо-ч. Если 27,4 нормо-ч будет утверждена организацией, контролирующей в отрасли трудоемкость изготовления изделия, то $T_{и.б}=T_л=27{,}4$ нормо-ч.

На стадиях разработки эскизного и технического проектов обычно надлежит сделать хотя бы приближенную оценку трудоемкости изготовления разрабатываемого изделия. В [10] рекомендуется пользоваться для оценки трудоемкости на этом этапе формулой

$$T_л=Ц_{п.у}H_т\kappa_п,$$

где $Ц_{п.у}$ — утвержденная планово-условная цена изделия; $H_т$ — норматив времени трудоемкости на рубль планово-условной цены (определяется по таблице, составленной по статистическим данным для каждой отрасли, исходя из уровня разукрупнения и направления техники, к которому принадлежит изделие); $\kappa_п$ — поправочный

Таблица 3.1. Зависимость κ_N от $N_а/N_p$

$N_а/N_p$	κ_N	$N_а/N_p$	κ_N	$N_а/N_p$	κ_N
0,2	0,8	3	1,17	14	1,42
0,3	0,88	4	1,21	16	1,46
0,6	0,92	5	1,25	18	1,48
0,8	0,96	6	1,28	20	1,5
1	1	7	1,32	22	1,52
1,2	1,03	8	1,33	24	1,53
1,4	1,06	9	1,35	26	1,55
1,6	1,08	10	1,37	30	1,57
2	1,12	11	1,38	40	1,62
2,5	1,15	12	1,4	50	1,66

коэффициент, учитывающий тип производства изделия, который аналогичен коэффициенту κ_N.

Отмечая известную неточность формулы (21), автор [10] приводит еще две формулы для определения трудоемкости $T_л$. В первом случае изделие имеет аналог, во втором — не имеет. Рассмотрим одну формулу для $T_л$ с аналогом

$$T_л = T_п \kappa_п \kappa_с (0{,}9 \ldots 0{,}97)^t \sqrt[n+1]{\frac{X_{а1} X_{а2} \ldots X_{аn}}{X_{р1} X_{р2} \ldots X_{рn}}}, \tag{22}$$

где $T_п$ — проектная трудоемкость (директивная, по терминологии автора [10]) изделия-аналога; $\kappa_с$ — коэффициент снижения трудоемкости от оргтехмероприятий, аналогичен коэффициенту $\kappa_{т.с}$; t — число лет от установленного года достижения до планируемого периода освоения; $X_а$ — тактико-технические характеристики изделия-аналога; $X_р$ — то же, но для разрабатываемого изделия.

Вероятно, (21) и (22) могут быть использованы и для оценки трудоемкости на стадии технического проекта.

На стадии разработки рабочей документации уже имеется возможность точно определить трудоемкость разработанного изделия. Если на этой стадии была разработана не только конструкторская, но и технологическая документация, то трудоемкость изготовления изделия можно рассчитать так:

$$T_и = \sum_{i=1}^{n} T_j, \tag{23}$$

где T_j — трудоемкость изготовления изделия по j-му виду работ; j — виды работ ($j = 1, 2, 3, \ldots, n$).

При большом количестве составных частей в изделии трудоемкость изготовления изделия $T_и$ можно определять укрупненно по типовым представителям составных частей изделия [11]:

$$T_и = \sum_{i=1}^{n} T_{ie} n_{ie} + \sum_{i=1}^{n} T_{ig} n_{ig} + T_{с.о} + T_р, \tag{24}$$

где $T_{ie} = \sum_{k=1}^{m} T_{к.д} n_{к.д} + T_{с.у}$ — трудоемкость изготовления и сборки i-й сборочной единицы; $T_{к.д}$ — трудоемкость изготовления $к$-й детали, входящей в состав i-й сборочной единицы изделия; $n_{к.д}$ — число $к$-х деталей; $T_{с.у}$ — трудоемкость узловой сборки; n_{ie} — число i-х сборочных единиц; T_{ig} — трудоемкость изготовления i-й детали, являющейся составной частью изделия и не входящей в состав сборочной единицы при подсчете T_{ie}; n_{ig} — число i-х деталей; $T_{с.о}$ — трудоемкость общей сборки изделия; $T_р$ — трудоемкость регулировочных и контрольно-испытательных работ по изделию.

Как видно из (24), можно определить $T_и$, выбирая в качестве типовых представителей наиболее характерные для данного изделия ДСЕ. Зная трудоемкость их изготовления и общее число ДСЕ в изделии, можно рассчитать $T_и$ с определенной точностью. В некоторых отраслях необходимо знать точное значение $T_и$ уже на ста-

дии разработки рабочей документации, и (24) при отработке изделия на технологичность может быть применена только при расчете $T_и$ на стадии технического проекта.

То же самое скорее всего относится и к формуле для $T_п$, приводимой в [11]:

$$T_п = (\Sigma T_в + \Sigma T_м + \Sigma T_н)(1 + \kappa_{с.н}), \qquad (25)$$

где $\Sigma T_в$ — суммарная проектная трудоемкость сборочных единиц, заимствованных из состава других изделий, $T_в = T_д \kappa_п 0{,}93^t$, где $T_д$ — проектная (директивная, т. е. на стадии установочной серии) трудоемкость сборочной единицы, находящейся в производстве, определяемая как доля проектной трудоемкости изделия, из состава которого заимствована сборочная единица, соответствующая удельному весу данной сборочной единицы в фактической трудоемкости изделия; t — число лет от установленного года достижения $T_д$ до года достижения $T_и$); $\Sigma T_м$ — суммарная проектная трудоемкость модернизированных сборочных единиц ($T_м = T_{п.а} \kappa_п \kappa_а 0{,}93^t$, где $T_{п.а}$— проектная (директивная) трудоемкость сборочной единицы, выбранной в качестве аналога); $\Sigma T_и$ — суммарная трудоемкость новых сборочных единиц $T_и = T_{н.о} \kappa_о \kappa'_с$, где $T_{н.о}$ — трудоемкость опытного образца новой сборочной единицы; $\kappa_о$ — коэффициент приведения трудоемкости опытного образца к его трудоемкости в установочной партии, зависит от направления техники, типа производства и т. д.; $\kappa'_с$ — коэффициент снижения трудоемкости от установочной партии к серийному производству); $\kappa_{с.н}$ — коэффициент, учитывающий трудоемкость работ по комплексной сборке и настройке изделия.

В ряде случаев целесообразно пользоваться комплексным коэффициентом трудоемкости и *удельной трудоемкостью*. Комплексный коэффициент трудоемкости целесообразно применять в тех случаях, когда требуется стимулировать на предприятии те или иные виды работ. Он может быть образован, например, с помощью формул (2) и (3), где под показателем κ_i мы понимаем относительные трудоемкости тех или иных работ при изготовлении данного изделия, т. е. заготовительных, сборочно-монтажных, литейных, штамповочных и т. д. Относительная трудоемкость определяется как $T_i/T_и$ ($i = 1, 2, ..., n$), где T_i — трудоемкость i-го вида работ, затраченная на изготовление изделия; $T_и$ — общая трудоемкость изготовления изделия. Задавая в ТЗ на ОКР базовое значение комплексного показателя трудоемкости и давая более высокий приоритет видам технологии, которые в первую очередь требуется развивать в отрасли и на предприятии, мы будем способствовать прогрессу наиболее передовых методов формообразования.

Удельная трудоемкость изготовления изделия определяется как $T_и/P_н$, где $P_н$ — номинальное значение основного технического параметра изделия. Так, для ручной телевизионной камеры основным техническим параметром может быть выбрана ее масса. Тогда удельная трудоемкость изготовления будет иметь размерность норно-ч/кг. Задавая в ТЗ на ОКР базовое значение удельной трудо-

емкости изделия, мы тем самым стимулируем не только снижение значения $T_и$, но и снижение (или повышение) номинального значения основного технического параметра.

3.5. Комплексный технический показатель технологичности

При оценке технологичности конструкции изделия важную роль играет комплексный технический показатель технологичности $K_{тех}$, значение которого, внесенное в ТЗ на ОКР, является базовым и обозначается $K_{тех.б}$. В производстве РЭА в различных отраслях $K_{тех}$ определяется по-разному и оценка технологичности по данному показателю может вестись также по-разному. Имеются два основных случая оценки технологичности РЭА по данному показателю.

1-й случай. Показатель $K_{тех}$ вычисляется по (2), а α_i определяется по одной из формул § 3.3, например по (9). Показатели κ_i в (2) являются частными показателями технологичности. Приведем кратную номенклатуру наиболее часто встречающихся в практике частных показателей и дадим им краткую характеристику.

Коэффициент освоенности деталей

$$\kappa_{осв} = Д_{т.з}/Д_т, \tag{26}$$

где $Д_{т.з}$ — число типоразмеров заимствованных деталей (без учета нормализованного крепежа), ранее освоенных на предприятии-изготовителе; $Д_т$ — общее число типоразмеров деталей в изделии (без учета нормализованного крепежа).

С точки зрения технологичности изделия мы заинтересованы применять во вновь разрабатываемой конструкции РЭА детали, уже освоенные при производстве других изделий, для которых имеем хорошую освоенную технологию их изготовления, а также технологическую оснастку, КИА, специальное технологическое оборудование. Оригинальные детали (разработанные впервые при конструировании данного нового изделия) надо использовать только в тех случаях, когда без них обойтись совершенно невозможно.

Коэффициент повторяемости деталей и сборочных единиц

$$\kappa_{пов} = 1 - (Д_т + E_т)/(Д + E), \tag{27}$$

где $E_т$ — общее число типоразмеров сборочных единиц в изделии;

$$Д = Д_о + Д_у + Д_з + Д_п + Д_{ст},$$

где $Д_о$ — число оригинальных деталей; $Д_у$ — число унифицированных деталей; $Д_з$ — количество заимствованных деталей; $Д_п$ — число покупных деталей; $Д_{ст}$ — число стандартных деталей; $Д_т$ — общее число деталей в изделии, являющихся составными его частями (без нормализованного крепежа);

$$E = E_о + E_у + E_з + E_п + E_{ст},$$

где $E_о$, $E_у$, $E_з$, $E_п$, $E_{ст}$ — соответственно число сборочных единиц

оригинальных, унифицированных, заимствованных, покупных и стандартных; E — число сборочных единиц в изделии.

Очевидно, рост повторяемости в изделии ДСЕ должен способствовать росту его технологичности. В общем случае выгоднее изготовить две одинаковые детали, чем две разные.

При конструировании изделия (сборочной единицы) целесообразно использовать резисторы одного типа (или несколько типов резисторов, имеющих одинаковые габаритные размеры) и одной номинальной мощности, дроссели одного габаритного размера, диоды одного типа корпуса и одних габаритных размеров, конденсаторы с минимальным числом типоразмеров корпуса, перемычки без изоляции с одним типоразмером. Однотипные ЭРЭ должны иметь единый типоразмер. Целесообразно отметить, что ЭРЭ, такие как диоды, дроссели, резисторы и т. д., являются сборочными единицами.

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия

$$\kappa_{\text{м.м}} = H_{\text{м м}}/H_{\text{м}}, \qquad (28)$$

где $H_{\text{м.м}}$ — число монтажных соединений ЭРЭ, которые предусматривается осуществлять автоматизированным или механизированным способом; $H_{\text{м}}$ — общее число монтажных соединений ЭРЭ в изделии.

Широкий ввод в действие автоматизированных линий сборки будет всячески способствовать повышению коэффициента $\kappa_{\text{м.м}}$. Эффективность применения автоматизированных линий, а также возможность их применения будут заметно повышены, если конструктор при разработке изделия (сборочной единицы) учтет рекомендации, изложенные при характеристике частного показателя $\kappa_{\text{пов}}$. Если программа выпуска изделия мала (относительно невелика), то вводить автоматизированные линии сборки, а также широкую механизацию сборки может оказаться нецелесообразно из-за того, что расходы на автоматизацию и механизацию сборки перекрывают экономию от их применения.

Во многих случаях при малой программе выпуска изделий экономически обоснованно применение ГПС сборки. В первую очередь это относится к процессу сборки узлов на печатных платах.

Коэффициент применения (использования) микросхем и микросборок

$$\kappa_{\text{м.с}} = H_{\text{э.мс}}/(H_{\text{э.мс}} + H_{\text{ЭРЭ}}), \qquad (29)$$

где $H_{\text{э.мс}}$ — общее число дискретных элементов, замененных микросхемами и установленных на микросборках в изделии; $H_{\text{ЭРЭ}}$ — общее число ЭРЭ, не вошедших в микросхемы и не установленных на микросборках.

Микросхемы и микросборки в изделии резко уменьшают его габаритные размеры, а также затраты времени и средств на механическую обработку деталей. Это связано с тем, что применение в конструкции изделий микросхем и микросборок уменьшает размеры несущих конструкций, на которых монтируются ЭРЭ, а

также размеры и число деталей, используемых при монтаже. Но применение в изделии микросхем и микросборок может привести к возрастанию затрат времени и средств на настройку, регулировку и особенно входной контроль ЭРЭ. Это связано с тем, что у элементов одного типа электротехнические параметры могут колебаться от образца к образцу.

Может оказаться так, что изделие содержит всего несколько ЭРЭ, причем главным из них является микросхема. Таким изделием является реле электронное гибридное. Основной трудностью при изготовлении таких реле является производство самой микросхемы с заданными номинальными значениями параметров элементов, вошедших в нее. Как известно, технология изготовления микросхем содержит сложные физико-химические процессы и выход годного при производстве этих изделий электронной техники может быть низким.

При изготовлении реле электронных гибридных основная часть трудозатрат падает именно на производство микросхемы. Поэтому о технологичности реле можно судить не по группе частных показателей, образующих $K_{тех}$, а по одному единственному частному показателю, который становится базовым, при внесении в ТЗ на ОКР — по коэффициенту выхода годных реле при изготовлении микросхемы.

$$\kappa_{в.г} = \kappa_{в.г.п}/\kappa_{в.г.оз}, \qquad (30$$

где $\kappa_{в.г.п}$ — выход годных при изготовлении реле на предприятии-изготовителе; $\kappa_{в.г.оз}$ — выход годных при изготовлении лучших отечественных и зарубежных образцов.

Процент выхода годных реле (партия) — отношение числа работающих реле к общему числу реле, запущенных в производство для изготовления данной партии реле. Иногда процент выхода годных может составлять всего несколько процентов.

Влияние коэффициента $\kappa_{м.с}$ сильно особенно в тех случаях, когда в изделии предполагается использовать большое число печатных плат и имеет место большая плотность монтажа на них. Последний фактор особенно важен.

Если применяемые микросхемы имеют малую интеграцию, т. е. заменяют собою небольшое число дискретных элементов, то применение их не дает заметного роста технологичности изделия, и это отражается на весомости $\kappa_{м.с}$.

Так, в небольшой переносной радиостанции, где плотность монтажа на печатных платах велика, применение микросхем значительно увеличивает технологичность изделия. Поэтому при отработке его на технологичность *ранг* $\kappa_{м.с}$ был выбран самым высоким, равным 1.

С другой стороны, во вторичном источнике питания возможно применение ограниченного числа микросхем с малой интеграцией, причем выполняющих самые простые функции. Поэтому влияние микросхем на технологичность изделий этого типа весьма

слабее, и при расчете комплексного показателя $\kappa_{тех}$ для вторичного источника питания ранг $\kappa_{м.с}$ был выбран равным 7.

Коэффициент параллельности сборки

$$\kappa_{п.сб} = E_{п.сб}/E, \tag{31}$$

где $E_{п.сб}$ — число сборочных единиц в изделии, допускающих параллельную сборку, с учетом целесообразности расчленения изделия на сборочные единицы. Параллельность сборки относительно слабо влияет на трудоемкость изготовления изделия, но очень сильно влияет на время его изготовления, если, конечно, РЭА содержит в себе много узлов. Так, при расчете показателя для источника питания коэффициент $\kappa_{п.сб}$ был выведен на второе место. Основная причина присвоения этому коэффициенту ранга 2 заключалась прежде всего в том, что годовая программа выпуска этого изделия составляет 800 тыс. шт., а само изделие содержит 6 сборочных единиц.

Коэффициент применения типовых технологических процессов

$$\kappa_{т.п} = T_{т.п}/T_{и}, \tag{32}$$

где $T_{т.п}$ — трудоемкость изготовления, сборки, регулировки, контроля и испытания составных частей изделия по типовым технологическим процессам всех уровней (отраслевых предприятий) и процессам, разработанным с использованием типовых процессов.

Коэффициент $\kappa_{т.п}$ можно представить и по-другому — через ДСЕ:

$$\kappa_{т.п} = (Д_{т.п} + E_{т.п})/(Д + E), \tag{33}$$

где $Д_{т.п}$ и $E_{т.п}$ — число деталей и сборочных единиц, изготовленных с применением типовых или групповых техпроцессов.

Формула (32) кажется нам более объективной, хотя расчет по ней более труден, чем по (33), так как может оказаться затруднительным точное определение $T_{т.п}$.

Очевидно, что изделие, изготовленное с применением большого числа типовых технологических процессов, будет технологичнее аналогичного изделия, при изготовлении которого типовые технологические процессы не применялись или применялись очень мало. Основная причина этого — большая отлаженность типового технологического процесса.

Основой разработки типовых технологических процессов является *группирование деталей по конструктивно-технологическому подобию.* Деталь, которую требуется изготовить данным способом, с помощью соответствующих нормативно-технологических документов (НТД) относится инженером-технологом по конструктивно-техническим признакам к определенной группе деталей, на которую уже имеется типовой технологический процесс. Детали, входящие в группу, отличаются друг от друга по своей конструкции, поэтому при разработке индивидуальной технологии, базирующейся на технологии типовой, необходимо учесть эти индивидуальные отличия.

При оценке технологичности изделия коэффициенту $к_{т.п}$ может быть присвоен высокий ранг в том случае, когда в изделии много деталей, особенно сложных, и когда эти детали изготавливаются прогрессивными методами формообразования. Так, при оценке технологичности различного рода слаботочных реле (исключая электронные гибридные) $к_{т.п}$ не получал ранга выше третьего.

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$к_{м.п\ ЭРЭ} = H_{.мп\ ЭРЭ}/H_{п\ ЭРЭ}, \quad (34)$$

где $H_{м.п\ ЭРЭ}$ — число ЭРЭ, подготовка которых к электромонтажу может осуществляться на предприятии-изготовителе имеющимися средствами автоматизации и механизации по прогрессивным технологическим процессам, обеспечивающим минимальную трудоемкость подготовки ЭРЭ к монтажу; $H_{п\ ЭРЭ}$— общее число ЭРЭ в изделии, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями конструкторской документации.

Этот показатель будет иметь высокий ранг лишь в том случае, когда значительная часть трудоемкости изготовления изделия падает на подготовку ЭРЭ к монтажу.

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$к_ф = Д_{пр}/Д, \quad (35)$$

где $Д_{пр}$ — число деталей (без учета нормализованного крепежа), заготовки которых или сами детали получены прогрессивными методами. Ранг $к_ф$ будет выше в том случае, когда в изделии, во-первых, много деталей, изготавливаемых на предприятии различными методами формообразования, во-вторых, когда удельный вес трудозатрат, связанных с формообразованием, высок относительно трудозатрат, связанных с монтажом, регулировкой и настройкой. Если нас интересуют не только трудозатраты, но и расход материалов, т. е. если при оценке технологичности изделия учитываются и затраты их, то ранг $к_ф$ будет выше. Это связано с тем, что прогрессивные методы формообразования в подавляющем большинстве случаев дают минимальное количество материала, уходящего в отходы.

Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля

$$к_{а.р.к} = H_{а.р.к}/H_{р.к}, \quad (36)$$

где $H_{а.р.к}$ — число операций регулировки и контроля, которые предусматривается выполнить автоматизированным или механизированным способом, включая операции, не требующие средств механизации; $H_{р.к}$ — общее число операций регулировки и контроля.

Коэффициент $к_{а.р.к}$ будет иметь более высокий ранг, если при изготовлении изделия значительные затраты труда приходятся на операции регулировки и контроля. Так, при изготовлении изделия, относящегося к телеграфной аппаратуре, 15% всех трудозатрат па-

дает на работы, связанные с регулировкой устройства (3-е, 4-е место по затратам трудоемкости). При оценке технологичности радиоэлектронной составной части изделия показатель $\kappa_{а.р.к}$ получил ранг 3. Программа выпуска изделия также может заметно влиять на ранг этого коэффициента. Пусть трудозатраты на реглировку и контроль относительно высоки, но программа выпуска невелика. Тогда ранг $\kappa_{а.р.к}$ высоким не будет. Так, при производстве изделия телефонной аппаратуры, содержащего ЭРЭ в значительном количестве, 20 операций относятся к операциям регулировки и контроля. Однако программа выпуска изделия невелика, поэтому $\kappa_{а.р.к}$ получил ранг 7.

Коэффициент использования материала

$$\kappa_{и.м} = M / \sum_{\kappa=1}^{m} M_{к.м.р}, \qquad (37)$$

где M — масса изделия без учета комплектующих изделий и тары; $M_{к.м.р}$ — масса κ-го конструкционного материала

$$M = \sum_{i=1}^{n} M_{ie} + \sum_{i=1}^{e} M_{iд},$$

где M_{ie} — масса i-й сборочной единицы; $M_{iд}$ — масса i-й детали, являющейся составной частью изделия;

Коэффициент $\kappa_{и.м}$ столь важен, что при разработке многих изделий РЭА он вносится в ТЗ на ОКР в качестве самостоятельного показателя. Ранг его будет высоким, если при оценке технологичности изделия в первую очередь принимать во внимание затраты материалов (особенно дефицитных). Если же главным фактором является трудоемкость, то ранг показателя $\kappa_{и.м}$ будет ниже. Низкое значение $\kappa_{и.м}$ указывает на большой уход материалов в отходы и говорит очень часто о неоправданных затратах труда при изготовлении изделия.

Действительно, при изготовлении детали на металлорежущем станке из-за неудачной ее конструкции и плохой технологии большое количество металла может уйти в стружку. Трудоемкость изготовления такой детали будет заметно выше по сравнению с аналогичной деталью, на изготовление которой потратили меньше материала.

Малая материалоемкость изделия предопределяет и невысокий ранг $\kappa_{и.м}$. Так, при оценке технологичности радиоэлектронной составной части изделия, относящегося к телеграфной аппаратуре, этот показатель вообще не брался во внимание из-за малой материалоемкости изделия. Однако при оценке технологичности механической составной части этого же изделия (базовой несущей конструкции) он имеет ранг 6. Вся практика отработки на технологичность РЭА показывает, что ранг $\kappa_{и.м}$ обычно невысок, если в технологичности нас интересуют прежде всего трудозатраты.

Коэффициент точности обработки

$$\kappa_{т.ч} = 1 - (Д_{т.ч}/Д), \qquad (38)$$

где $Д_{т.ч}$ — число деталей (без учета стандартных и крепежных) квалитет размеров которых не выше 10-го. Точность резьбовых поверхностей при расчете не учитывается.

Чем больше в изделии деталей, при изготовлении которых размеры могут быть выдержаны с меньшей степенью точности, тем технологичнее изделие по данному показателю, так как получение размера с большей точностью требует обычно больших затрат труда, времени и средств.

Обычно рост технологичности по одному признаку приводит к росту ее и по другим признакам или по крайней мере никак не сказывается на них. Например, рост показателя $к_ф$ должен привести к росту показателя $к_{и.м}$. Действительно, прогрессивные методы формообразования должны способствовать повышению использования материалов, так как прогрессивные методы — прежде всего малоотходные и безотходные. Совсем иная ситуация с коэффициентом $к_{т.ч}$. Рост его, как правило, способствует снижению других показателей технологичности или в лучшем случае никак не влияет на них. Поэтому при оценке технологичности РЭА показатель $к_{т.ч}$ обычно не входит в состав семи самых важных (влиятельных) коэффициентов, а если и входит, то ранг его низок. Очевидно, влияние этого показателя на технологичность изделия будет слабым в том случае, когда в состав его входит мало деталей или когда программа его выпуска мала.

Коэффициент повторяемости печатных плат

$$к_{пов.п.п}\text{-}1 - Д_{т.п.п}/Д_{п.п}, \qquad (39$$

где $Д_{т.п.п}$ — число типоразмеров печатных плат в изделии; $Д_{п.п}$ — общее число печатных плат в изделии. Типоразмер печатной платы определяется габаритными размерами и материалами, используемыми в конструкции, без учета различий в топологии проводника.

Влияние этого показателя на технологичность будет тем больше, чем больше печатных плат применяется в изделии. Особенно сильным оно может оказаться при автоматизированной сборке сборочных единиц на печатных платах. Если автоматическая линия изготовлена с учетом определенных максимальных размеров печатных плат и размеры всех печатных плат, применяемых в изделии, не больше этих максимальных размеров, то при автоматизированной сборке на печатных платах можно обойтись только одной линией. Если, однако, размеры некоторых печатных плат превышают максимальные размеры печатной платы, под которые спроектирована автоматическая линия, то для автоматизированной сборки понадобится еще одна линия (или даже не одна), что приведет к дополнительным затратам труда, материалов, времени и средств. Вообще же $к_{пов.п.п}$ не относится к наиболее влиятельным показателям. Возможно, данный факт как-то связан с тем, что $к_{пов}$ должен учитывать и повторяемость печатных плат, т. е. нецелесообразно брать во внимание отдельно этот класс деталей.

Те же самые соображения можно, вероятно, высказать и по поводу *коэффициента стандартизации*

$$\kappa_{ст} = (E_{ст} + Д_{ст})/(E + Д), \quad (40)$$

$$Д_{ст} = Д_{ст.з} + Д_{ст.п} + Д_{ст.и},$$

где $Д_{ст.з}$, $Д_{ст.п}$, $Д_{ст.и}$ — соответственно число стандартных деталей (заимствованных, покупных и стандартизованных) при разработке данного изделия;

$$E_{ст} = E_{ст.з} + E_{ст.п} + E_{ст.и},$$

где $E_{ст.з}$, $E_{ст.п}$, $E_{ст.и}$ — соответственно число стандартных сборочных единиц (заимствованных, покупных и стандартизованных) при разработке данного изделия.

Влияние стандартизации деталей и сборочных единиц на технологичность изделия очевидно. Но при оценке технологичности изделия народнохозяйственного назначения $\kappa_{ст}$ почти не фигурирует.

В ряде отраслей в качестве показателя технологичности, в том числе и базового, используется *коэффициент применяемости*

$$\kappa_{пр} = 100\,(П_с + П_у + П_з + П_п)/(П_с + П_у + П_з + П_п + П_о), \quad (41)$$

где $П_с$, $П_у$, $П_з$, $П_п$, $П_о$ — число типоразмеров соответственно стандартных, унифицированных, заимствованных, покупных и оригинальных составных частей изделия.

Это лишь ограниченное число частных показателей, используемых при оценке технологичности изделий радиоэлектронной техники, причем в первую очередь изделий народнохозяйственного назначения. Номенклатура показателей может быть существенным образом расширена, но использование каждого нового показателя должно быть оправданным. Более подробно о выборе ранга частного показателя изложено в [12].

2-й случай (см. [10]). Для конкретного изделия назначается полный состав показателей, имеющих нормативные значения $T_н$ по каждому направлению техники. Затем численные значения $T_ф$ каждого частного показателя (фактические значения, достигнутые в ходе разработки) переводят в *балльные оценки* $Б_{пок}$ по формуле

$$Б_{пок} = 4 - (T_н - T_ф)/\Delta T, \quad (42)$$

где ΔT — численное значение показателя, эквивалентное одному баллу оценки; $T_н$ — всегда оценивается в 4 балла. Это соответствует наивысшему значению показателя технологичности на данном этапе.

После вычисления $Б_{пок}$ для каждого показателя определяется *средняя балльная оценка технологичности изделия*

$$Б_{ср} = \Sigma Б_{пок}/N, \quad (43)$$

где N — число показателей, участвующих в оценке, включая приравненные нулю. Как видно, влияние всех частных показателей

на совокупность свойств конструкции изделия, именуемую технологичностью, одинаково, что, с нашей точки зрения, принципиально неверно. В [10], правда, приведена и методика оценки *комплексного показателя технологичности* составного изделия, учитывающая в какой-то мере влиятельность данного показателя:

$$П_н = П_1 B_1 + П_2 B_2 + П_3 B_3, \tag{44}$$

где $П_1 = к_1 в_1 + к_2 в_2 + \ldots + к_п в_п$, $к_1, к_2, \ldots, к_п$ — коэффициенты технологичности составных частей изделия; $в_1, в_2, \ldots, в_п$ — коэффициенты значимости составных частей изделия, равные отношению трудоемкости изготовления составной части изделия к суммарной трудоемкости изготовления изделия, определяются экспертно; $в_1 + в_2 + \ldots + в_п = 1$ — суммарный показатель технологичности составных частей изделия; $B_1 = T_1/T$ — коэффициент значимости показателя $П_1$ (T_1 — суммарная трудоемкость изготовления составных частей изделия без сборки и настройки); $П_2$ — показатель сложности сборки изделия; $B_2 = T_2/T$ — коэффициент значимости показателя $П_2$ (T_2 — суммарная трудоемкость сборки изделия); $П_3$ — показатель механизации и автоматизации настройки изделия; $B_3 = T_3/T$ — коэффициент значимости показателя $П_3$ (T_3 — трудоемкость настройки изделия);

$T = T_1 + T_2 + T_3$ — *полная трудоемкость изготовления изделия.*

Показатель

$$П_2 = к_{сб} = 1 - H_д/H, \tag{45}$$

где $H_д$ — число составных частей изделия, требующих дополнительной подгонки при сборке изделия; H — общее число составных частей изделия.

Показатель $П_3 = к_{а.р.к}$, см. (36).

Значимость показателей $П$ и $к$ определяется через относительные трудозатраты при изготовлении изделия и его составных частей. Очевидно, что назначать ранг частного показателя технологичности исходя от одной трудоемкости совершенно неправильно, даже если в технологичности изделия нас интересует только один параметр — затраты.

В методике, приводимой в [10], технологичность изделия в целом прогнозируется и оценивается с учетом технологичности составных частей изделия (сборочных единиц). Это чрезвычайно усложняет расчеты, и нет уверенности, что данное усложнение оправданно.

Наконец, в [10] рассматривается технологичность изделия (сборочной единицы) с точки зрения автоматизированной сборки, в частности в условиях ГПС. Показатель технологичности изделия в этом случае определяется по формуле

$$T_{и.с} = \left(\sum_{j=1}^{D} \sum_{i=1}^{5} g_{ij} + \sum_{k=1}^{5} g_k \right) / (\Sigma DC_{max} + \Sigma И_{max}), \tag{46}$$

где g_{ij} — оценка технологичности конструкции по i-му признаку j-й детали; g_k — оценка технологичности изделия или сборочной

единицы по отдельным признакам; D — число деталей в изделии (сборочной единице); C_{max} — сумма максимальных относительных оценок по всем признакам i; $И_{max}$ — сумма максимальных оценок по всем признакам k, характеризующим изделие (сборочную единицу).

Устанавливаются следующие *пять основных признаков* i для деталей: способность детали сохранять свою форму; несцепляемость деталей при их хранении в таре (бункере); устойчивость поверхности детали к повреждению; возможность автоматического ориентирования детали; способность детали сохранять ориентацию при сборке.

Устанавливаются следующие *пять признаков* k для изделия (сборочной единицы), если автоматизируется сборка части изделия: число деталей в собираемом изделии (сборочной единице); число направлений сборки; доступность мест соединения; технологичность вида соединения; возможность автоматизированной сборки по критерию точности.

Оценка по признакам i дается в баллах. Максимальная оценка ставится в том случае, когда деталь по данному признаку соответствует требованиям автоматизированного сборочного процесса и виду используемого оборудования. Если деталь по данному признаку непригодна для автоматизированной сборки, то ставится нулевая оценка. Оценка по каждому признаку производится экспертом — специалистом по ГПС сборки. Оценка по признакам k также дается в баллах. На каждый из признаков устанавливаются диапазоны оценок.

Значение $T_{и.с}$ может находиться в пределах 0—1. Единица означает полную пригодность изделия для автоматизированной сборки, нуль — полную непригодность. При $T_{и.с} > 0{,}85$ изделие технологично с точки зрения автоматизированной сборки в условиях ГПС. При $T_{и.с} = 0{,}5—0{,}85$ необходимо внести изменения в конструкцию изделия для повышения его технологичности с точки зрения автоматизированной сборки в условиях ГПС. При $T_{и.с} < 0{,}5$ сборка данного изделия в условиях ГПС нецелесообразна. Необходимы коренные изменения в конструкции и в технологическом процессе сборки. Такая оценка технологичности изделия с точки зрения автоматизированной сборки его в условиях ГПС кажется достаточно объективной и заслуживающей внимания.

При оценке технологичности РЭА данную совокупность свойств конструкции можно оценивать укрупненно без оценки технологичности отдельных составляющих изделия и с помощью оценок технологичности последних. Во втором случае производится оценка технологичности каждого электронного модуля, входящего в состав радиоэлектронного устройства, системы или же комплекса.

Электронные модули по степени сложности подразделяются на три типа: первого, второго и третьего уровней. Для электронного модуля каждого уровня имеет место свой состав частных показателей технологичности, причем перечень частных показателей, оценивающих технологичность модуля второго уровня, дол-

жен содержать коэффициенты, учитывающие использование унифицированных электронных модулей первого рода и их повторяемость. В свою очередь, при оценке технологичности электронного модуля третьего уровня и радиоэлектронного устройства в целом следует учитывать те же самые показатели, но уже соответственно для модулей первого — второго и первого, второго и третьего уровней [10].

3.6. Примеры расчета комплексного показателя технологичности для конкретных изделий

Прежде чем привести примеры, необходимо рассмотреть вопрос, связанный с контролем показателей технологичности на каждом этапе разработки конструкторской документации. На стадии разработки ТЗ должен быть приведен расчет базовых показателей технологичности, к которым относятся $T_{и.б}$, $K_{пр.б}$ и $K_{тех.б}$. Методика расчета показателя $T_{и.б}$ приводилась в § 3.3. Расчет $K_{тех.б}$ можно провести по формуле

$$K_{тех.б} = K_{тех.а}\,\kappa_{кор}, \qquad (47)$$

где $K_{тех.а}$ — комплексный показатель технологичности изделия-аналога; $\kappa_{кор}$ — корректирующий коэффициент, показывающий отличие разрабатываемого изделия от изделия-аналога по степени совершенства и типу производства. Его значение может находиться в довольно широких пределах $1 < \kappa_{кор} \lesssim 3$.

На стадиях эскизного и технического проектов базовые показатели технологичности можно оценить только приближенно, причем на стадии эскизного проекта коэффициенты $K_{тех}$ и $K_{пр}$ можно и не определять, поскольку даже приближенная оценка их на этом этапе чрезвычайно затруднительна. Для приближенной оценки $K_{тех}$ на стадии разработки технического проекта и для точной оценки этого показателя на стадии разработки рабочей документации необходимо иметь данные о частных показателях, составляющих комплексный показатель. Поэтому их также необходимо контролировать, начиная со стадии технического проекта. В большинстве случаев на этой стадии необходимо оценить их приближенно, на стадии разработки рабочей документации проводится уже точная оценка. Контроль показателей технологичности ведется на различных стадиях определенными подразделениями предприятия-разработчика и предприятия-изготовителя.

В различных отраслях, производящих РЭА, имеет место своя практика контроля показателей технологичности. В ОСТ4.091.169—81 дается один из возможных его вариантов.

Пример. Автоматическая телефонная станция, трудоемкость изготовления 240 нормо-ч. Тип производства — серийный. Число деталей и сборочных единиц, составляющих изделие, соответственно 1216 и 59. Изделие набирается из однотипных блоков, каждый блок монтируется на печатной плате. Имеют место значительные трудозатраты на сборочно-монтажные работы (100 нормо-ч), а

также на регулировку и контроль изделия (35 нормо-ч). Ведущей затратой при оценке технологичности изделия является трудоемкость изготовления изделия. Для оценки $K_{тех}$ выбрана следующая ранжированная последовательность частных показателей технологичности: $\kappa_{осв}$; $\kappa_{м\,м}$; $\kappa_{пов}$; $\kappa_{пов.п}$; $\kappa_{а\,р\,к}$; $\kappa_{ф}$; $\kappa_{т\,п}$. $K_{тех} = 0{,}78 = (0{,}45 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 0{,}79 \cdot 0{,}8 + 0{,}90 \cdot 0{,}5 + 1 \cdot 0{,}3 + 0{,}92 \cdot 0{,}2 + 0{,}58 \cdot 0{,}1)/3{,}9$. Изделие достаточно технологично. Только один влиятельный частный показатель $\kappa_{осв} < 0{,}5$. Следует учесть, что это чисто конструкторский показатель, и потому при проектировании нового изделия далеко не всегда можно достичь относительно высоких значений данного коэффициента.

Пример. Блок питания. Трудоемкость изготовления ~5 нормо-ч, из них трудоемкость сборочных работ ~2,5 нормо-ч. Число деталей, составляющих изделие, 40. Годовая потребность в изделии 4200 шт. Основными затратами при оценке технологичности являются затраты времени и труда. Для оценки $K_{тех}$ выбрана следующая ранжированная последовательность частных показателей технологичности: $\kappa_{п.сб}$; $\kappa_{ф}$; $\kappa_{т.п}$; $\kappa_{а\,сб}$; $\kappa_{и.м}$; $\kappa_{осв}$; $\kappa_{т.ч}$, где $\kappa_{а.сб}$ — коэффициент, характеризующий автоматизацию сборочных работ. Он отличается от $\kappa_{м.м}$ тем, что $\kappa_{м.м}$ характеризует автоматизацию, связанную с монтажными соединениями ЭРЭ, а $\kappa_{а.сб}$ — автоматизацию при сборке изделия из отдельных ДСЕ. Удельный вес сборочных работ весьма велик (50%), но программа выпуска изделия невелика, поэтому $\kappa_{а.сб}$ выведен всего лишь на четвертое место. Малое число деталей, входящих в изделие, и небольшая программа его выпуска вывела на последние места (5—7-е) $\kappa_{и.м}$, $\kappa_{осв}$, $\kappa_{т.ч}$, выведя из первой семерки самых влиятельных частных показателей $\kappa_{пов}$. $K_{тех} = 0{,}51 = (0{,}62 \cdot 1 + 0{,}65 \cdot 1 + 0{,}49 \times \times 0{,}8 + 0 \cdot 0{,}5 + 0{,}62 \cdot 0{,}3 + 0{,}21 \cdot 0{,}2 + 0{,}96 \cdot 0{,}1)/3{,}9$. Изделие недостаточно технологично. Чтобы увеличить его технологичность, необходимо увеличить параллельность сборки узлов, составляющих устройство, и применение типовых технологических процессов.

Пример. Междугородный таксофон. Трудоемкость изготовления 6,45 нормо-ч. Из них 3,62 нормо-ч идут на сборку, регулировку, контроль и испытания составных частей изделия. Число деталей, составляющих изделие-аналог, 467, а сборочных единиц 126; из них 122 ЭРЭ. Годовая потребность во вновь разрабатываемом изделии 10 тыс. шт. Определяющей затратой при оценке технологичности являются затраты труда. Для оценки $K_{тех.а}$ (аналога) выбрана следующая ранжированная последовательность частных показателей: $\kappa_{м.м}$; $\kappa_{пов}$; $\kappa_{осв}$; $\kappa_{ф}$; $\kappa_{мс}$; $\kappa_{т\,п}$; $\kappa_{и.м}$.

$$K_{тех.а} = (0{,}53 \cdot 1 + 0{,}825 \cdot 1 + 0{,}435 \cdot 0{,}8 + 0{,}769 \cdot 0{,}5 + 0{,}14 \cdot 0{,}3 + $$
$$+ 0{,}56 \cdot 0{,}62 + 0{,}768 \cdot 0{,}1)/3{,}9 = 0{,}62,$$
$$K_{тех.б} = K_{тех.а}\kappa_{кор} = 0{,}62 \cdot 1{,}1 \cong 0{,}68.$$

Значение $\kappa_{кор}$ выбрано равным 1,1 по следующей причине. Частный показатель $\kappa_{м.м}$ самый влиятельный (вместе с $\kappa_{пов}$), но его значение в аналоге относительно невелико — 0,53. Желая стимулировать автоматизацию и механизацию при монтаже изделия, назначаем достаточно заметный $\kappa_{кор} = 1{,}1$. Тогда достичь $K_{тех} = 0{,}68$ у вновь разрабатываемого изделия можно будет с помощью увеличения автоматизации и механизации монтажных работ. Коэффициент $\kappa_{пов} = 0{,}825$, высок, $\kappa_{осв} = 0{,}435$, низок, но конструктор далеко не всегда может использовать во вновь разрабатываемом изделии детали, освоенные при разработке других устройств аналогичного назначения. Коэффициент $\kappa_{мс} = 0{,}14$. Его

значение низко, его весомость относительно невелика. К тому же микросхемы, применяемые в изделии, логического типа, поэтому каждая микросхема заменяет всего лишь 2, 3 дискретных элемента. Добиваться увеличения во вновь разрабатываемом изделии числа микросхем для роста его технологичности, очевидно, нецелесообразно.

Пример. Базовая несущая конструкция (БНК) электронного устройства средства связи. Для конструкций подобного типа ОСТ 4.091.175—81 рекомендует следующий состав частных показателей технологичности: $\kappa_{пов}$; $\kappa_{ф}$; $\kappa_{и.м}$; $\kappa_{у.э}$; $\kappa_{сл.обр}$; $\kappa_{сл.сб}$; $\kappa_{п.сб}$, где $\kappa_{у.э}$ — коэффициент унификации конструктивных элементов; $\kappa_{сл.обр}$ — коэффициент сложности обработки; $\kappa_{сл.сб}$ — коэффициент сложности сборки:

$$\kappa_{сл.обр} = 1 - Д_м/Д, \tag{48}$$

где $Д_м$ — число деталей, требующих механической доработки;

$$\kappa_{у.э} = Q_{у.э}/Q, \tag{49}$$

где $Q_{у.э}$ — число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов деталей; Q — общее число типоразмеров конструктивных элементов деталей;

$$\kappa_{сл.сб} = 1 - E_{сл}/E, \tag{50}$$

где $E_{сл}$ — число сборочных единиц, входящих в конструкцию изделия и требующих подгонки, сверловки по методу зачистки или совместной обработки с последующей разборкой и повторной сборкой.

$$K_{тех.а} = (0{,}92\cdot 1 + 0{,}41\cdot 1 + 0{,}55\cdot 0{,}8 + 0{,}87\cdot 0{,}5 + \\ + 0{,}56\cdot 0{,}3 + 1\cdot 0{,}2 + 0{,}56\cdot 0{,}1)/3{,}9 = 0{,}66.$$

Значения частных показателей $\kappa_{ф}$ и $\kappa_{и.м}$ низкие. Если значение $\kappa_{ф}$ довести до 0,5 за счет более широкого внедрения на предприятии-изготовителе прогрессивных методов формообразования, то $K_{тех} \approx 0{,}69$. Тогда задаем $K_{тех.б} = 0{,}7$, т. е. $\kappa_{кор} = 1{,}06$.

3.7. Оценка комплексного показателя технологичности с помощью ЭВМ

Если изделие РЭА содержит относительно небольшое число ДСЕ (до 150—1000 шт.), то надобности в использовании ЭВМ для оценки $K_{тех}$ нет. Если это число велико (до 100 тыс. шт.), то для оценки $K_{тех}$ целесообразно привлекать ЭВМ. Она нужна тут прежде всего для накопления данных, необходимых для расчета частных показателей технологичности и для их расчета. ЭВМ также рассчитывает $K_{тех}$ и уровень технологичности по данному показателю. Если уровень технологичности оказывается недостаточно высоким, компьютер формирует список чертежей, подлежащих доработке.

Принципиальная укрупненная схема «Расчет показателей технологичности и отработки на технологичность конструкции изделий на ЭВМ» представлена на рис. 3.1 (*А* — конструкторское бюро, *Б* — отдел технологического сопровождения, *В* — вычислительный центр) [13].

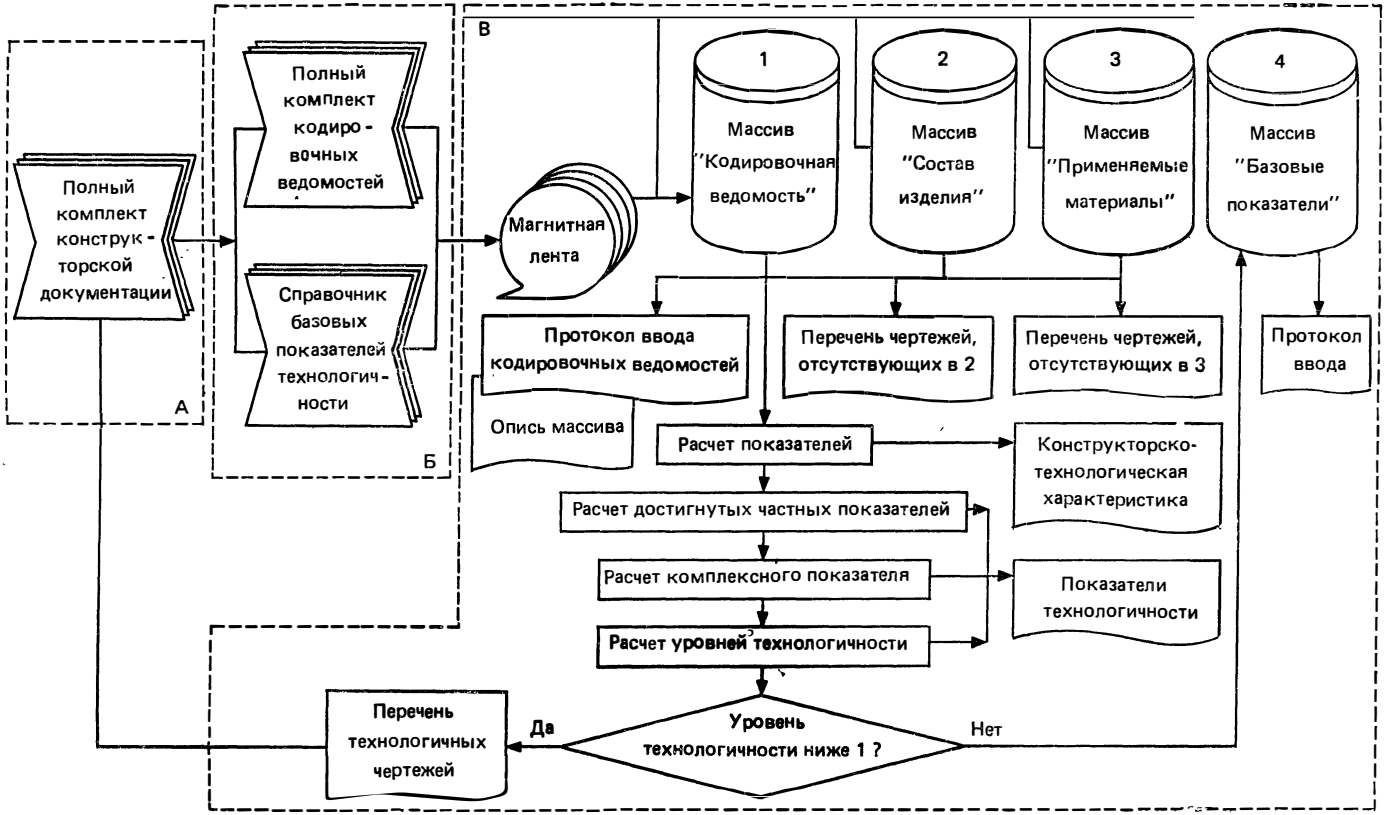


Рис. 3.1. Укрупненная схема задачи отработки на технологичность с помощью ЭВМ

Конструкторская документация, разработанная в КБ, поступает в сектор (отдел) технологического сопровождения, в котором подвергается соответствующей обработке. Прежде всего необходимо тщательно изучить чертеж каждой детали, входящей в изделие. Если полученная при этом информация не содержится в соответствующем информационном массиве, она вводится в один из них. Как видно из рис. 3.1, имеются три основных массива: кодировочной ведомости (КВ), состава изделия (СИ), применяемых материалов («Норма»).

Массив кодировочной ведомости представляет собой таблицу (табл. 3.2). Графа 0 дает сведения о характере информации, помещенной в этой строке. Цифра «0» указывает на пополнение массива данной информацией; «1» — аннулирование информации: «2» — корректировку ее.

Графа 1 содержит обозначение детали или сборочной единицы, например, по классификатору ЕСКД.

Графа 2 дает информацию о печатной плате или же три первые цифры кода по Классификатору технологических операций (КТО) [14]. Длина цифрового кода в графе 2 равна 7. Если в графе содержатся сведения о печатной плате, то первая цифра указывает на вид платы (например, полосковая, толстопленочная, тонкопленочная и т. д.), три следующие цифры дают сведения о ширине платы, а последующие три цифры — о ее длине.

Таблица 3.2. Массив кодировочной ведомости

Вид действия	Обозначение детали или сборочной единицы	Вид составной части по технологическому процессу	Характеристика технологического процесса	Точность размеров	Применяемость	Подготовка к монтажу
0	1	2	3	4	5	6

Число монтажных соединений	Число монтажных соединений, выполняемых механизированным или автоматизированным способом	Контрольно-регулировочные операции	Число микросхем и микросборок	Число ЭРЭ	Число ЭРЭ, подготовка к монтажу которых осуществляется механизированным или автоматизированным способом
7	8	9	10	11	12

Если речь идет о технологическом процессе, то первые четыре цифры являются нулями, а последние три цифры дают нам первые три цифры кода по КТО. Информация, помещенная в графе 2, указывает также на прогрессивность (непрогрессивность) технологического процесса.

Графа 3 содержит сведения о характере технологического процесса: T — типовой; E — единичный.

Графа 4 содержит сведения о точности, с которой выполнены размеры детали или сборочной единицы, т. е. выше они 10-го квалитета или нет. Для кодирования информации по графе 4 достаточно одной цифры или же одного символа.

Графа 5 дает сведения о характере детали или сборочной единицы в зависимости от ее особенности: оригинальная, унифицированная, заимствованная, стандартная. Для кодирования информации, вносимой в графу 5, достаточно одной цифры или же одного символа.

Графа 6 показывает, какой вид подготовки к монтажу имеет место: ручной (Р), механизированный (М), автоматизированный (А). Для кодирования этой информации необходимы одна цифра или же символ, например соответственно 1, 2, 3 или же Р.М.А.

Графы 7 и 8 дают сведения о числе монтажных соединений, в том числе выполняемых механизированным или же автоматизированным способами (до 10^7).

Графа 9 дает информацию о наличии (отсутствии) операций регулировки и контроля, а также о том, как эти операции выполняются. Например, «0» означает, что контрольно-регулировочная операция отсутствует. Символ «Р» указывает на ручное исполнение операций этого вида. Символ «А» означает автоматизированное или механизированное выполнение операции регулировки или контроля.

Графы 10 и 11 дают информацию о числе микросхем и микросборок и ЭРЭ, входящих в изделие (до 10^7). Значение $\kappa_{мс}$ в данном случае определяется по (29), но в этой формуле $H_{э.мс}$ — число микросхем и микросборок в изделии, а не число элементов, замененных ими. В принципе в графе 10 можно фиксировать именно последнюю величину.

И наконец, графа 12 указывает число ЭРЭ (до 10^7), подготовка к монтажу которых осуществляется механизированным или автоматизированным способом.

После переноса вновь поступившей информации на машинный носитель ЭВМ представляет в виде распечаток протокол ввода КВ, опись массива КВ и опись массива «Справочник базовых показателей технологичности». Затем массивы КВ, СИ и «Норма» анализируются совместно, результаты анализа представляются в виде распечаток перечней чертежей, отсутствующих в КВ и в массиве «Норма». Протокол ввода дает распечатку информации, введенной в ЭВМ. Перечни отсутствующих чертежей включают чертежи, которые необходимо закодировать дополнительно для правильного расчета показателей технологичности.

Массивы состава изделия и применяемых материалов представляют собою перечни, в которых перечислены все ДСЕ, входящие в изделие, и материалы (наименование и масса), пошедшие на его изготовление.

Все три перечисленных массива перенесены на машинные носители. Информация, находящаяся на них, вводится в ЭВМ, которая осуществляет следующие процедуры: расчет частных показателей, расчет комплексного показателя технологичности, расчет уровня технологичности, т. е. отношение достигнутого значения $K_{тех}$ к базовому его значению $K_{тех.б}$, который задается в ТЗ на разработку изделия.

Если оказывается, что уровень технологичности нового изделия меньше единицы, то ЭВМ выдает перечень конструкторских документов, подлежащих доработке. Допустим, таким изделием было устройство, схожее с тем, которое мы рассмотрели в § 3.6 в первом примере. Тогда ЭВМ сразу выдает нам перечень деталей, которые изготавливаются не по типовым технологическим процессам и не прогрессивными методами формообразования, а также перечень изделий (ДСЕ, ЭРЭ), у которых число монтажных соединений выполняется в основном вручную, и перечень сборочных единиц (включая ЭРЭ), регулировка и контроль у которых выполняются не автоматизированными и не механизированным способами. Если оказалось, что у изделия низкие частные показатели $K_{осв}$, $K_{пов}$, $K_{пов.п.п}$, то необходимо обратить внимание конструкторов на этот факт, чтобы ими были предприняты реальные шаги по повышению значений этих коэффициентов (желательна доработка конструкции).

Для выполнения поставленной задачи была использована ЭВМ ЕС-1033; операционная система — версия 6.1 на PI/1.

3.8. Пути повышения производственной технологичности изделий РЭА

Технологичность нового изделия вообще и изделий радиоэлектронной техники в частности начинается с отдельных ДСЕ. Поэтому один из путей повышения технологичности РЭА связан с технологичностью каждого отдельного конструктивного элемента, входящего в устройство и изготавливаемого на данном предприятии. Чтобы каждая такая деталь была бы технологичной, необходимо при ее конструировании учитывать определенные требования, предъявляемые к деталям с учетом способа изготовления. Эти технологические требования в большинстве отраслей изложены в специальных отраслевых стандартах. Некоторые из них, касающиеся технологических требований к деталям, изготавливаемым методами литья металлов и сплавов, холодной штамповкой, резанием, методами порошковой металлургии и формообразованием из полимерных материалов: ОСТ4.091.070—80; ОСТ4.091.121—79; ОСТ4.091.071—80; ОСТ4.091.173—81; ОСТ4.091.102—78.

Требования, изложенные в этих документах, направлены прежде всего на уменьшение затрат труда, средств, материалов и времени при изготовлении деталей. Так, например, для экономии материалов рекомендуется применять легкие и облегченные конструкции деталей, изготавливаемых методами литья металлов и сплавов, формообразованием из полимерных материалов, методами порошковой металлургии и холодной штамповки, одновременно увеличивая их (деталей) жесткость с помощью использования ребер жесткости. С этой же целью необходимо применять рациональный раскрой листового материала, из которого затем будут изготавливаться холодноштампуемые детали. Рациональный раскрой зависит в первую очередь от конфигурации детали, которую придает ей конструктор.

В деталях, изготавливаемых резанием, для экономии трудозатрат, времени и средств следует избегать применения сложных фасонных поверхностей, заменяя их более простыми. Если же фасонной поверхности избежать нельзя, то следует стремиться к тому, чтобы ее протяженность была минимальной.

Избегать сложных фасонных поверхностей необходимо и у деталей, изготавливаемых всеми другими способами. Следует обращать также внимание на выбор шероховатости поверхностей и на точность получаемых размеров детали. Площади поверхностей, обрабатываемых на металлорежущих станках, с высокой точностью и высоким пределом шероховатости должны быть по возможности максимально сокращены. При других видах формообразования также следует стремиться к получению размеров с минимально возможной точностью и поверхностей, шероховатость которых велика.

Большое внимание нужно уделять припускам на обработку резанием. Они должны быть минимально возможными.

При проектировании РЭА много внимания приходится уделять печатным платам. Технологичность будущего и уже спроектированного изделия зависит в немалой степени от того, как рационально спроектированы печатные платы. При проектировании последних требуется в первую очередь соблюдать требования ГОСТ 10317—79. Правильно спроектированная печатная плата определяет технологичность конструкции за счет ее технологичности при сборке и монтаже, широкого применения стандартных и унифицированных ДСЕ и т. д.

Размеры каждой печатной платы должны быть кратными: 2,5 мм при длине до 100 мм; 5 при длине до 350 мм; 10 при длине свыше 350 мм. Максимальный размер любой из сторон не более 470 мм. Соотношения размеров не более 3 : 1. Особенно желательны малогабаритные печатные платы и платы прямоугольных размеров. Основной шаг координатной сетки 2,5 мм. Остальные шаги 1,25 или 0,5 мм. Диаметр отверстий выбирается из ряда 0,4—0,5—0,6— ... —2,7—2,8—3. Центры отверстий располагаются в узлах координатной сетки.

Очень важно унифицировать габаритные размеры разрабатываемых многослойных печатных плат, поскольку процесс их изготовления требует применения прецизионного оборудования и оснастки, а цикл изготовления и трудоемкость изготовления такой платы по сравнению с одно- и двухсторонними платами существенно увеличены.

Технологично спроектированные детали или сборочные единицы, входящие в состав изделия, не дают стопроцентной гарантии, что последнее будет в конечном итоге технологично. Чтобы это было так, необходимо максимально использовать при сборке и монтаже автоматические линии и ГПС: первые — для изготовления изделий в массовом производстве; вторые — для изготовления мелких серий продукции. Требуется максимально механизировать и автоматизировать операции подготовки ЭРЭ к монтажу и регулировки и контроля производимой РЭА. Поэтому пути повышения технологичности АПОИ тесно связаны с механизацией и автоматизацией производственных процессов.

3.9. Экспертиза технической документации на технологичность

Многим предприятиям, производящим РЭА, свойственно неоправданно завышать затраты труда, материалов, средств и времени, т. е. выпускать по сути нетехнологичные или недостаточно технологичные изделия. Поэтому целесообразно на различных этапах разработки технической документации производить в централизованном порядке экспертизу изделия на технологичность в «независимой» организации. Экспертизу на технологичность проводят обычно на стадиях ТЗ и разработки рабочей документации.

На стадии разработки и согласования ТЗ экспертизу его на технологичность ведут в головном предприятии по направлению техники, куда его направляют вместе с расчетом базовых показателей технологичности. В ходе экспертизы ТЗ рассматриваются: обоснованность численного значения каждого базового показателя; содержание основных стадий и этапов работ при создании изделия с точки зрения отработки его конструкции на технологичность. При экспертизе ТЗ необходимо пользоваться различной нормативно-технической документацией, с помощью которой ведется в отрасли оценка технологичности вновь разрабатываемого или уже спроектированного изделия. Это — отраслевые стандарты и стандарты предприятия.

Приведем один из возможных вариантов экспертизы ТЗ на технологичность, причем основное внимание обратим на комплексный показатель технологичности, поскольку он «самый инженерный» из базовых показателей. По каждому направлению техники в отрасли разрабатываются *стандарты информационного обеспечения*, являющиеся как правило, стандартами предприятия. Стандарты информационного обеспечения включают в себя перечень частных показателей для каждого вида продукции, их ранг и

пределы, в которых должны находиться $K_{тех}$ для данного изделия. Эксперт, исследующий ТЗ на разработку нового изделия, рассматривает расчет $K_{тех.б}$ и сравнивает его расчетное значение с допустимыми значениями этого коэффициента в стандарте информационного обеспечения. Если расчет проведен верно и значения $K_{тех.б}$ находятся в допустимых пределах, рекомендуемых для данного направления техники и для данного периода времени, то будущая конструкция изделия обещает быть технологичной, ТЗ согласовывается. В противном случае, когда $K_{тех.б}$ оказывается ниже допустимого значения, необходимо или переменить аналог, или же заранее предусмотреть в будущей конструкции и технологии ее изготовления такие решения, которые позволят выпускать технологичную продукцию.

В некоторых отраслях возможен в определенных случаях выпуск и недостаточно технологичной продукции, но в этом случае разработчик обязан получить на ее производство специальное разрешение. Обычно выпуск недостаточно технологичной продукции имеет место, когда конструкция вновь выпускаемого изделия обладает большой оригинальностью, что позволяет получить или новое функциональное назначение РЭА или достичь нового уровня технических параметров (эксплуатационных, функциональных и т. д.).

На стадии разработки рабочей документации контроль технологичности вновь разрабатываемого изделия ведется сравнением базовых показателей технологичности, заложенных в ТЗ на разработку, с показателями технологичности ($T_и$; $K_{пр}$; $K_{тех}$), достигнутыми у изделия на стадии разработки рабочей документации. Вновь разработанная конструкция будет технологичной, если: $T_и \leqslant T_л$; $K_{пр} \geqslant K_{пр.б}$; $K_{тех} \geqslant K_{тех.б}$. Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, изделие считается нетехнологичным, и требуется внести соответствующие коррективы в конструкцию и технологию изготовления.

3.10. Технологические требования к деталям, изготавливаемым на металлорежущих станках в условиях ГПС

При обработке деталей на станках с ЧПУ можно создать формы деталей, описываемые сложными криволинейными поверхностями, которые точно соответствуют расчетам. Это позволяет повысить прочность машин, снизить их массу. То, что ранее считалось нетехнологичным, теперь, с появлением станков с ЧПУ, стало технологичным.

Отработку деталей на технологичность следует проводить на стадиях разработки эскизного и технического проектов и рабочей документации. Отработку на технологичность осуществляет разработчик совместно с ведущим технологом, закрепленным за изделием.

Отбор деталей для изготовления на ГПМ или ГПС необходимо производить в соответствии с конструктивно-технологическими возможностями оборудования и прежде всего станков с ЧПУ и роботов. Для отбора деталей на предприятии определяют критерии оценки технологичности деталей и сводят их в таблицу. Пример фрагмента такой таблицы приведен в табл. 3.3.

На стадии разработки рабочей документации проводится технологический контроль рабочих чертежей деталей и определяется технологичность их обработки на станках с ЧПУ, разрабатываются рекомендации по дальнейшему повышению их технологичности [3].

Габаритные размеры деталей являются определяющим фактором при выборе станка с ЧПУ. Выбор типа заготовок осуществляется на основе конструктивных форм деталей. При проектиро-

Таблица 3.3. Влияние на выбор деталей конструктивно-технологических возможностей оборудования

Критерий	Техническая характеристика оборудования			
	Станки			Роботы
	16Б16Т1	ТПК-125ВМ	МС12-250М	Электроника НЦ-ТМ01
Тип зажима заготовки патронный и центровой				
Диапазон диаметров зажимаемых деталей, мм	15—140	8—125	—	1-й вариант 8—140; 2-й вариант 60—140
Диапазон габаритных размеров обрабатываемых деталей	15—670 (длина)	15—200 (длина)	50×50×50 (min); 250×250×250 (max)	—
Точность обработки, мкм:			По квалитету	
наружных и внутренних поверхностей;	7	5	7	
шероховатость обрабатываемых поверхностей	$R_a=2{,}5$	$R_a=1{,}25$ для стали; $R_a=0{,}32$ для алюминиевых сплавов	$R_a=2{,}5$—$1{,}25$ при растачивании; $R_a=2{,}5$ при фрезеровании	
Угол поворота стола и др.	—	—	360° (через 15°)	—
Тип захвата	—	—	—	Зажим с торца по наружному диаметру, по внутреннему диаметру
Масса заготовки, кг	—	—	—	Не более 10
Величина перемещений по осям координат, мм	—	—	—	По оси: X — 300; Y — 300; Z — 150. Угол поворота вокруг оси Z 90°

вании заготовок необходимо стремиться к их унификации, чтобы детали с небольшой разницей в габаритных размерах изготавливались из одной заготовки.

Масса заготовок (деталей) определяется грузоподъемностью погрузочно-разгрузочных устройств. Припуск заготовок должен быть на 10—20% меньше, чем аналогичный припуск у заготовок деталей, получаемых на обычных станках.

При анализе чертежей на технологичность следует добиваться обоснованного сокращения применяемых марок материалов и сортамента. Формы и размеры установочной базы детали являются важной конструктивно-технологической характеристикой и должны удовлетворять требованиям удобного и точного изготовления деталей на роботизированных токарных станках с ЧПУ и многошпиндельных станках типа «обрабатывающий центр».

Форма установочной базы принята двух видов: прямоугольной и цилиндрической. Прямоугольная форма базы предусматривает плоскопараллельный зажим с упором по координатам X, Y. Цилиндрическая форма базы предусматривает крепление в патрон зажимом и разжимом, в зависимости от конструкции детали.

Точность обработки и шероховатость поверхностей деталей обеспечиваются точностью технологического оборудования, оснастки, выбором рациональных технологических баз, методов и средств контроля.

Технологические возможности станков с ЧПУ практически обеспечивают обработку деталей любой сложности, но при обработке сложных деталей эффективность применения их выше.

Сложность деталей характеризуется геометрической формой, количеством и взаимным расположением элементарных поверхностей и обусловливает метод их обработки, номенклатуру инструмента, траекторию его движения, сложность управляющих программ и др.

Степень сложности для деталей типа тела вращения характеризуется числом обрабатываемых ступеней, для деталей корпусных и плоских — числом координат обработки. К сложным деталям относятся детали с поверхностью, имеющей более трех ступеней, и поверхностью, обрабатываемой по трем и более координатам.

Унификация конструктивных элементов деталей существенно снижает трудоемкость обработки на станках с ЧПУ за счет сокращения: потерь времени на замену инструмента (сверл, разверток, метчиков и т. д.); затрат на изготовление, хранение и подготовку инструмента и вспомогательной оснастки к нему; времени на комплектование инструмента в магазине при переходе на обработку новой партии деталей; трудоемкости разработки управляющих программ.

Для внедрения автоматизированной системы технологической подготовки производства требуется проведение жесткой унификации на уровне деталей и их элементов. Рекомендуется ввести ограничения на размеры элементов деталей, обрабатываемых на

станках с ЧПУ, и откорректировать чертежи деталей, а также ввести ограничения на следующие конструктивные элементы: диаметры калиброванных отверстий и резьбовых отверстий; глубину нарезки резьбы в отверстиях; размеры и форму канавок для выхода инструмента; радиусы скруглений; размеры фасок.

Технологичными деталями следует считать такие, формы и размеры которых отвечают условиям выполнения обработки в непрерывном автоматическом процессе. Примеры повышения технологичности деталей приведены в табл. 3.4.

Применение станков с ЧПУ устанавливает ряд ограничений на способы задания размеров, а также выбор некоторых конструктивных форм поверхностей, обработка которых в автоматическом цикле затруднена. Так, например, исключается: обработка крепежных отверстий «по месту» и по разметке; совместная обработка сопряженных деталей; пригонка размера по сопряженной детали; привязка координат крепежных отверстий к базам, отличным от принятых при общей обработке (например, к контурам платиков окон и т. д.).

Автоматизированная система подготовки управляющих программ с использованием ЭВМ обеспечивает резкое сокращение затрат на их получение, поэтому с экономической точки зрения перевод изготовления сложных деталей на автоматизированные участки дает значительный эффект.

При отборе деталей для изготовления на автоматизированных участках производственная программа является важным параметром. Исходя из нее и принятых организационных норм планирования выпуска продукции определяются размеры партий запуска деталей в производство. А это, в свою очередь, определяет удельные затраты (затраты, отнесенные к одной детали), связанные с переналадкой станков, загрузочно-разгрузочных устройств, выполнением транспортных операций.

Производственная программа в значительной степени определяет удельные затраты на программирование, на технологическую оснащенность и обусловливает методы получения заготовок.

На данном этапе область рационального использования автоматизированных участков определена нечетко, поэтому ориентировочная годовая производственная программа деталей средней сложности должна содержать не менее 20 шт.

Вопросы технологичности в настоящее время решаются и в рамках системы автоматизированного проектирования (САПР) изделий, в том числе на этапе их конструирования.

Процесс проектирования механических конструкций состоит, как правило, в поиске и редактировании аналога. Конструкция детали-аналога дополняется новыми элементами, при этом в системе имеется возможность удалить ряд элементов конструкции.

В основе применения таких систем лежит большой объем работ по созданию информационных массивов, которые обеспечивают конструктивную преемственность с ранее разработанными деталями. Это позволяет проектировать технологичные конструкции.

Таблица 3.4. Повышение технологичности конструкций деталей

Способ повышения технологичности	Конструкция	
	существующая	предлагаемая
	Токарная обработка	
Объединение нескольких простых деталей в одну сложную		
Изменение формы выточки		
Расположение однотипных шпоночных канавок		
	Фрезерная обработка	
Унификация радиусов сопряжения элементов детали	r_1 r_2 r_3 r_4	$r_{тип}$ $r_{тип}$ $r_{тип}$
Применение двусторонних симметричных конструкций деталей		

При применении методов автоматизированного проектирования изделий используются следующие типовые приемы по обеспечению конструктивной преемственности изделия [15]: типизация конструкции изделия; унификация составных частей изделия, конструктивных элементов и материалов; заимствование составных частей, конструктивных элементов и материалов; ограничение типоразмеров конструктивных элементов, ЭРЭ, сортамента и марок применяемых материалов и др.

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

4.1. Классификация и кодирование технологических операций и переходов

В настоящее время при разработке технологических процессов имеют место следующие две ярко выраженные тенденции: во-первых, разработка типовых технологических процессов, которые пригодны сразу для группы однородных по конструктивно-технологическим признакам деталей, во-вторых, механизация и автоматизация инженерного труда при разработке технологических процессов.

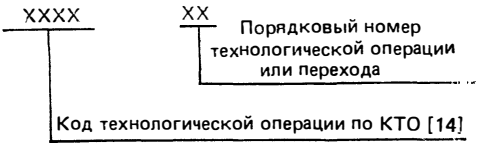
Механизация инженерного труда при разработке технологических процессов означает, что часть труда технолога (нетворческая), например ручное заполнение маршрутной карты, выполняется электронным распечатывающим устройством или даже ЭВМ.

Автоматизация инженерного труда при разработке технологических процессов означает, что основную часть маршрутной или операционной технологии на изготовление детали осуществляет по специальной программе ЭВМ с учетом информации о детали, введенной в память ЭВМ. Для успешного разрешения этих задач необходимо осуществить в масштабах отрасли, а иногда и одного предприятия классификацию и кодирование технологических операций и переходов, а также классификацию и кодирование деталей по конструктивно-технологическому подобию (признакам).

Для классификации и кодирования технологических операций под руководством Госстандарта был разработан Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения (КТО) [14]. Этот КТО — основа при разработке технологических процессов, включает в себя 25 таблиц. В каждой из них приведены операции по какому-то виду технологии, например по литейному производству (код 11), обработке давлением (код 21) и т. д. Каждой операции присвоен четырехзначный код.

Для решения на производстве конкретных задач недостаточно использовать только технологические операции, необходима их дальнейшая детализация — требуется рассматривать технологические переходы, входящие в данную операцию. Для этого на отраслевом уровне или на уровне предприятия необходимо разрабо-

тать классификаторы операций и переходов для разных видов работ: сборка и монтаж; холодная штамповка; формообразование из полимерных материалов и т. д. Тогда структура кода для каждого технологического перехода будет шестизначной, в отдельных же случаях она может быть и семизначной.



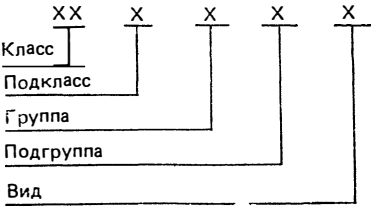
Классификация и кодирование технологических операций и переходов обеспечивает в масштабах одной отрасли, а в ряде случаев и в масштабах всей нашей промышленности единообразие при разработке маршрутной и операционной технологии, а также единообразие при оформлении ее. Это позволяет передавать технологическую документацию с одного предприятия отрасли на другое и даже на предприятия других отраслей, где она подвергнется лишь минимальной корректировке.

Примеры конкретного использования КТО для механизированного и автоматизированного проектирования технологических процессов приведены в гл. 5.

4.2. Классификация и кодирование деталей

Для разработки типовых и групповых (см. § 4.3) технологических процессов недостаточно иметь систему классификации и кодирования технологических операций и переходов, требуется также иметь систему классификации и кодирования деталей, используемых в машиностроении и приборостроении, по конструктивным признакам и технологическим.

Классификация и кодирование деталей по конструктивным признакам осуществляется по классификатору ЕСКД [16], классы 71—76. Данный классификатор включает в себя детали различной конструкции. Структура кода для каждой конкретной детали шестизначная, сам код однозначно определяет класс, подкласс, группу, подгруппу и вид, к которому относится данная деталь.



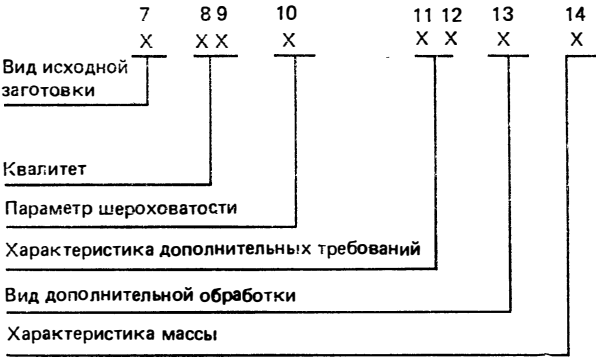
Пример. Деталь, имеет код 711 111 по классификатору ЕСКД. Первые две цифры кода 71 означают, что деталь относится к классу 71, который включает в себя тела вращения типа колец, дисков, шкивов, стержней, втулок, блоков, стаканов, колонок, штоков, валов, осей и т. д. Третья цифра кода (1) означает, что деталь относится к подклассу деталей, у которых отношение длины детали к ее диаметру не больше 0,5, причем наружная поверхность цилиндрическая. Четвертая цифра кода (1) относится к группе деталей, у которых наружная цилиндрическая поверхность гладкая, без наружной резьбы и закрытых уступов. Пятая цифра кода (1) относится к подгруппе деталей, не имеющих центрального отверстия. Шестая цифра кода (1) относится к виду деталей, не имеющих пазов, шлицев и отверстий вне оси детали. Таким образом, деталь, имеющая конструкторский код по Классификатору ЕСКД 711 111, представляет собою диск. Подробное описание классификатора ЕСКД приведено в [29].

Кроме классификационных группировок конструктивных признаков существует *конструкторско-технологическое кодовое обозначение детали* с длиной в четырнадцать знаков. Это кодовое обозначение состоит из двух частей [17]: кодового обозначения классификационных группировок основных признаков (постоянная часть) — шесть знаков и кодового обозначения классификационных группировок, характеризующих вид детали по методу ее изготовления (переменная часть) — восемь знаков. Структура и длина кодового обозначения, составленного из кодов классификационных группировок основных технологических признаков, имеет следующий вид:

В классификаторе [17] приведены специальные таблицы для кодирования признаков. Так, деталь с кодом по классификатору ЕСКД 711 111, имеющая диаметр 10 мм и длину 1 мм, выполненная из латуни и изготовленная методом холодной штамповки, будет иметь следующие первые шесть цифр конструкторско-технологического кода: 340 423. Кодирование последующих восьми конструкторско-технологических признаков (переменная часть) также осуществляется с помощью специальных таблиц, характеризующих данный технологический метод.

Рассмотрим виды обработки, наиболее часто встречающиеся в производстве РЭА.

Холодная штамповка. Структура и длина кодового обозначения признаков по данному разделу установлены следующие:



Разряд 7 технологического кода дает информацию о виде исходной заготовки (отливка, пруток, лист, лента и т. д.).

Разряды 8 и 9 — о точности выполнения размеров изготавливаемой детали. Первая из них указывает наименьшее поле допуска наружных размеров поверхностей, вторая — внутренних. Если наружная и внутренняя поверхности детали необрабатываемы или же внутренних поверхностей вообще нет, то квалитет кодируется цифрой 0.

Разряд 10 конструкторско-технологического кода — о параметре шероховатости изготавливаемой детали. Кодируются наружные поверхности по наименьшему значению этого параметра. Поверхность, которая не подвергается обработке, кодируется цифрой 0. Численные значения R_a и R_z в кодировочной таблице приведены по верхнему значению.

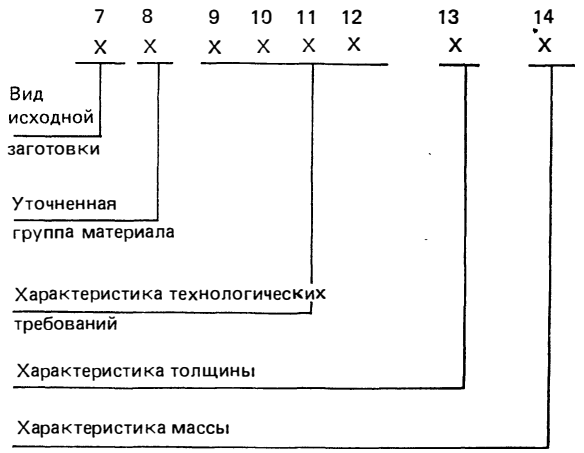
Разряды 11 и 12 конструкторско-технологического кода — о технологических требованиях, которые необходимо учитывать при изготовлении детали. Для деталей, изготавливаемых холодной штамповкой, 11-м и 12-м знаками учитывают различные конструктивные особенности детали, влияющие на технологию ее изготовления. В частности, 2-м знаком (цифра 12) кодируются детали, у которых число отверстий более 10, а диаметр (или ширина) меньше толщины детали и которые изготавливаются методом фотопечати, офсетной печати или шелкографии.

Разряд 13 конструкторско-технологического кода — о виде дополнительной обработки. Код детали по этому признаку назначается в зависимости от наличия видов дополнительной обработки и их сочетаний. Отсутствие всех видов дополнительной обработки (термическая, сварка, пайка, покрытие и др.) обозначается знаком «—» (код 0), наличие — знаком «+» (код 7), а различные сочетания всех видов обработки кодируются цифрами 1—7.

Разряд 14 конструкторско-технологического кода — о массе детали. Так, деталь [код 711111] будет иметь массу 0,64 г (код 6). Полный код детали (с учетом вырубки из ленты, необрабаты-

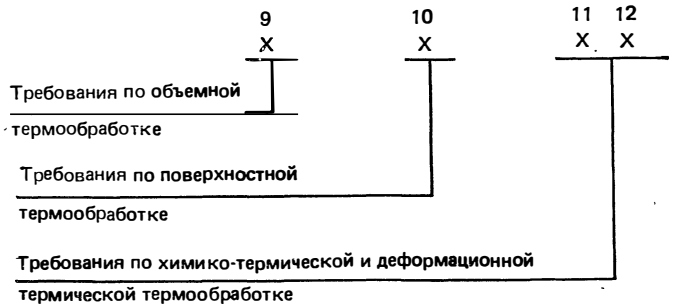
ваемой поверхности и отсутствия дополнительной обработки) 71111134042310000006.

Термическая обработка:



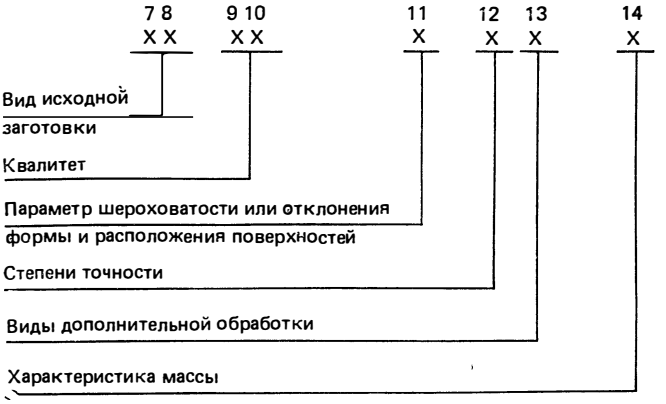
Разряд 8 конструкторско-технологического кода в этом случае уточняет состав материала. Деталь с конструкторским кодом 711111, изготовленная из цинковой латуни с содержанием меди свыше 96%, будет иметь код 2.

Разряды 9—12 конструкторско-технологического кода расшифровываются следующим образом:



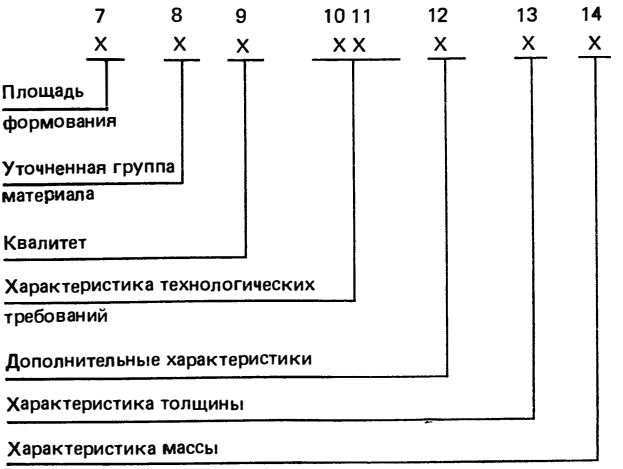
Снятие напряжений кодируется цифрой «6», отсутствие требований по термообработке кодируется цифрой «0». Тогда наша деталь (диск 711111) будет иметь следующие восемь последних цифр конструкторско-технологического кода: 52600016, а полный код термически обрабатываемой детали будет 71111134042352600016.

Обработка резанием:



По данному виду обработки дополнительных пояснений требуют разряды 11 и 12. При учете отклонения формы и расположения поверхностей соответствующий код устанавливается по наличию одного или нескольких требований в чертеже детали на отклонение формы и расположения поверхностей. При отсутствии этих требований проставляется код «0». При наличии одного или нескольких требований с различной степенью точности (разряд 12) кодируется наименьшая степень точности (меньшим допуском). Кодом «0» данный признак кодируется при отсутствии требований в чертеже детали.

Формообразование из полимерных материалов:

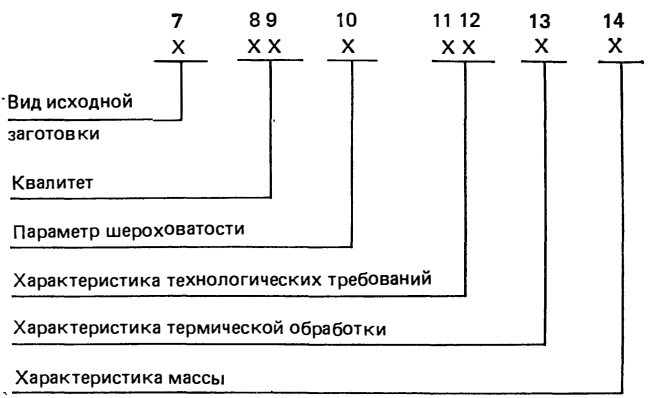


По данному виду формообразования дополнительных пояснений требуют разряды 7, 10, 11, 12, 13.

В деталях, изготавливаемых формообразованием из полимерных материалов, площадь формообразования определяется как площадь проекции детали в плане (на плоскость разъема формы). Признак «характеристика технологических требований» определяет технологическую сложность и трудоемкость процессов формообразования детали, извлечения из формы и механической доработки, предопределяет выбор типа конструкции оснастки и сложность ее изготовления.

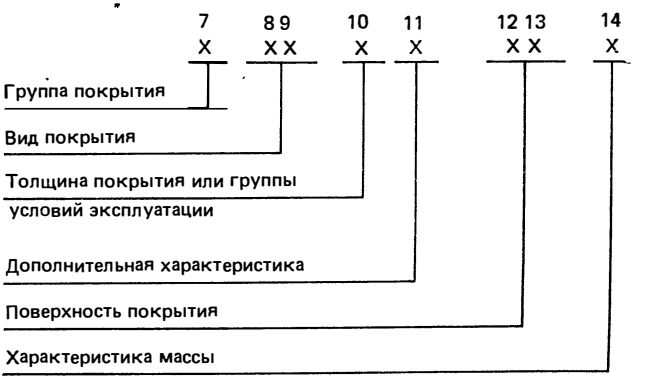
Кодирование детали по признаку «дополнительная характеристика» производится с помощью информации, полученной из чертежа, маршрутной карты или технических условий на деталь. Учитываются все виды дополнительной обработки деталей после формообразования (кроме снятия облоя и упаковки), которые являются, как правило, обязательными для всех деталей. Кодом «0» кодируются детали, для которых после формообразования не требуется никакой дополнительной обработки. В качестве характеристики толщины для деталей, изготавливаемых методами формообразования из полимерных материалов, принята максимальная толщина стенки детали.

Литейное производство:



По данному виду формообразования дополнительных пояснений требуют только разряды 11 и 12. Первым знаком кодируется минимальная толщина стенки литой детали, вторым — требования, предъявляемые к детали и существенно влияющие на выбор технологического процесса литья. Информация, необходимая для учета признаков по этим разрядам, берется из чертежа детали или технических условий.

Детали с покрытием:



По данному виду формообразования дополнительных пояснений требуют следующие разряды: 7, 8, 9, 10, 11.

Классификация деталей по признаку «группа покрытия» предназначена для укрупненной группировки деталей по отдельным видам покрытий, например гальваническое, химическое и т. д.

Признак «вид покрытия» дает дальнейшую детализацию процесса покрытия в зависимости от применяемого материала, например кадмиевое, медное, никелевое (гальваническое покрытия); кремнийорганическое, масляное, меламинное (лакокрасочные покрытия) и т. д.

При лакокрасочных покрытиях толщина покрытия не устанавливается, кодирование проводится по условиям эксплуатации покрытий, например в холодном климате, умеренном климате, умеренно тропическом климате и т. д.

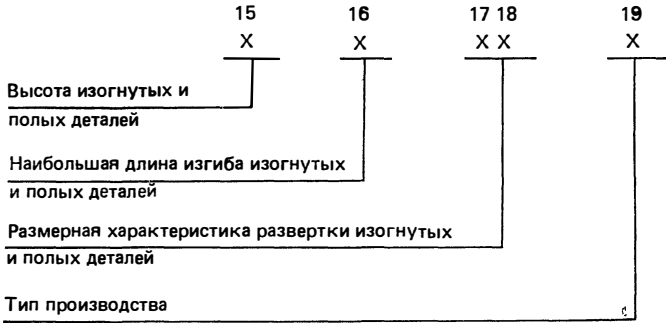
В качестве дополнительной характеристики для деталей с гальваническими, анодно-оксидными и химическими покрытиями используется характеристика способа загрузки деталей, что позволяет установить тип оборудования для нанесения покрытий; для деталей с лакокрасочным покрытием — способ нанесения покрытий и класс отделки покрытия; для деталей с покрытием порошковыми полимерными материалами — способ напыления покрытия.

Конструктивно-технологические признаки каждого из видов формообразования позволяют осуществить группирование деталей для создания типовых и групповых процессов их изготовления.

4.3. Группирование деталей по конструктивно-технологическому подобию

Каждый вид формообразования имеет свои главные признаки, по которым и ведется группирование деталей по конструктивно-технологическому подобию. Перечислим эти признаки по видам обработки, приведенным в предыдущем параграфе.

Холодная штамповка. Основной признак — конфигурация деталей. Типовые технологические процессы разрабатываются на детали типа «угольник», «скоба» (однонаправленные и разнонаправленные изгибы), прямолинейные плоские детали, непрямолинейные плоские детали и т. д. Помимо конфигурации при группировании деталей следует принимать во внимание также и следующие признаки, не учтенные в [17]:



Производство подразделяется на единичное, серийное и массовое. Серийное производство, в свою очередь, подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Термическая обработка. Основные признаки, определяющие выбор ТПП, — общность температурных режимов и маршрута термообработки. Эти признаки определяются (перечисление в порядке важности) группой материалов, видом исходной заготовки, уточненной группой материала и характеристикой технологических требований конфигурацией деталей по классификатору ЕСКД (классы 71—76).

Обработка резанием. Основные признаки, определяющие выбор ТПП, — конструктивное сходство деталей, обрабатываемых по общему технологическому процессу, тип производства. В качестве дополнительных признаков следует учесть число особенностей у детали и ступенчатость поверхности (наружной и внутренней).

Формообразование из полимерных материалов. Основные признаки, определяющие выбор ТПП, — материал, из которого изготавливаются детали, и характеристика технологических требований. Кроме того, можно учесть еще ряд признаков при группировании деталей по конструктивно-технологическому подобию, например:

Признаки 15—21 необходимы для выбора метода формирования и типа группового блока.

Литейное производство. Основные признаки, определяющие выбор ТПП, — материал, толщина стенки отливки, масса, тип производства.

Детали с покрытием. Основные признаки, определяющие выбор ТПП по данному виду обработки, — размерная характеристика (для выбора оборудования), группа материала, вид покрытия, группа покрытия, дополнительная характеристика.

Группирование деталей по конструктивно-технологическим признакам может вестись вручную, с помощью перфорационных вычислительных машин (ПВМ) и ЭВМ. После изучения чертежей деталей на чертежах проставляют конструкторско-технологические коды, затем чертежи подбирают в группы с одинаковыми кодами отдельных выбранных признаков. Группа деталей, имеющих технологическое подобие по выбранным признакам и в заданных пределах, может изменяться в зависимости от поставленных задач. Внутри группы могут быть проведены дополнительные группирования с учетом добавочных признаков. Для каждого технологического процесса определен диапазон конструкторско-технологических кодов с учетом типа производства.

Целесообразно при группировании деталей использовать *кодировочные ведомости.* Для каждого вида обработки материала кодировочная ведомость будет состоять как бы из двух разделов. Первый раздел включает в себя информацию общего харак-

Таблица 4.1. Кодировочная ведомость (холодная штамповка)

Номер по порядку	Наименование детали	Номер пакета	Месяц	Номер цеха	Номер пачки	Номер изделия	Обозначение чертежа		
							Код предприятия-разработчика	Конструкторский код детали по Классификатору ЕСКД (классы 71—76)	Порядковый регистрационный номер
Колонки перфокарты		1,2	3,4	5,6	7,8	9,11	12—15	16—21	22—26

Технологический код детали (признаки, определяющие вид детали)											Дополнительные данные			
Основные признаки					Признаки, определяющие код детали						Код			
Размерная характеристика														
Ширина (наибольший наружный диаметр)	Длина	Толщина (высота или диаметр центрального отверстия)	Группа материала	Вид детали по техпроцессу	Вид исходной заготовки	Квалитет	Шероховатость поверхности	Характеристика технологических требований	Вид дополнительной обработки	Характеристика массы	высоты детали	наибольшей длины изгиба	размерной характеристики развертки изогнутых и полых деталей	типа производства
27	28	29	30,31	32	33	34,35	36	37,38	39	40	41	42	43,44	45

тера, свойственную для всех видов формообразования. Второй — информацию, свойственную именно данному виду формообразования. В табл. 4 1—4.6 приведены кодировочные ведомости для шести видов обработки: холодной штамповки, термообработки, обработки резанием, формообразования из полимерных материалов, литья металлов и сплавов, деталей с покрытием.

Таблица 4.2. Фрагмент кодировочной ведомости (термообработка)

Технологический код детали (признаки, определяющие вид детали)							Дополнительные данные
Вид исходной заготовки	Уточненная группа материала	Характеристика технологических требований			Характеристика		
		по объемной термообработке	по поверхностной термообработке	по химико-термической термообработке	толщины	массы	Резерв
33	34	35	36	37,38	39	40	41—80

Таблица 4.3. Фрагмент кодировочной ведомости (обработка резанием)

Технологический код детали (признаки, определяющие вид детали)						Дополнительные данные				
Вид исходной заготовки	Квалитет	Параметр шероховатости или отклонения формы и расположения поверхностей	Степень точности	Виды дополнительной обработки	Характеристика массы	Тип производства	Количество особенностей	Ступенчатость поверхности		Резерв
								наружной	внутренней	
3,34	35,36	37	38	39	40	41	42	43	44	45—80

Таблица 4.4. Фрагмент кодировочной ведомости (формообразование из полимерных материалов)

Технологический код детали (признаки, определяющие вид детали)							Дополнительные данные		
Площадь формования	Уточненная группа материалов	Квалитет	Характеристика				Тип производства	Признаки, необходимые для выбора метода формования и типа (группового блока)	Резерв
			технологических требований	дополнительная	толщины	массы			
33	34	35	36,37	38	39	40	41	42,43	44—80

Таблица 4.5. Фрагмент кодировочной ведомости (литье металлов)

Технологический код детали (признаки, определяющие вид детали)							Дополнительные данные	
Вид исходной заготовки	Квалитет	Параметр шероховатости	Характеристика технологических требований		Характеристика		Код типа производства	Резерв
			Минимальная толщина стенки	Параметры требований	термообработки	массы		
33	34,35	36	37	38	39	40	41	42—80

Таблица 4.6. Фрагмент кодировочной ведомости (детали с покрытием)

Технологический код детали (признаки, определяющие вид детали)						Дополнительные признаки
Группа покрытия	Вид покрытия	Толщина покрытия или группы условий эксплуатации	Дополнительная характеристика	Поверхность покрытия	Характеристика массы	Резерв
33	34,35	36	37	38,39	40	41—80

Кодировочная ведомость для холодной штамповки приведена в полном объеме, кодировочные ведомости для остальных видов обработки приведены в сокращенном виде — дан только второй раздел, так как первые разделы в кодировочных ведомостях для всех видов обработки идентичны.

Имея кодировочную ведомость для определенного вида обработки, можно выбрать из нее детали с одинаковыми конструктивно-технологическими признаками, образовать группы подобных по этим признакам деталей и определить для каждой из этих групп, а если необходимо, то и разработать ТТП. Группировочная ведомость для выбора метода формования при формообразовании из полимерных материалов приведена в табл. 4.7.

Определение типового технологического процесса для каждой группы однотипных деталей можно осуществить с помощью укрупненных группировок деталей, которые включают в себя диапазоны конструкторско-технологических кодов с учетом типа производства. В табл. 4.8 приведен пример таких группировок при литейном производстве металлов и сплавов. Подобные таблицы могут быть составлены для многих видов обработки.

Группирование деталей с помощью счетно-перфорационных машин (СПМ). Ввод исходных данных в машину осуществляется перфокартами. На основе кодировочной ведомости и макета перфокарты создается массив перфокарт. Фрагмент макета перфокарты приведен в табл. 4.9.

Таблица 4.7. Группировочная ведомость

Номер группы деталей	Код детали по классификатору ЕСКД (классы 71—76)	Технологические признаки (коды)			
		Группа материала	Уточненная группа материала	Характеристика технологических требований	
				Усложняющие элементы	Развитость поверхности

Дополнительные данные (коды)					
Отверстия, параллельные направлению выталкивания изделия	Отверстия, перпендикулярные направлению выталкивания изделия	Арматура односторонняя, параллельная	Арматура двусторонняя, параллельная направлению выталкивания изделия	Арматура, перпендикулярная направлению выталкивания изделия	Метод формирования (типовой технологический процесс)

Таблица 4.8. Заполнение группировочной ведомости (литье металлов)

Код классификационной группировки конструктивных признаков		Технологический код детали											
		Размерная характеристика								Характеристика			
Класс	Подкласс	Ширина (наибольший наружный диаметр)	Длина	Высота (диаметр центрального отверстия)	Группа материала	Вид детали по технологическому методу изготовления	Вид исходной заготовки	Квалитет	Параметр шероховатости	технологических требований	термической обработки	массы	Тип производства
71	711000—712000	3—5	6—Л	1—И	46	1	1	2—3	3	23	0; 2	0—Ж	С
73	731000—735000	1—Д	0—Д	0—Г	46	1	1	2—3	3	23	0; 2	0—Ж	С

Кодировочная ведомость вместе с макетом передается в информационно-вычислительный центр (ИВЦ) или машинно-счетную станцию (МСС) оператору, который с помощью перфоратора пробивает на перфокарте отверстия, соответствующие информации кодировочной ведомости. Затем перфокарты поступают на электронную сортировку. При сортировке перфокарты подбирают по возрастающим номерам и алфавиту букв конструкторско-технологического кода и подают на табулятор, который печатает та-

Таблица 4.9. Фрагмент макета перфокарты

Реквизит	Номер колонки	Число колонок	Источник информации
Номер макета	1,2	2	Информационно-вычислительный центр и т. д.
Месяц	3,4	2	
Номер цеха	5,6	2	—
Номер пачки	7,8	2	Кодировочная ведомость
Номер изделия	9—11	3	
Обозначение чертежа:			
код предприятия-разработчика;	12—15	4	Система обозначений изделий на предприятии или в отрасли, в соответствии с ЕСКД для обозначения чертежа
конструкторский код детали по классификатору ЕСКД (классы 71—76)	16—21	6	То же
порядковый регистрационный номер	22—26	5	»
Технологический код детали (признаки, определяющие вид детали)	Размерная характеристика:		
ширина	27	1	Чертеж, технологический классификатор деталей [17]
длина	28	1	То же
высота	29	1	»

булеграмму (машинограмму), являющуюся группировочной ведомостью деталей, представленной в табл. 4.8.

После предварительного группирования деталей и объединения их в группы с применением ПВМ технолог просматривает каждый чертеж детали группы для устранения возможных ошибок (технолога при кодировании чертежа или оператора при перфорировании перфокарт). Только после проверки каждого чертежа группы принимается окончательное решение о составе группы и о выборе ТТП из числа имеющихся или же о разработке нового. После этого группировочную ведомость передают в НВЦ или МСС, где на массиве перфокарт пробивают код ТТП и сортируют каждую группу по возрастающим номерам обозначения чертежей деталей, получая табулеграмму, являющуюся номенклатурной ведомостью деталей группы.

При группировании деталей по каждому виду обработки могут быть свои особенности. Наиболее существенны они у холодной штамповки и обработки резанием.

Холодная штамповка. При большой номенклатуре деталей их группирование требует только сортировки и незначительного участия технолога. При малой и средней номенклатуре

деталей после сортировки группы получаются мелкими и поэтому их необходимо объединить по видам конструктивных признаков (классификатор ЕСКД, классы 71—76), а если этого недостаточно, то следует объединить по подгруппам, так как технологический процесс их изготовления в большинстве случаев одинаков. Например, сначала детали следует объединять по видам 74527X, а затем по подгруппам 745270, 745320 и т. д.

При малой и средней номенклатуре деталей технолог должен решать более сложные задачи: составление макетов перфокарт для соответствующей сортировки деталей, группирование деталей, окончательный состав групп.

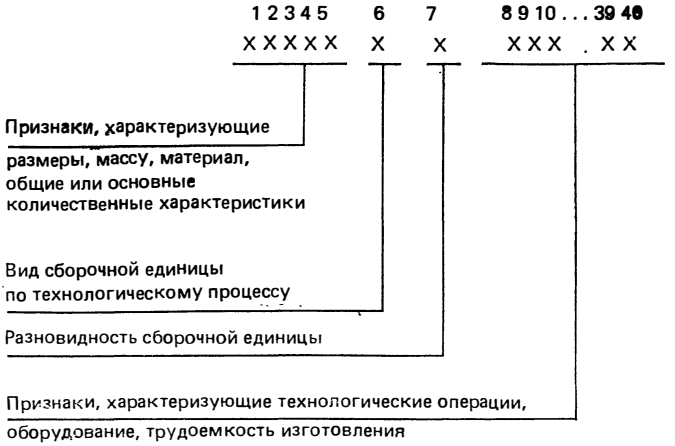
Обработка резанием. Кроме группирования деталей для последующей разработки типового технологического процесса можно осуществлять их группирование для разработки групповых технологических процессов. Отличительной особенностью группового технологического процесса является то, что детали или же отдельные элементы их обрабатываются на специализированных рабочих местах, конфигурация деталей при этом может быть различной. Кодировочная ведомость в данном случае идентична кодировочной ведомости, представленной в табл. 4.1.

При группировании деталей по конструкторско-технологическому подобию с помощью ЭВМ информация с кодировочной ведомости переносится на магнитную ленту (магнитный диск), затем вводится в память машины. ЭВМ производит группирование деталей по специально разработанной программе и после его осуществления выдает машинограмму, в которой приведены однотипные группы деталей и типовые технологические процессы (если таковые есть). От типового технологического процесса на группу однотипных деталей можно перейти к индивидуальному процессу на данную конкретную деталь.

4.4. Группирование сборочных единиц по конструктивно-технологическому подобию

Группирование сборочных единиц по конструктивно-технологическому подобию вынесено в отдельный параграф в силу большой специфичности технологических процессов сборки и монтажа. Отраслевые стандарты [18—23] разработаны на основе Методических указаний [24] и рассматривают сборочные единицы следующих видов: кабельно-жгутовые, намоточные, сборочно-электрорадиомонтажные на печатных платах, электрорадиомонтажные, разъемно-неразъемные.

Классификация и кодирование сборочных единиц, входящих в состав РЭА: первые шесть знаков дают конструкторский код по классификатору ЕСКД, только по классам сборочных единиц, следующие сорок знаков относятся к конструктивно-технологическому коду. Он имеет следующий вид:



Первые шесть разрядов конструкторско-технологического кода дают признаки, идентичные в основном признакам, определяемым первыми шестью цифрами конструктивно-технологического кода классификатора деталей [17] (постоянная часть). При этом шестой разряд «вид сборочной единицы по технологическому процессу» определяет один из пяти видов сборочных единиц. Остальные признаки технологической классификации (разряды 7—40; переменная часть) устанавливаются стандартами [18—23].

Признаки классификации специфических видов сборочных единиц, на которые не распространяются стандарты [18—23], устанавливаются стандартами предприятия в соответствии с основными принципами классификации и кодирования сборочных единиц.

Пример. Разновидности сборочной единицы вида «электрорадиомонтажные»: узел в кожухе, на каркасе; узел в корпусе; узел на шасси, плате, панели, раме, основании; сборочная единица цилиндрической формы; блок, прибор; приборная стойка.

Для группирования сборочных единиц с помощью ЭВМ заполняется кодировочная карта, содержащая следующие реквизиты: номер кодировочной карты, обозначение чертежа и кодовое обозначение (табл. 4.10).

Таблица 4.10. Кодировочная карта (сборочные единицы)

Кодировочная карта																			1 X	2 X	3 X
Обозначение чертежа	1 X	2 X	3 X	4 X	5 X	6 X	7 X	8 X	9 X	10 X	11 X	12 X	13 X	14 X							
Кодовое обозначение (признаки, определяющие вид сборочной единицы)	1 X	2 X	3 X								...								38 X	39 X	40 X

Число кодировочных карт, заполняемых для одной сборочной единицы, соответствует числу технологических кодов, присваиваемых ей при кодировании, т. е. сколько раз пишется технологический код при кодировании всех ее признаков. Обозначение чертежа производится в данном случае тем же образом, что и обозначение чертежа при кодировании деталей.

Для решения задачи группирования формируют *файл рабочей информации*, состав записи которого приведен в табл. 4.11. Файл рабочей информации используется при решении следующих задач ТПП: группирование сборочных единиц по конструктивно-технологическим признакам; адресование сборочных единиц к ранее разработанным ТТП и операциям; выбор технологического оборудования; определение ориентировочной трудоемкости изготовления сборочных единиц; отработка сборочных единиц на технологичность; выбор оптимального варианта механизации и автоматизации операций технологического процесса изготовления сборочных единиц; проектирование технологических процессов сборочных единиц в диалоговом режиме; определение загрузки специализированных цехов, участков, рабочих мест и оборудования; технологическая подготовка ГПС по отдельным видам сборочных единиц.

Файл рабочей информации получают при стыковке *файла кодировочных карт* и *файла количества на программу* (табл. 4.12).

Таблица 4.11. Файл рабочей информации

Реквизит	Число знаков в реквизите
Обозначение чертежа	До 14
Кодовое обозначение	До 40
Число сборочных единиц на программу:	
годовую	8
1-го квартала	8
2-го квартала	8
3-го квартала	8
4-го квартала	8

Таблица 4.12. Файл количества на программу

Обозначение чертежа	Количество на программу				
	года	квартал			
		1-й	2-й	3-й	4-й

Таблица 4.13. Файл групп

Реквизит	Число знаков в реквизите
Номер группы	3
Информация строки:	
разряд кодового обозначения	2
алфавит кода	До 45
число строк	До 40

Файл кодировочных карт создается на основе информации кодировочных карт (табл. 4.10), а файл количество на программу формируется с использованием ведомости чертежей и количества на программу.

Для решения задачи группирования кроме файла рабочей информации формируют *файл групп*, состав записи которого приведен в табл. 4.13. Входным документом для создания файла группы служит карта задания групп, фрагменты которой приведены в табл. 4.14.

Таблица 4.14. Фрагмент карты задания групп

Разряд кодового обозначения	Алфавит кода													(всего 45 знаков)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	А	В		Б	Г	К	И	Л	П	Ф	Ц	Ш	Э
01																							
02																							
03																							
04																							
38																							
39																							
40																							

При заполнении карты задания группы проставляется номер группы и коды значений признаков по технологическому классификатору, участвующих в формировании конкретной группы.

Информация, заключенная в файлах, вводится в ЭВМ, которая производит группирование сборочных единиц по специально разработанной программе. Затем ЭВМ производит распечатку перечня чертежей сборочных единиц, сгруппированных по конструктивно-технологическому подобию.

Особое место среди сборочных единиц занимают **интегральные схемы** (тонкопленочные, толстопленочные, гибридные), содержащие иногда много элементов и компонентов, для разработки ТТП которых также необходимо решить ряд вопросов из области классификации и кодирования. На общесоюзном уровне эти вопросы пока не разрешены в полном объеме. В настоящее время Госстандарт разработал классификацию и кодирование интегральных схем в рамках классификатора ЕСКД (класс 43) и Общесоюзного классификатора продукции. В классификаторе ЕСКД приводится классификация интегральных схем исключительно с точки зрения их конструктивных признаков. Что же касается классификации и кодирования этих сборочных единиц по конструктивно-технологическим признакам, то в каждой отрасли эти вопросы решаются по-своему.

Пример варианта классификации и кодирования интегральных схем.

Первые шесть знаков (разрядов) конструкторско-технологического кода дают признаки, свойственные всем видам сборочных единиц. Шестой разряд «Вид интегральной схемы по технологическому процессу» определяет один из типов интегральных схем по методу изготовления: тонкопленочная, толстопленочная, гибридная и т. д. Последующие разряды конструкторско-технологического кода (переменная часть) определяют признаки, характеризующие конструктивно-технологические особенности именно данного вида интегральных схем. Например, для интегральных схем, состоящих из тонкопленочных или толстопленочных составляющих, смонтированных на печатной плате, можно рекомендовать следующие признаки:

седьмой разряд — размер исходной подложки, мм (60×48; 150×18 и т. д.);

восьмой разряд — наличие отверстий и пазов в подложке (отсутствуют, имеются только отверстия, имеются отверстия и пазы, имеются только пазы);

девятый разряд — число уровней коммутации (1, 2 и более 2-х);

десятый разряд — максимальное число наносимых слоев пленочных материалов в одном уровне коммутации с учетом адгезионного, защитного и изоляционного слоев (1÷5 и более);

одиннадцатый разряд — требуемые минимальные размеры ширины элемента пленочной части, мкм: $a<100$; $30<a\leqslant100$; $10<a\leqslant30$; $5<a\leqslant10$; $1<a\leqslant5$; $a<1$;

двенадцатый разряд — требуемая максимальная точность изготовления пленочных резисторов от номинальных значений поверхностного сопротивления ($30<|\kappa|\leqslant50$; $10<|\kappa|\leqslant30$; $1<|\kappa|\leqslant10$; $|\kappa|<1$);

тринадцатый разряд — метод соединения контактных площадок с заземляющими шинами (не требуется, торцевая металлизация, разварка перемычек, пайка перемычек);

четырнадцатый разряд — тип корпуса микросборки (бескорпусная, металло-текстолитовый, металло-керамический, пластмассовый; нестандартный металлический с коаксиальными гермовводами, нестандартные);

пятнадцатый разряд — метод соединения контактных площадок с выводами корпуса микросборки (разварка перемычек, пайка);

шестнадцатый разряд — метод крепления микроплаты к основанию корпуса (не требуется, приклейка, механическое крепление через демпферную прокладку, нестандартные методы);

семнадцатый разряд — метод герметизации корпуса (не требуется, сварка, пайка, склейка, заливка компаундом, спекание);

восемнадцатый — тридцать первый разряды — число изделий электронной техники (ИЭТ), применяемых в качестве навесных элементов (18, 19 — в мини-корпусах типа СО; 20, 21 — в мини-корпусах типа СОТ; 22, 23 — в металлокерамических носителях; 24, 25 — бескорпусные с гибкими выводами; 26, 27 — бескорпусные на лентосистеме; 28, 29 — бескорпусные с выводами в виде металлизированных контактных поверхностей; 30, 31 — с нестандартными выводами.

Данные по мини-корпусам типов СО и СОТ приведены в ГОСТ 20.39405—84 «Элементная база под автоматизированную сборку микросборок».

4.5. Типизация и стандартизация технологических процессов

Разработка технологических процессов характерна многовариантностью возможных решений, одинаково удовлетворяющих техническим требованиям, поэтому сопоставление этих вариантов по эффективности и стандартизация наилучшего решения является важным условием повышения эффективности производства.

Типизация технологических процессов — важнейший этап стандартизации, предусматривает проведение следующих работ: группирование деталей и сборочных единиц по конструкторско-технологическим признакам; систематизацию и анализ возможных технологических решений при изготовлении деталей и сборочных единиц каждой классификационной группы; проектирование с учетом новейших достижений науки и техники оптимальных для данного предприятия типовых технологических процессов изготовления каждой классификационной группы, решая одновременно весь комплекс технологических задач.

Типовой технологический процесс предусматривает применение однотипного оборудования, оснастки, инструмента, тары, схватов для роботов и т. д.

Основным методом типизации технологических процессов следует считать *метод технологической последовательности*, в основе которого лежит общность элементов технологических процессов (операций, переходов), определяющих рациональные условия организации производства.

В последние годы в СССР и за рубежом все большее распространение находит *метод групповой обработки*, предложенный С. П. Митрофановым [25], который заключается в установлении для групп однородной по тем или иным конструктивно-технологическим признакам продукции однотипных высокопроизводительных методов обработки с использованием однородных и быстропереналаживаемых орудий производства. В этом случае детали, обладающие геометрически подобными элементами, объединяются в группы, которые изготавливаются на одном оборудовании с применением общих универсальных переналаживаемых технологических приспособлений и общих наладок.

Типовые технологические процессы являются рабочей документацией при наличии в них конкретной информации о детали. В то же время типовые процессы могут служить информационной базой для разработки рабочих технологических процессов и стандартов на типовые технологические процессы. Стандарт разрабатывают на типовой технологический процесс, состоящий из комплекса технологических операций, обеспечивающих высокое качество изготавливаемых деталей. Такие стандарты разрабатываются для применения на трех уровнях: предприятия, отрасли и межотраслевом. Во многих отраслях нашли широкое применение отраслевые рекомендации.

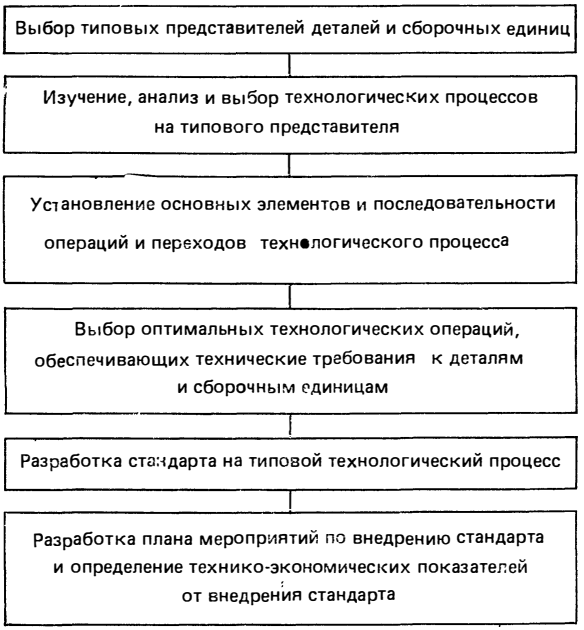


Рис. 4.1. Последовательность работы по типизации и стандартизации технологических процессов

Последовательность работы по типизации и стандартизации технологических процессов показана на рис. 4.1.

Стандарты на типовые технологические процессы состоят из разделов: основные положения, технические требования, типовые технологические процессы; методы контроля; требования техники безопасности; материалы; приложения (перечни оборудования, технологической оснастки, измерительные приборы, терминология и др.).

В разделе «Технические требования» устанавливаются требования к материалам, сырью, полуфабрикатам, оборудованию, оснастке, используемым при выполнении типового технологического процесса. В этом разделе также приводятся требования: к операциям и отдельным видам работ, выполняемым по стандартизуемым технологическим процессам; условиям, при которых должны быть выполнены отдельные операции и виды работ; изделиям, а также к их технологическим и техническим характеристикам. Приводятся только те требования, которые проверяются при контроле качества материалов и изделия.

В разделе «Типовые технологические процессы» даются описания операций и переходов процессов и устанавливается последовательность их выполнения, включая пооперационный контроль, а также указывается применяемое оборудование, приспособления, инструмент, материалы, режимы и т. п. При необходимости при-

водятся эскизы, схемы операций и переходов, наладки и настройки оборудования.

В разделе «Требования техники безопасности» излагаются правила предосторожности, меры защиты, противопожарные и другие требования, которые в соответствии с действующими положениями, правилами и санитарными нормами необходимо соблюдать при выполнении технологических процессов, а также при работе с материалами, оборудованием, электроустановками, инструментом и приспособлениями.

При разработке типовых технологических процессов большое значение для повышения безопасности работающих имеют замена легковоспламеняющихся жидкостей и исключение возможности контакта работающих с раздражающими и токсичными веществами.

Для обеспечения максимальной безопасности при разработке типовых технологических процессов соблюдаются следующие общие требования: комплексная механизация и автоматизация производственного процесса при дистанционном или автоматическом управлении им; герметизация оборудования, а также гидро- и пневмотранспорта пылящих материалов; автоматическая сигнализация хода процессов и отдельных операций; конструктивные (встроенные) отсосы от оборудования и др.

В разделе «Методы контроля» приводятся указания по контролю качества изготовленных изделий с указанием приборов, оборудования, режимов, условий проведения контроля.

В стандарте на типовой технологический процесс могут быть установлены требования к материалам, оборудованию, кроме того, могут быть даны справочные данные, необходимые для пояснения и дополнения содержания стандарта.

Разработка на предприятии технологических процессов в развитие стандартов на типовые технологические процессы и их соблюдение имеет важное значение.

Резкое повышение требований к качеству продукции в стране поставило на повестку дня организацию в отраслях системы контроля технологической дисциплины. Цель этой работы — предупреждение возможных нарушений технологических процессов, исключение производственного брака, повышение стабильности качества выпускаемой продукции, предотвращение преждевременного выхода из строя оборудования, технологической оснастки др.

Контроль технологической дисциплины может быть повседневный, периодический, летучий, ведомственный, инспекционный, специальный, представителем заказчика (госприемки).

Виды, периодичность, объем и объекты контроля устанавливаются в зависимости от вида продукции, типа производства и особенностей технологического процесса.

Указанные виды контроля обеспечивают решение следующих задач: определение соответствия технологического процесса изготовления изделия требованиям конструкторской и технологичес-

кой документации; определение характера, вида и причин нарушений; разработка мероприятий по предотвращению нарушений и совершенствованию технологического процесса. Нарушения технологической дисциплины должны устраняться в минимально возможные сроки.

4.6. Аттестация технологических процессов и оценка их уровня

Необходимость улучшения качества изделий, экономии трудовых и материальных ресурсов выдвинули задачу аттестации технологических процессов. Современный технологический процесс должен обеспечивать не только наивысшую производительность труда, но и возможность широкого использования безотходных или малоотходных методов изготовления изделий, иметь высокий уровень механизации и автоматизации [26].

Результаты аттестации уровня технологии широко используются при определении технологической готовности предприятий к серийному выпуску вновь разработанной продукции, а также при предъявлении изделий на государственный Знак качества.

Аттестация технологических процессов проводится в два этапа: сначала оценивается уровень технологических процессов, затем производится непосредственно аттестация технологических процессов [27].

Задачи, решаемые на этапах аттестации, приведены в табл. 4.15.

Результаты аттестации технологических процессов на предприятии могут использоваться для решения различных задач: подготовки продукции к аттестации; оценки организационно-технического уровня производства предприятия; аттестации рабочих мест; проведения работ по техническому перевооружению предприятия и др.

Расчет уровня технологических процессов производства изделия в условиях массового, крупносерийного производства определяется по уровню совокупности технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц, входящих в изделие.

Уровень технологических процессов в случае среднесерийного, мелкосерийного и единичного типов производства определяется по уровню технологических процессов видов производств по цехам, участкам производства (литейное, термическое, штамповочное, пластмассовое, электрохимическое, сборочное и т. д.).

Для оценки уровня технологических процессов используются четыре показателя: производительность труда, прогрессивность технологического оборудования, охват рабочих механизированным и автоматизированным трудом, эффективность использования материалов.

Уровень технологического процесса определяется по формуле

$$У_{т\alpha} = \sum_{i=1}^{n} к_{i\alpha} П_{i\alpha}/П^{н}_{i\alpha}, \quad \text{при } \alpha = 1, 2, 3 \ldots m, \tag{51}$$

Таблица 4.15. Этапы работ и задачи аттестации технологических процессов

Этап работы	Задача	Исполнитель
Оценка уровня технологических процессов	Выбор объекта аттестации	Головная организация по аттестации совместно с предприятиями
	Группирование изделий по конструктивно-технологическим признакам	То же
	Группирование предприятия по классификатору предприятий, цехов	Головная организация по аттестации
	Уточнение перечня прогрессивного технологического оборудования и прогрессивных технологических методов	Головная организация совместно с предприятиями
	Установление нормативных значений показателей	Головная организация по аттестации
	Расчет уровня объекта аттестации	Предприятие-изготовитель
	Проведение анализа для совершенствования показателей уровня объекта аттестации	То же
	Разработка плана мероприятий по повышению уровня технологических процессов	»
Аттестация	Подготовка документации для аттестации	»
	Присвоение категории технологическим процессам	Аттестационная комиссия (отраслевая)

где $\kappa_{i\alpha}$ — коэффициент весомости ($\sum_{=1}^{n} \kappa_{i\alpha} = 1$); $П_{i\alpha}$ — показатель, характеризующий одно из свойств технологического процесса; $П^{н}_{i\alpha}$ — нормативное значение показателя, характеризующего одно из свойств технологического процесса; i — порядковый номер показателя; n — число показателей.

Показатель производительности труда определяется по формуле

$$П_{п} = В_{ч.п}/Ч_{п}, \tag{52}$$

где $В_{ч.п}$ — объем выпуска нормативно-чистой продукции в год; $Ч_{п}$ — численность промышленно-производственного персонала.

Показатель применения прогрессивного технологического оборудования определяется по формуле

$$П_{об} = T_{прог}/T, \tag{53}$$

где $T_{прог}$ — трудоемкость изготовления изделия на прогрессивном оборудовании; T — трудоемкость изготовления изделия.

Показатель охвата рабочих механизированным и автоматизированным трудом определяется по формуле

$$П_{мех} = Ч_{м.а}/Ч_{п}, \tag{54}$$

где $Ч_{м.а}$ — число рабочих, занятых механизированным и автоматизированным трудом; $Ч_п$ — численность производственных рабочих.

Показатель использования материалов определяется по формуле

$$П_{им} = М/Н, \tag{55}$$

где $М$ — масса изделия; $Н$ — норматив расхода материала на изделие.

Формула (51) с учетом (52)—(55) приобретает вид

$$У_т = 0{,}3\,П_п/П_п^н + 0{,}3\,П_{об}/П_{об}^н + 0{,}2\,П_{мех}/П_{мех}^н + \\ + 0{,}2\,П_{им}/П_{им}^н\,, \tag{56}$$

где в знаменателе — нормативные значения соответствующих показателей.

Эта методика расчета уровня технологических процессов имеет ряд существенных недостатков:

перечень прогрессивного технологического оборудования и значения нормативных показателей — понятия условные, что не позволяет объективно сравнивать уровни технологических процессов различных отраслей;

формула охвата рабочих механизированным и автоматизированным трудом не учитывает уровня автоматизации работ. При внедрении гибких производственных систем, модулей с «малолюдной» технологией будет сокращаться число рабочих, занятых механизированным и автоматизированным трудом, что также существенно скажется на численном значении уровня технологических процессов.

Уровень технологических процессов данного вида работ (литье, холодная штамповка и т. д.), применяемых при производстве изделия или на предприятии, характеризует технологию данного вида при производстве изделия или на предприятии (цехов, участков) и рассчитывается по формуле

$$У_{т.в_\beta} = \sum_{\alpha=1}^{m} a_{\alpha\beta}\,У_{т_{\alpha\beta}}\,, \tag{57}$$

где $a_{\alpha\beta}$ — коэффициент весомости технологического процесса α; m — общее число технологических процессов.

Уровень технологических процессов по всем видам работ (по совокупности технологий) при производстве изделия или же на предприятии определяется по формуле

$$У_{т.и_\beta} = \sum_{\beta=1}^{l} b_\beta\,У_{т.в_\beta}, \tag{58}$$

где b_β — коэффициенты весомости вида работ β; l — общее число видов работ.

Расчет уровня технологических процессов изготовления изделий в условиях массового и крупносерийного производства суще-

ственно отличается от условий единичного и мелкосерийного производств и ведется в следующей последовательности: по (56) определяется уровень технологических процессов изготовления деталей по отдельным видам работ (литье, штамповка, обработка резанием и т. д.); по (57) определяется уровень технологических процессов по каждому виду работ с учетом весовых соотношений каждого технологического процесса внутри вида; по (58) определяется уровень технологических процессов производства изделия как совокупность технологических процессов каждого вида с учетом весовых соотношений каждого вида производства изделия.

Расчет уровня технологических процессов производства изделия в условиях среднесерийного, мелкосерийного и единичного типов производств ведется в следующей последовательности: по (51) определяется по показателям уровень технологических процессов вида производства, $П_i$ относятся тут к технологическому процессу данного вида производства; по (58) определяется уровень технологических процессов производства изделия как совокупность уровней процессов каждого вида с учетом весовых соотношений каждого вида в производстве изделия.

По результатам оценки уровня технологических процессов проводится анализ факторов, влияющих на количественные характеристики того или иного показателя оценки уровня технологических процессов, устанавливаются причины низких значений этих показателей и разрабатываются мероприятия по совершенствованию технологии на производстве.

5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

5.1. Комплексная автоматизация ТПП на предприятии

Комплексная автоматизация ТПП на предприятии должна быть составной частью работ по созданию автоматизированных систем более высокого уровня (например, интегрированная АСУ — ИАСУ) и вестись одновременно с работами по автоматизации производства и управлению им. К настоящему времени большое развитие получили *системы технологического проектирования*. Использование новых технических средств позволило автоматизировать процессы, связанные с вводом в ЭВМ и выводом из ЭВМ исходной информации.

В то же время при внедрении на предприятии различных автоматизированных подсистем ТПП часто встречается ситуация, при которой каждая подсистема создавалась без учета их совместного внедрения. Поэтому для каждой подсистемы создавалось свое программное, математическое и информационное обеспечение.

Такое направление работ на первом этапе (примерно до уровня автоматизации ТПП 20%) позволяет получить значительную эффективность при внедрении подсистем. Однако в дальнейшем при нарастании работ по автоматизации ТПП становятся непреодолимыми недостатки такого подхода к работе: исходные данные многократно кодируются и вводятся для каждой задачи, большая информационная избыточность и др.

Ряд принципов системного подхода были сформулированы О. И. Семенковым. Выполнение их обеспечивает создание единого технического, программного, математического и информационного обеспечения:

АСТПП создается как человеко-машинная система, в которой для автоматизации умственно-формальных процессов деятельности специалистов используется информационно-вычислительная система;

АСТПП строится как развивающаяся система. Процессы развития в системе охватывают все основные ее компоненты (кадры, информационные массивы, технический и программный комплексы, методику проектирования);

АСТПП создается как открытая система, в которой для обеспечения процессов развития возникают связи с другими информационными системами — системой стандартов и справочных данных, системой управления предприятием;

АСТПП создается как совокупность ряда подсистем, функционирование которых подчинено общей цели;

в АСТПП реализуется принцип разового ввода исходных данных для формирования алгоритмического описания объекта проектирования с последующим решением всей необходимой совокупности проектных задач;

АСТПП создается как комплексная система, в которой последовательно автоматизируются все основные этапы технологической подготовки производства, начиная с проектно-конструкторских работ по разработке изделия и кончая серийным производством продукции.

Работа по совершенствованию технологической подготовки производства на предприятии проводится на основе ТЗ. В 70-х гг. эта работа была в основном направлена на разработку документации по всем функциям ТПП, что позволяло сократить сроки подготовки производства за счет более совершенной организации работ. В начале 80-х гг. стало ясно, что дальнейшее сокращение сроков подготовки производства новых изделий в промышленности будет возможно только при комплексной автоматизации ТПП.

Опыт, накопленный на предприятиях по автоматизации ТПП, показывает, что на уровне отрасли необходимо разработать типовое ТЗ на создание АСТПП на предприятии, в котором следует детализировать ряд вопросов и функций, которые не были выделены особо.

В разделе «Характеристика объекта разработки» определяются внешние связи АСТПП, которые должны выходить на АСУП,

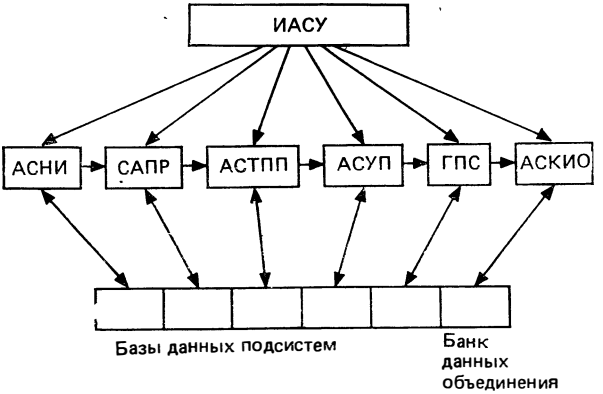


Рис. 5.1. Внешние связи АСТПП

САПР и ГПС (рис. 5.1 АСНИ и АСКИО — автоматизированные системы научных исследований, контроля и испытания объектов). В рамках этих связей АСТПП должна обеспечивать АСУП и ГПС всей нормативной информацией об изделиях, технологии их изготовления и производственных ресурсах, необходимых для их изготовления. САПР использует следующую информацию, получаемую от АСТПП: технологические требования к деталям и сборочным единицам; данные из ограничительных стандартов, которые необходимо выполнить; классификаторы ДСЕ установочных и крепежных элементов, подлежащих изготовлению на специализированных в отрасли участках и т. д.

В соответствии с Р50-54-86—88 устанавливаются два типа подсистем АСТПП: общего и специального назначения. На уровне отрасли и предприятия помимо основных функций может быть установлен и ряд дополнительных функций, например конструкторско-технологический анализ изделия, организационно-технологический анализ производства, разработка материальных и трудовых нормативов и др. Состав подсистем для каждого предприятия определяется спецификой ТПП и экономической целесообразностью.

Комплекс технических средств, применяемый при ТПП, представляет собой трехуровневую сеть ЭВМ: ЕС ЭВМ — мини-ЕС ЭВМ — микроЭВМ.

Первый уровень включает ЭВМ типов ЕС-1033, ЕС-1045 и т. д. Второй уровень — ЭВМ типа СМ-1420 и ИЗОТ 1016 с разветвленным набором периферийных устройств.

Третий уровень — персональные ЭВМ типа ДВК-2, ДВК-3 и другие.

В ТЗ необходимо также сформулировать требования к системному математическому обеспечению (СМО), прикладному математическому обеспечению (ПМО) и информационному обеспечению.

Уровень автоматизации ТПП рассчитывается по годам исходя из заданий, установленных для отрасли.

В соответствии с Р50-54-86—88 в ТЗ работа по созданию АСТПП разбивается на три стадии: ТЗ, технический проект и рабочий проект.

На стадии «технический проект» разрабатываются: основные положения по организации технологического проектирования; методические положения по созданию информационных массивов; структура комплекса технических средств; методические положения по созданию и стыковке подсистем АСТПП и увязке их с другими системами, а также устанавливается состав информационного, математического, методического, организационного, технического, лингвистического и программного обеспечения системы.

На стадии «рабочий проект» проводятся следующие работы: формирование информационного обеспечения АСТПП; опытная эксплуатация подсистем АСТПП; разработка мероприятий по внедрению АСТПП; разработка инструкций по подготовке исходных данных, эксплуатации, корректировке и ведению массивов и др.; комплексная стыковка подсистем АСТПП и др.

Каждому предприятию наряду с другими показателями ежегодно планируется уровень автоматизации подготовки производства. Поэтому разрабатывая ТЗ на проведение работ по совершенствованию ТПП и располагая данными по удельному весу задач ТПП в общем объеме работ, можно предварительно определить достигаемый уровень автоматизации.

Уровень автоматизации ТПП определяется как отношение трудоемкости автоматизированной части объекта проектирования в нормативах трудоемкости ручного проектирования $C_а$ к общей трудоемкости объекта проектирования в нормативах ручного проектирования: $У_{авт} = 100C_а/C_о$.

5.2. Механизация при разработке технологических процессов

Распечатка единичного технологического процесса на основе типового. Первым шагом по пути автоматизации инженерного труда является механизированная распечатка маршрутного или маршрутно-операционного технологического процесса. При заполнении маршрутной карты инженеру-технологу приходится тратить немало своего времени на чисто механическую работу, связанную с вписыванием информации. Целесообразно освободить инженера от этой работы, переложив ее на оператора. Использование электронных печатно-кодирующих устройств (ЭПКУ) или ЭВМ сокращает длительность цикла разработки технологического процесса.

Распечатка единичного технологического процесса, разрабатываемого на основе уже имеющегося типового технологического процесса (ТТП), будет содержать информацию двух видов: постоянную информацию, входящую в ТПП и общую для всех единичных процессов, разрабатываемых на основе типового; перемен-

ную информацию, связанную с данной конкретной деталью или же сборочной единицей. ЭПКУ должно осуществить синтез этих двух видов информации.

К постоянной информации относятся: наименование и кодовое обозначение технологических операций; содержание работ; наименование и кодовое обозначение средств технологического оснащения (оборудование, приспособления, инструмент, контрольно-измерительная оснастка).

Переменная информация содержит: размеры и предельные отклонения; позиции составных частей изделий, входящих в сборочную единицу; обозначения конкретных средств технологического оснащения; номера инструкций по технике безопасности; режимы обработки и др.

Постоянная информация содержится на машинных носителях: перфолентах, перфокартах, магнитных лентах и дисках. Если распечатка проводится с помощью ЭВМ, то информация будет находиться в машинной памяти. Каждый машинный носитель имеет свое кодовое обозначение. На предприятии должны быть организованы учет и хранение машинных носителей.

Маршрутные и маршрутно-операционные технологические процессы всех видов должны оформляться на форме 2 (2а) ГОСТ 3.1110—75, фрагмент которой представлен в табл. 5.1. Рядом с наименованием операции (перехода) ставится ее код КТО или же по отраслевому классификатору (классификатору предприятия) код операций и переходов. Так, операция «транспортирование» имеет по классификатору [14] код 0401.

Переменная информация в таблице обозначена значком « ◇ ». При распечатке ЭПКУ, дойдя до этого места, остановится, и оператор вручную впечатает недостающую информацию.

Из табл. 5.1 видно, что каждая операция (переход) имеет два номера: в числителе — код номера операции по ТТП; в знаменателе — номер операции по единичному технологическому процессу.

Инженер-технолог, таким образом, разрабатывает только карту-программу, которая передается затем оператору ЭПКУ. На кар-

Таблица 5.1. Фрагмент типового технологического процесса

Номер			Наименование и содержание операции	Оборудование (модель, наименование, инвентарный номер)	Приспособление и инструмент (код, наименование)
цеха	участка	операции			
◇	◇	1/◇	0401 Транспортирование (получение материалов со склада)	31.7113.00400 Электрокар ЭК-2	—
◇	◇	2/◇	Инструкция № ◇ по технике безопасности и производственной санитарии для работающего на волочильном станке	—	—

те-программе указывается номер ТТП и вся переменная информация.

Если распечатка ведется на мини-ЭВМ с дисплеем, то всю работу в сжатые сроки может выполнить инженер-технолог. В этом случае он может отдельно и не составлять карту-программу. При пуске машины в ход на дисплее появляется постоянная информация о ТТП, заложенная в памяти ЭВМ. Когда текст доходит до переменной информации, которой в памяти машины нет, происходит остановка изображения текста и на экране дисплея возникает знак вопроса. Инженер-технолог вводит в ЭВМ недостающую информацию, которая сразу же появляется вместо знака «?» на экране видеотерминального устройства. Затем продолжается вывод постоянной информации на экран до новой остановки, связанной с необходимостью ввода информации о данной конкретной детали или сборочной единице.

Когда синтез постоянной и переменной информации по данному ТТП полностью осуществлен, ЭВМ по специальному сигналу производит распечатку машинограммы.

С помощью классификаторов (гл. 4) можно предварительно осуществлять поиск необходимого типового технологического процесса. Покажем вкратце, как это делается. На мини-ЭВМ это делается так: получив чертеж какой-то детали, которую следует изготовить определенным образом, технолог кодирует ее по классификаторам [16, 17]. Затем данные о детали в закодированном виде вводят в ЭВМ, которая, используя информацию, по определенной программе осуществляет поиск типового технологического процесса для изготовления данной детали. Если таковой имеется, то ЭВМ называет его номер на экране дисплея.

Распечатка единичного техпроцесса на основе типовых технологических операций и переходов. Не всегда единичный технологический процесс можно разработать на основе ТТП. При проектировании единичного технологического процесса необходимо пользоваться типовыми технологическими операциями и переходами. Содержание каждой типовой операции или перехода записывается на перфоленте, перфокарте или магнитной ленте. Если распечатка технологического процесса осуществляется с помощью ЭВМ, то информация о типовых технологических операциях и переходах вводится в память ЭВМ.

При распечатке технологического процесса на ЭПКУ оператор его должен иметь при себе комплект машинных носителей, причем каждый из них со своим кодом (§ 4.1).

Распечатка процесса производится на форме 2 (2а) ГОСТ 3.1110—75, фрагмент которой представлен в табл. 5.2. (переменная информация обозначена значком « ◇ »).

Для распечатки технологического процесса инженер-технолог составляет карту-программу, в которой разработчик единичного технологического процесса должен указывать необходимые сведения о изделии, материале, заготовке в соответствии с правилами ЕСТД.

Таблица 5.2. Фрагмент технологического процесса

Номер			Наименование и содержание операции	Оборудование (модель, наименование, инвентарный номер)	Приспособление и инструмент (код, наименование)
цеха	участка	операции			
◇	◇	◇	0120.01 0120 Галтовка Галтовать детали по типовому технологическому процессу ◇ Уложить в тару	38.4133.0235 Барабан галтовочный ◇	53.7010.1346 Тара ◇

Проектируя единичный технологический процесс, разработчик выбирает из массива технологических операций соответствующие операции и переходы, необходимые для изготовления изделия, и заносит их коды в карту-программу в той последовательности, в которой должна производиться обработка или сборка.

Графы карты-программы заполняются следующим образом: в графе «Наименование и содержание» проставляется кодовое обозначение операций и переходов: «Номер цеха» — вместо переменной информации указывается код цеха; «Номер участка» — указывается код участка, «Номер операции» — номер операции по единичному технологическому процессу. Фрагмент карты-программы для операции «галтовка» представлен в табл. 5.3.

Заполненная карта-программа направляется оператору, который осуществляет объединение постоянной информации, записанной на машинных носителях, с переменной информацией, находящейся в карте-программе.

При распечатке процесса с помощью АРМ инженер-технолог выводит на дисплей содержание постоянной информации, входящей в данную операцию (переход). Затем вводит переменную информацию. После этого продолжается вывод постоянной информации, содержащейся в данной типовой операции (переходе). Закончив формирование одной операции, инженер-технолог начинает формирование очередной операции.

Таблица 5.3. Фрагмент карты-программы

Номер			Наименование и содержание операции	Оборудование (модель, наименование, инвентарный номер)	Приспособление и инструмент (код, наименование)
цеха	участка	операции			
5	3	10	0120.01 ТТП-100	1001	Т121

Когда разработка единичного техпроцесса закончена, ЭВМ по специальному сигналу производит распечатку машинограммы вновь спроектированного процесса.

5.3. Автоматизированная система ТПП в условиях ГПС

Анализ работы гибких автоматизированных производств и гибких производственных модулей в условиях выпуска небольших партий деталей показывает, что повышение их загрузки связано с уровнем автоматизации ТПП. В то же время максимальный эффект от автоматизации ТПП достигается в том случае, если в объединении, где внедряются автоматизированные производства, параллельно создается интегрированная система, включающая в себя САПР, АСТПП и АСУП. При этом сокращается объем работ по кодированию, вводу информации и выводу на печать в каждой системе. При интеграции САПР и АСТПП исключается решение задачи по вводу в ЭВМ геометрических параметров детали.

В настоящее время уже разработано достаточно большое количество пакетов прикладных программ (ППП), реализующих отдельные фазы процесса сквозного проектирования для некоторых классов деталей, технологических процессов и элементов оснащения. В силу большого разнообразия деталей, технологий изготовления и технологического оборудования при создании этих ППП, как правило, не ставилась задача обеспечения информационной и технологической совместимости.

Было предложено [31] рассматривать программное обеспечение ГПС в виде технологических линий автоматизированного конструкторско-технологического проектирования. При этом процесс проектирования организуется по принципу информационного конвейера, обеспечивающего единый поток проектной информации от описания проектируемой детали до превращения этой информации в команды систем программного управления.

Сквозной цикл проектирования должен содержать следующие взаимосвязанные базовые процессы: геометрическое моделирование объекта; анализ и оценку конструкции объекта; ведение банка конструкторско-технологических данных; разработку программ для оборудования с программным управлением; разработку конструкторско-технологической документации.

Соединение отдельных автоматизированных подсистем с помощью локальной вычислительной сети в единую систему, создание программно-информационных интерфейсов и общего банка данных приводят к резкому повышению производительности труда конструкторов, технологов, увеличению выпуска продукции.

Системы группового, оперативно-диспетчерского управления и ТПП должны иметь общую базу данных — сведения о номенклатуре и технических возможностях технологического оборудования, инструменте, технологическом оснащении, наличии заготовок, времени выполнения операций, длительности обработки на каждой единице оборудования и т. д. [32].

Для обеспечения гибкости и надежности процессов сбора и обработки информации и процессов управления производством система управления ГПС должна иметь многоуровневую иерархическую структуру, реализуемую на базе локальных сетей ЭВМ при строгой регламентации и стандартизации аппаратных и программных интерфейсов на иерархических уровнях системы, совместимости программных средств внутри каждого уровня и между ними.

Состав и основные функции системы управления ГПС цеха на разных уровнях представлены на рис. 5.2.

Нижний уровень системы управления (СУ) ГПС состоит из локальных систем управления, обеспечивающих координированное управление всеми компонентами и механизмами ГПМ, автоматизированных складов и транспортных средств. Локальные системы управления должны реализовать функции диагностического контроля состояния оборудования, соблюдения параметров технологического процесса и качества изделий.

Следующий по иерархии уровень СУ ГПС представляет собой систему группового управления комплексом (участком, линией), в состав которого входят ГПМ, автоматизированные склады, транспортные средства и автоматизированная система контроля продукции.

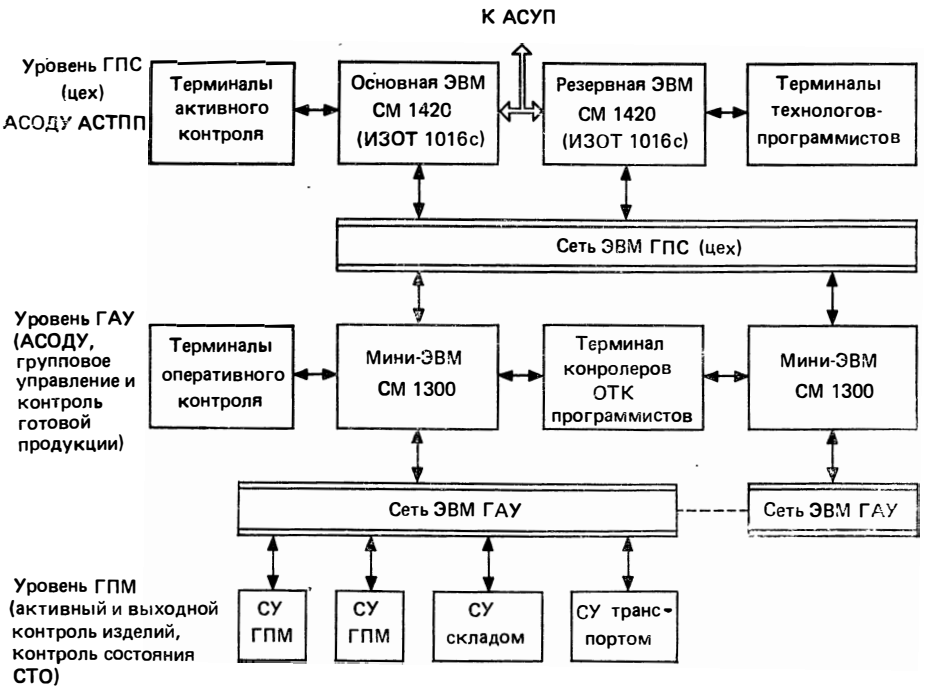


Рис. 5.2. Состав и основные функции системы управления ГПС цеха на разных уровнях

Основные функции системы группового управления: получение плановых заданий от автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) и составление отчетов об их исполнении; получение управляющих программ от АСТПП, хранение и передача их в системы управления ГПМ; автоматическая выборка из склада заготовок, инструмента, технологической оснастки и транспортировка их в соответствии с технологическими маршрутами, полученными от АСТПП; контроль состояния оборудования ГПС; автоматическая загрузка склада готовыми изделиями после их проверки автоматизированной системой контроля.

Автоматизированные системы ТПП, оперативно-диспетчерского управления занимают высший уровень иерархии СУ ГПС. Для упрощения процессов управления производством, повышения их гибкости, надежности и оперативности целесообразно АСОДУ и АСТПП создавать на уровне не только цеха, но и ГПС.

Основные функции АСОДУ: формирование сменно-суточных плановых заданий для ГПС (на уровне цеха) и ГПМ (на уровне ГПС) с учетом приоритетности запуска изделий; анализ производственных ситуаций в течение смены и оперативная корректировка заданий ГПС и ГПМ в случае отказа оборудования или срочных заданий от АСУП; пооперационный учет выполнения заданий; формирование заявок на ТПП, материалы, заготовки, комплектующие изделия, инструмент, технологическую оснастку, тару и т. д.; расчет числа транспортных партий деталей; учет выполнения плановых заданий и печать итоговых отчетных документов, содержащих информацию о количестве изготовленных изделий заданной номенклатуры, проценте брака, коэффициентах использования оборудования, объемах незавершенного производства и других показателях; анализ обеспеченности заданий материальными ресурсами; оценка действий производственного персонала.

Внедрение АСОДУ позволяет исключить из структуры управления производством звенья, функции которых в основном сводятся к оперативной стыковке служб и отдельных исполнителей, при одновременном повышении объективности планирования и регулирования производства [33].

При разработке АСОДУ для нескольких видов производства и, что особенно важно, при внедрении их на одном предприятии целесообразно программно-аппаратную часть АСОДУ унифицировать. Унифицированная часть системы характеризуется наличием: универсальных программно-аппаратных средств общения управленческого персонала ГПС с системой; средств автоматической избирательной обработки информации для выдачи результатов конкретному лицу управленческого и производственного персонала; унифицированного системного и прикладного программного обеспечения функционально-алгоритмической части системы.

Технологическая подготовка производства на современном этапе является основным генератором входной информации для систем организации автоматического производства и управления им

и обеспечивает гибкость его настройки при переходе на изготовление нового изделия.

Основные функции АСТПП: обмен данными с САПР (технологические требования к ДСЕ и АСОДУ, сведения о длительности процессов обработки детали на станке, настройке станка и инструмента, о заготовках, контрольно-измерительной оснастке и т. д.); группирование деталей по конструктивно-технологическим признакам с учетом минимальной переналадки оборудования; разработка управляющих программ для станков с ЧПУ; разработка маршрута обработки детали и карт наладки станка и инструмента.

Реализация этих функций позволит эффективно осуществить автоматизацию ТПП на предприятии и в масштабах всей отрасли.

5.4. Вычислительные средства для АСТПП

Важнейшее место в АСТПП занимают вычислительные средства. Промышленность выпускает широкую номенклатуру ЭВМ для решения разнообразных задач. Комплекс технических средств (КТС) должен строиться по трехуровневой структуре (рис. 5.3).

Типы и характеристики ЭВМ, применяемых на разных уровнях подготовки производства, должны соответствовать объему перерабатываемой информации и надежности функционирования системы.

Базовая структура моделей ЕС ЭВМ характеризуется наличием обязательных функциональных устройств пяти уровней: центральное обрабатывающее устройство, процессор, оперативная память, каналы, устройство управления внешними устройствами и внешние устройства.

Система программного обеспечения ЕС ЭВМ состоит из операционных систем, ППП и программ технического обслуживания.

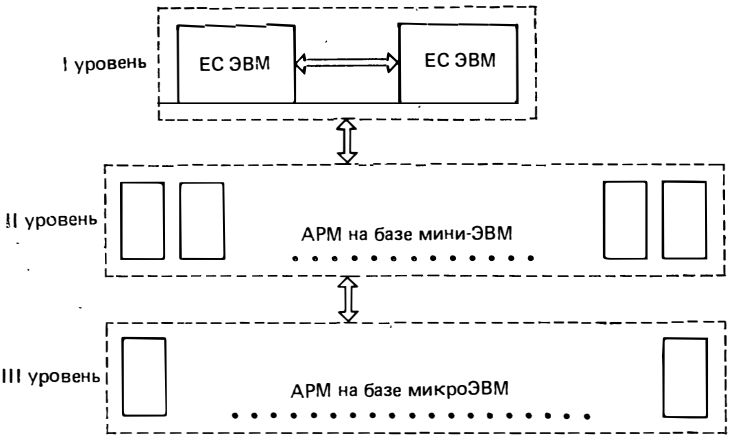


Рис. 5.3. Структура комплекса технических средств

Основная память реализуется на основе одного или нескольких блоков оперативной памяти центрального процессора. Процессор и каналы обращаются к основной памяти параллельно. Число каналов в ЭВМ не может превышать 16, при этом допускается не более двух байт-мультиплексных каналов. Каждый канал допускает адресацию до 256 периферийных устройств (ПУ). Однотипные периферийные устройства подсоединяются к каналу ввода-вывода через групповое устройство управления. К одному устройству управления (УУ) может быть подсоединено до 16 периферийных устройств.

Специальное устройство — адаптер канал-канал (АКК) — позволяет пересылать данные из одного канала ввода-вывода в другой, причем эти каналы могут входить в одну ЭВМ или относиться к разным ЭВМ.

Подсистема ввода-вывода ЕС ЭВМ имеет структуру, состоящую из трех основных уровней: каналов ввода-вывода, УУ периферийными устройствами (ПУ) и самих периферийных устройств.

Таблица 5.4. Основные характеристики моделей ЕС ЭВМ

Характеристика	ЕС ЭВМ-1					
	ЕС-1020	ЕС-1030	ЕС-1050	ЕС-1022	ЕС-1033	ЕС-1052
Производительность, тыс. оп./с:						
для научно-технических задач	10	50	510	80	200	700
для экономических задач	—	—	—	—	100	—
Емкость оперативной памяти, Кбайт	256	1024	1024	512	512	8000
Селекторные каналы:						
пропускная способность, Кбайт/с	200	800	1300	700	800	1250
число каналов	2	3	до 6	2	3	2
Мультиплексный канал:						
пропускная способность в МПК режиме, Кбайт/с	14—16	40	30 — 110	80	50	110
пропускная способность в СК режиме, Кбайт/с	200	300	100 — 180	400	300	180
число селекторных подканалов	—	—	4	—	—	4
Блок-мультиплексные каналы (БМК):						
пропускная способность, Кбайт/с	—	—	—	—	—	—
число каналов	—	—	—	—	—	—
Общая пропускная способность каналов ввода-вывода, Мбайт/с	—	—	—	—	—	—
Потребляемая мощность, КВ·А	21	25	70	25	40	60
Площадь машинного зала, м²	100	150	200	108	120	230

Каналы ввода-вывода непосредственно взаимодействуют с центральными процессорами и основной памятью.

Средства контроля и восстановления предназначены для автоматизированного обнаружения ошибок (сбоев, отказов) в системе и исключения последствий их влияния на результаты выполнения вычислительного процесса, включают в себя средства аппаратурного контроля и диагностики, программные тесты и средства восстановления, внепрограммные (полуавтоматические) тесты локализации неисправности и средства реконфигурации.

Этапы развития ЕС ЭВМ: поколение первое (ЭВМ-1); второе поколение (ЭВМ-2); третье поколение (ЭВМ-3). Основные характеристики моделей ЕС ЭВМ приведены в табл. 5.4. В конце 70-х гг. был прекращен выпуск моделей первой очереди ЕС ЭВМ, однако они до сих пор достаточно широко используются.

Вторая очередь ЕС ЭВМ отличается большей производительностью центральных процессоров во всех классах машин и более высокой общей эффективностью системы, расширенными функцио-

ЕС ЭВМ-2					ЕС ЭВМ-3		
ЕС-1035	ЕС-1045	ЕС-1060	ЕС-1061	ЕС-1065	ЕС-1036	ЕС-1046	ЕС-1066
125—200	650 — 860	1000	1900—2000	5009	400	1300	Более 5000
80	530	350	—	—			
512	4000	8192	8192	16324	2 — 4 Мбайт	4 — 8 Мбайт	8—16 Мбайт
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
40	100	100	110	110	—	—	—
280	120	500	500	—	—	—	—
—	—	4	4	—	—	—	—
740	1500	1500—3000	1500—3000	3000			
—	4	3 — 6	3	7	4 (универсальная)	4	10
1,2	5	—	10,5	15	4,5	10	18
43	30	75	75	150	40	50	100
120	120	200	200	350	100	100	190

нальными возможностями технических и программных средств, повышенной емкостью оперативной и внешней памяти, более развитой номенклатурой устройств ввода-вывода, позволяет создавать на базе моделей все классы многопроцессорных и многомашинных вычислительных комплексов.

В 1983—1984 гг. завершилась разработка новых вычислительных машин (ЭВМ-3). При разработке новых моделей решались следующие задачи: дальнейшее улучшение технико-экономических характеристик, в основном за счет увеличения отношения производительность — стоимость; дальнейшее развитие средств, упрощающих эксплуатацию и обслуживание ЭВМ пользователями и повышающих надежность процесса обработки информации; повышение эффективности реализации принципов вируализации ресурсов вычислительной машины с помощью развития средств динамического микропрограммирования и микропрограммной реализации частей операционной системы виртуальных машин; подготовка к переходу на новую элементную и конструктивно-технологическую базу, предусматривающую использование БИС и СБИС.

В АСТПП нашли широкое применение **мини-ЭВМ (СМ ЭВМ)**, которые используются в системах управления технологическими процессами и агрегатами, автоматизации научных исследований и экспериментов, конструкторском и технологическом проектировании.

СМ ЭВМ включает в себя: процессоры различной производительности; оперативную (основную) память (ОП) (полупроводниковую и на ферритовых сердечниках) различной емкости; ряд внешних запоминающих устройств (ВЗУ), использующих накопители на магнитных лентах и магнитных дисках; широкий набор устройств ввода-вывода (УВВ), включающий печатающие устройства различной производительности, клавиатуры и устройства, работающие с перфолентой и перфокартами; устройства отображения, включающие алфавитно-цифровые и графические дисплеи; устройство связи с объектом (УСО); устройства дистанционной, внутрисистемной и межсистемной связи.

Программное обеспечение СМ ЭВМ построено по модульному принципу, что обеспечивает возможность компоновки программных средств в соответствии с требуемыми режимами работы и выполняемыми функциями при заданной конфигурации технических средств. В состав ПО входят операционные системы различного назначения, библиотеки программ, проблемно-ориентированные и процедурно-ориентированные ППП, сервисные и контрольно-диагностические программы.

Основные направления развития ПО для моделей второй очереди: обеспечение мобильности фонда системных и прикладных программ, накопленного для моделей первой очереди; создание эффективных проблемно-ориентированных средств программирования; освоение функциональных возможностей специализированных процессоров и комплексов.

Отличительными особенностями ЭВМ СМ 1420 являются: повышенная эффективная производительность, достигаемая за счет использования расширенного набора команд арифметики с плавающей точкой; встроенная память (ВП) 256 Кбайт; схемы адресации, допускающие расширение ОЗУ до 4 Мбайт; аппаратурная и микропрограммная реализация ряда функций; улучшенные эксплуатационные характеристики благодаря применению в процессоре, ОП, контроллерах развитых средств аппаратурного контроля и т. д.

Процессор имеет модульную структуру, обеспечивающую подключение к базовому процессорному «ядру» следующих моделей: процессора с плавающей точкой (ППТ), 46 команд; встроенной памяти (ВП) 256 Кбайт; средств, обеспечивающих диагностику остальных модулей процессора и ОП, а также выполнение процедур загрузки операционной системы (ОС) и работы с удаленной системной консолью.

В состав технических средств СМ ЭВМ входят устройства, позволяющие создавать иерархические двухуровневые сосредоточенные комплексы на базе различных моделей СМ и ЕС ЭВМ и других совместных с ними ЭВМ. Устройство сопряжения вычислительных машин (УСВМ) предназначено для организации многомашинных иерархических систем на базе моделей, использующихся в качестве интерфейсов подключения общие шины (ОШ) и ЕС ЭВМ.

Модели ЕС ЭВМ выступают в качестве центральной машины (ЦМ), а модели СМ ЭВМ — в качестве периферийной (ПМ).

Устройство УСВМ выступает в качестве периферийного устройства (ПУ) для каждой ЭВМ, работает как любой контроллер ПУ, используя команды для установления связи между каналами ввода-вывода ЦМ и ПМ и синхронизации их работы.

Взаимодействие устройства с ПМ организуется с помощью четырех программно-доступных регистров. Реализация алгоритмов взаимодействия УСВМ с ЦМ после программной инициации режима обмена осуществляется аппаратурным способом.

Устройство УСВМ со стороны ПМ управляется специальным драйвером, входящим в состав операционной системы (ДОС-АРМ, ФОБОС, ОСРВ), а со стороны ЦМ — с помощью программы, организующей соответствующие режимы обмена.

В СССР разработан и разрабатывается ряд **микроЭВМ**. Наиболее общие отличия этих ЭВМ от вычислительных машин системы СМ обусловлены архитектурой, организацией подсистем и связей между ними, системным интерфейсом (единая магистраль), специальными средствами, особенностями совместного применения с малыми ЭВМ системы СМ.

В зависимости от способа конструктивной реализации микроЭВМ делятся на одно- и многоплатные. В дополнение к основным платам процессора и памяти в конструктиве микроЭВМ можно устанавливать набор плат, обеспечивающих подключение к микро-

ЭВМ дисплеев, устройств ввода-вывода аналоговых сигналов, передачи данных по каналам связи и др.

МикроЭВМ типа «Электроника-60» относятся к классу многорегистровых ЭВМ с единой магистралью, предназначены для обработки информации и могут быть использованы для научно-технических и экономических расчетов, в системах управления технологическими процессами в качестве ЭВМ предварительной обработки информации при совместной работе с мини-ЭВМ.

Программное обеспечение микроЭВМ «Электроника-60» включает полный набор диагностических программ, позволяющих за минимальное время провести полную функциональную проверку машины.

Семейство микроЭВМ «Электроника НЦ» включает в себя модели, отличающиеся вычислительной мощностью и возможностями управления. Наиболее мощная — однокристальная микроЭВМ «Электроника НЦ-80» создана на СБИС, а одноплатная вычислительная система «Электроника НЦ-80-01» — на ее основе. Основные характеристики микроЭВМ приведены в табл. 5.5.

Дальнейшее развитие и эффективное использование автоматизированной ТПП зависит от широкого внедрения в практику работ автоматизированных рабочих мест (АРМ), которые позволяют эффективно осуществлять АСТПП на предприятиях, производящих РЭА.

Комплексы АРМ-1 (первого поколения) поставляются с базовым программным обеспечением (БПО), состоящим из операционных систем ДОС СМ, ДОС АРМ, специальных графических пакетов (БОГС, ГРАФОР, ДИАГРАФ), а также с тестовой системой КПТО-А.

Ввод в состав АРМ-1 ЭВМ с объемом ОЗУ до 128 Кслов (СМ-4) потребовало поставки пользователям операционной системы ОСРВ, обеспечивающей работу в многопользовательских режимах реального времени, разделения машинного времени, пакетной обработки. С началом серийного производства более совершенных технических средств в комплексы АРМ-1 введены или будут вводиться графические дисплеи «Графит» с рабочей зоной экрана

Таблица 5.5. Основные характеристики микроЭВМ

Характеристика	«Электроника-60»	«Электроника НЦ-80»	«Электроника ГЦ-80-01»	СМ 1800
Разрядность слова, бит	16	16/32	16/32	8
Количество команд:				
основных	64	120	120	78
двухадресных	8	—	—	—
Быстродействие, тыс. оп./с	250	550/250	550/250	500
Емкость ОП, Кбайт	56	128	16	64
Цикл обращения к ОП, мкс	0,7	—	—	—

240×340 мм. В составе дисплея имеются планшет ввода графической информации и специальный процессор, выполненные на базе микроЭВМ «Электроника-60»; малоформатный планшетный графопостроитель АП-7252-01 с рабочим полем 841×594 мм и скоростью вычерчивания до 180 мм/с; широкоформатный быстродействующий электростатический рулонный графопостроитель с рабочей зоной шириной до 420 мм и скоростью перемещения бумаги при нанесении изображения до 15 мм/с.

Параллельно с работами по модернизации комплексов АРМ-1 создаются автоматизированные рабочие места второго поколения (АРМ-2).

Модификации комплексов АРМ-2 должны обеспечивать решение задач: формирования и синтаксического контроля в интерактивном режиме входного задания на проектные работы; редактирования заданий по результатам контроля, проведенного на центральном процессоре и процессоре АРМ; оперативного отображения данных на дисплеях; анализа данных и вывода выборочных результатов в виде оперативных документов; формирования и отладки управляющих программ; формирования массива информации для выпуска комплекта документации.

Взаимодействие комплексов АРМ-2 с центральным процессором осуществляется через устройство сопряжения. Для обеспечения работы комплексов АРМ-2 кроме операционной системы ОСРВ требуется базовое информационно-программное обеспечение.

Проблемная ориентация модификаций комплексов АРМ-2 определяется подключением к базовому комплексу (БК) АРМ-2 проблемно-ориентированных технических средств и соответствующего этой модификации информационно-программного обеспечения.

Комплекс АРМ-2-01 выполняет в режиме взаимодействия с ЦП работы широкого круга по проектированию РЭА и изделий машиностроения, а именно: формирование заданий и выходной документации; функциональное проектирование аналоговых схем; функциональное проектирование цифровых устройств в сквозном цикле проектирования; функционально-техническое проектирование полосковых плат; конструкторско-технологическое проектирование изделий механообработки.

Комплекс АРМ-2-02 позволяет проектировать детали машиностроения, технологических процессов их изготовления, разрабатывать инструмент и оснастку в режиме взаимодействия с ЦП. Возможно использование АРМ-2-02 в автономном режиме для решения отдельных задач конструкторско-технологического проектирования типовых деталей.

Комплекс АРМ-2-03 разрабатывает программы для станков с ЧПУ и проектирует цифровую РЭА. В состав проблемно-ориентированного информационно-программного обеспечения должны вводиться ППП проектирования управляющих программ для станков с ЧПУ на основе описания чертежа обрабатываемой детали и топологических данных.

Комплекс АРМ-2-04 разрабатывает и редактирует программы и произвольную текстовую документацию. В состав специального программного обеспечения комплекса могут вводиться программы подготовки текстов, описанных на языках высокого уровня.

Комплекс АРМ-2-05 формирует и отлаживает управляющие программы (микропрограммы) микропроцессорных устройств.

Комплекс АРМ-2-07 предназначен для автоматизированного проектирования изделий радиоэлектроники и машиностроения, технологических процессов их изготовления и выполнения функций: ввода графической и текстовой информации, представленной на чертежах и эскизах; ведения архивов проектирования; редактирования графической и текстовой информации; вывода информации на графопостроитель и АЦПУ.

5.5. Программное и информационное обеспечение АСТПП

Эффективность эксплуатации АСТПП во многом зависит от математического и программного обеспечения.

Математическое обеспечение ТПП — совокупность методов, методик, математических моделей и алгоритмов проектирования, необходимых для автоматизированного решения задач технологии.

Программное обеспечение АСТПП — совокупность программ, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования. Систему программного обеспечения вычислительных систем можно разделить на две части — общее и специальное программное обеспечение.

Общее программное обеспечение — это стандартное математическое обеспечение, поставляемое вместе с вычислительными средствами. К нему относятся ОС, система управления базами данных (СУБД) и программное обеспечение локальной сети связи (рис. 5.4).

Операционные системы — это сложные программы для организации взаимодействия отдельных частей вычислительного оборудования ЭВМ, взаимодействия различных программ пользователей друг с другом и с общими данными (через системы управления БД).

Операционная система — это программная среда, в которой функционируют любые программы для данной ЭВМ.

В качестве ОС для мини-ЭВМ применяют операционную систему реального времени (ОСРВ), которая ориентирована на диски для хранения системы и системных файлов. Это позволяет реализовывать мультипрограммный и мультизадачный режимы выполнения задач реального времени, разделять ресурсы системы на базе приоритетов.

Система управления БД — комплекс взаимосвязанных программ, предназначенных для решения определенной задачи — обеспечения относительной независимости прикладных программ пользователя от конкретной организации массивов информации.

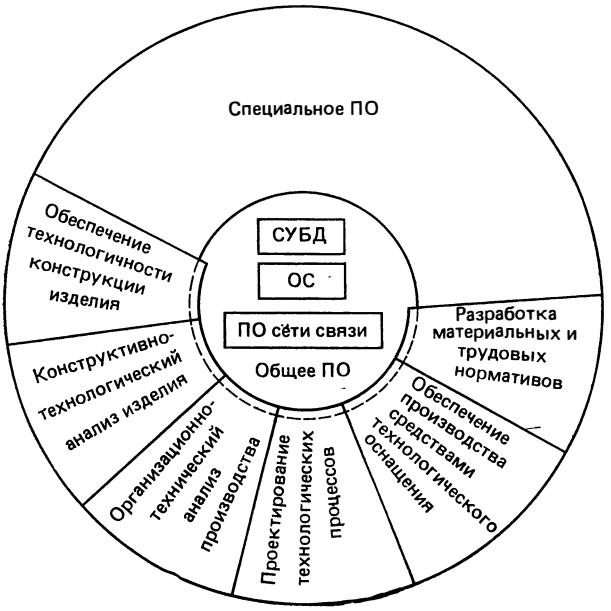


Рис. 5.4. Система программного обеспечения вычислительных систем

Система управления базой данных регулирует механизм доступа к данным, сохраняет исходные данные от уничтожения, создает новые или аннулирует ненужные связи, регулирует временные параметры процессов выборки в зависимости от заявок и их приоритетов, машинных ресурсов и т. д. Важнейшим свойством СУБД является то обстоятельство, что практически, с учетом некоторых ограничений, определяемых конкретной реализацией, одна и та же СУБД может быть использована для ведения совершенно различных массивов информации и позволяет кодировать вводимые данные однократно. Большое распространение в последнее время получила СУБД «Квант», реализованная на УВК СМ-4. Эта система обладает рядом преимуществ перед другими — простотой в обращении, независимостью программ от данных, возможностью использовать пакетный и интерактивный доступ, а также применять большой набор обслуживающих программ, позволяющих пользователю при минимальных усилиях создавать банк данных, поддерживать его и управлять банком данных, экономить объем памяти за счет хранения данных в сжатой форме и др.

Понятие «локальная сеть связи» возникло сравнительно недавно. Многие работы, проводимые в этом направлении, связаны с наметившейся тенденцией комплексной автоматизации производства изделий, их проектирования и ТПП. В нашей стране разработано аппаратное и программное обеспечение сети связи меж-

ду мини-ЭВМ СМ-4 и микроЭВМ «Электроника-60» (ППП СТО/РВ) [34]. Структура программного и информационного обеспечения планируется таким образом, чтобы не перегружать каналы связи. Качество функционирования локальной вычислительной сети определяется по времени ответа (реакции системы) на требование (директиву) пользователя [35]. *Время реакции* складывается из времени ввода директивы, времени передачи между узлами сети, времени коммутации в каждом узле сети, времени обработки на каждом уровне сети и времени вывода ответа на директиву пользователя.

Вопросы информационного обеспечения занимают одно из важнейших мест в АСТПП. От решения их в значительной степени зависит эффективность функционирования АСТПП.

Информационное обеспечение АСТПП — процесс предоставления информации по запросам, осуществляемый с помощью системы, которая представляет из себя совокупность массивов конструкторско-технологической информации; языковых средств и процедур, обеспечивающих преобразование массивов данных, представленных на естественном или другом языке описания объекта, в данные, представленные на языке ЭВМ; процедур и средств управления массивами данных. Основная задача информационного обеспечения АСТПП — полное, достоверное и своевременное обеспечение всей необходимой информацией для решения задач системы.

Основным понятием информационного обеспечения АСТПП является *база данных* — это некоторая совокупность упорядоченных данных, необходимых для решения комплекса задач АСТПП.

В общем случае в состав базы технологических данных включаются: данные о средствах технологического оснащения; данные об обрабатываемых материалах; нормативно-справочные данные; управляющие программы и сопроводительная документация; данные о состоянии оборудования и др.

Основные структуры базы данных: иерархическая; сетевая; реляционная; смешанная.

Характер данных, входящих в состав базы технологических данных, наилучшим образом соответствует реляционной структуре, которая состоит из совокупности таблиц, каждая из которых есть совокупность записей одного типа. Структура базы данных должна обеспечивать объединение данных, допускающее совместное их использование функциональными модулями для различных задач с учетом возможной интеграции с САПР, АСУП и т. д. [36].

База данных представляет собой совокупность массивов, обеспечивающих хранение информации без дублирования, а также простой и оперативный поиск ее по запросу.

Устанавливаются следующие этапы проведения работ по определению состава и структуры информационных массивов: определение состава выходной информации, состава входной информации и структуры информационных массивов.

При определении состава выходной информации необходимо: установить форму представления выходной информации и вид машинного носителя; установить состав промежуточных и выходных информационных массивов; увязать выходную информацию задачи с входной информацией, используемой в решении других задач.

При определении состава входной информации требуется установить: состав массивов нормативно-справочной информации; состав оперативных входных информационных массивов; условия сбора, передачи, накопления и хранения информации.

Структуру информационных массивов устанавливают характер длины записи информационных массивов и представления реквизитов информационных массивов (вид представления, диапазон изменения, значность и др.), структура записей и макеты их размещения на машинных носителях.

5.6. Комплексная автоматизация подготовки управляющих программ

Важное место в автоматизации технологических процессов в машиностроении занимает программное управление металлорежущими станками.

Системы программного управления технологическим оборудованием могут быть цикловыми (ЦПУ), числовыми (ЧПУ), с прямым управлением от ЭВМ.

Более подробно рассмотрим подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ, которые обеспечивают автоматическое программное управление движениями рабочих органов станка, скоростью их перемещения при изготовлении детали, а также последовательностью операций, режимами обработки и др. Учитывая современную тенденцию роста производства станков с ЧПУ, можно с уверенностью сказать, что в условиях серийного и мелкосерийного производства их объем в ближайшем будущем составит 70% общего парка станков.

Эффективность эксплуатации станков с ЧПУ во многом зависит от снижения трудоемкости разработки УП, в разработке которых наибольшую сложность представляет расчет программ. Под расчетом УП понимается совокупность всех математических и логических действий (операций), которые необходимо произвести над исходными геометрическими и технологическими данными.

В [37] рассмотрена условная классификация уровней автоматизации ТПП для станков с ЧПУ (табл. 5.6). Рассмотрим кратко уровни автоматизации.

Первый уровень характерен для производства с небольшим парком станков с ЧПУ и простых по конфигурации деталей. В этом случае разработка технологических процессов и расчет программ производятся в основном вручную.

На втором уровне с помощью ЭВМ осуществляется автоматизированный расчет траектории движения инструмента и изготовления перфоленты для станка.

Таблица 5.6. Уровни автоматизации ТПП для станков с ЧПУ

Этап работ	Уровень				
	1	2	3	4	5
Классификация и группирование деталей	Р	А	А	А	А
Выбор оптимального варианта технологического процесса	Р	А	А	А	А
Разработка сводного технологического маршрута	Р	А	А	А	А
Разработка операционной технологии	Р	А	А	А	А
Расчет режимов резания	Р	А	А	А	А
Разработка расчетно-технологической карты с траекторией движения инструмента	Р	Р	—	—	—
Расчет и описание траектории движения инструмента на языке интерполятора	Р	—	—	—	—
Изготовление перфоленты для интерполятора	М	А	—	—	—
Интерполирование и запись программы на магнитную ленту для станков с контурными системами управления	А	А	—	—	—
Описание траектории движения инструмента на языке САП	—	Р	М	М	М
Подготовка программоносителей для ввода в ЭВМ	—	М	—	—	—
Расчет программы на ЭВМ и получение перфоленты для интерполятора или станка	—	А	А	А	А
Контроль перфоленты на графопостроителе	М	М	А	А	А
Передача перфоленты (программы) на станок	Р	Р	Р	А	А
Отладка и корректировка программ на станке	Р	Р	Р	А	А

Примечание: Р — ручной метод; М — механизированный с помощью аппаратурно-технических средств; А — автоматизированный с помощью ЭВМ.

Третий уровень характерен тем, что при подготовке программ для станков с ЧПУ снижается трудоемкость описания траектории движения инструмента на языке САП и автоматизируется этап контроля перфоленты на графопостроителе.

На четвертом уровне ЭВМ непосредственно связывается со станками по каналам связи. Это устраняет передачу перфоленты на станок. На этом уровне наиболее узким местом остается труд технологов, готовящих описания траекторий движения инструментов при обработке детали и производящих отладку программ на станке. В дальнейшем при поступлении на вход АСТПП информации непосредственно с САПР на машинном конструкторско-технологическом языке будет исключена необходимость в описании геометрии детали или траектории движения инструмента.

Пятый уровень предполагает широкое использование обратной связи, позволяющей контролировать работу каждого станка как элемента общей автоматизированной производственной системы. Такая обратная связь позволит обеспечить автоматическую реакцию системы на различного рода отклонения от заданной программы участка и автоматическую реакцию каждого станка на отклонения детали от заданного размера.

Обычно работа системы автоматизированного проектирования проходит по принципу препроцессор — процессор — постпроцессор. Препроцессор предназначен для проверки входной информации на синтаксис и логику поступления данных. Процессор осуществляет геометрические технологические расчеты. Результатом работы процессора являются координаты движения инструмента и технологические режимы. Выход процессора (промежуточные данные) не зависит от конкретной модели системы ЧПУ станка. Промежуточные данные формируются в формате ИСО CLDATA. Массив CLDATA является совокупностью логических записей, каждая из которых несет информацию о участке траектории, либо о вспомогательных командах, данных об инструменте, оснастке и др. По окончании работы процессор передает управление постпроцессору, тем самым осуществляется второй этап работы автоматизированной системы. Постпроцессор формирует управляющую программу обработки детали, адаптированную к конкретной модели станка и системы ЧПУ.

Преимуществом такой разработки УП является то обстоятельство, что отпадает необходимость для каждого сочетания система управления — станок разрабатывать новую систему автоматизации программирования (САП). Обычно САП включает в себя достаточно большое число постпроцессоров.

К функциям постпроцессора относятся: считывание данных, подготовленных процессором; перевод их в координатную систему станка; проверка по ограничениям станка; формирование «технологических» команд (на смену инструмента, на включение шпинделя и др.); назначение величин подачи с учетом ограничений, связанных с характером движения, допустимым диапазоном подач; диагностика ошибок; выдача управляющей ленты и листинга (распечатка) управляющей программы; выполнение ряда сервисных функций (подсчет длины перфоленты, времени обработки и др.).

В качестве примера рассмотрим возможности разработанной системы ТАУ-СМ. Исходные данные вводятся в ЭВМ на входном языке в виде последовательности операторов, определяющих геометрические параметры детали и заготовки с указанием зон обработки, характеристики материала, требуемой точности и шероховатости поверхностей. Элементы обрабатываемого контура детали разделяют на основные, сопрягающие и дополнительные, что резко сокращает объем исходных данных.

Основные элементы формируют контур детали. К сопрягающим элементам относятся фаски и скругления, к дополнительным — различные канавки и углубления. Основные элементы контура нумеруют последовательно, начиная с левого торца, по часовой стрелке. Контур детали описывают как замкнутый. Прямые линии определяют с помощью горизонталей, заданных диаметром, вертикалей, заданных координатой X, и наклонных, заданных двумя точками, либо точкой и углом α, либо расстоянием от параллельной наклонной прямой. Сопрягающие элементы (фаски Ф и

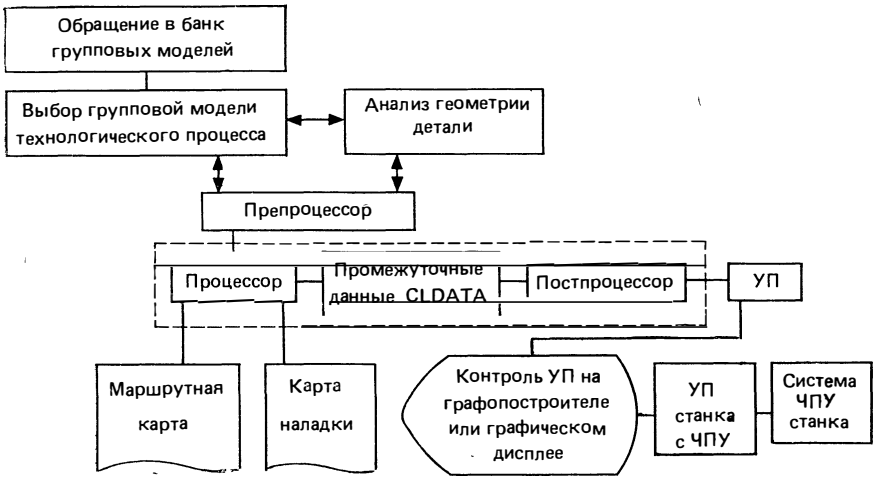


Рис. 5.5. Схема работы системы автоматизированного проектирования для станков с ЧПУ

скругления С) записывают в строке, где описан основной элемент, после которого они находятся.

Для описания заготовки и формирования зон можно использовать вспомогательные прямые, задаваемые подобно основным. Задание технологической информации сводится к указанию установки и описанию зон обработки. В системе предусмотрено использование следующих зон: выборки, контурной, комплексной, стандартной, точечной, сверления и резьбы.

Подробно входной язык описания детали, заготовки и групповых моделей технологических процессов в системе ТАУ-СМ рассмотрен в [38]. Общее время подготовки УП в зависимости от сложности детали и уровня автоматизации системы составляет 0,5—2 ч.

Схема работы системы автоматизированного проектирования для станков с ЧПУ представлена на рис. 5.5.

5.7. Создание интегрированной системы САПР/АСТПП/АСУП/ГПС

Актуальность создания интегрированных систем связана с тем, что их эффективность значительно выше, чем суммарный эффект от внедрения автоматизированных систем в отдельности. Такие системы имеют важное значение прежде всего для крупных научно-производственных объединений. Это объясняется следующими особенностями: сложностью функционально-производственной структуры, требующей больших вычислительных мощностей; многоуровневой структурой; высокими скоростями протекания взаимосвязанных производственных процессов и необходимо-

стью координации их в реальном масштабе времени; пространственной разобщенностью систем.

Развитая интегрированная система должна охватывать все этапы проектирования — от ввода исходного алгоритма функционирования проектируемого объекта до выдачи необходимой и достаточной для изготовления проектируемого объекта проектной документации с целесообразным включением интерактивных процедур (интеграция по глубине) и использованием диалога проектировщика с ЭВМ.

Различают следующие основные формы интеграции:

функциональная, обеспечивает единство целей, совокупность согласованных критериев управления и взаимодействие реализуемых систем функций;

информационная, предусматривает возможность создания банка данных, базирующегося на единой системе накопления и обновления информации; техническая, при которой реализуется применение многомашинных комплексов, семей ЭВМ и пр.;

организационная, обеспечиваемая рациональным сочетанием возможностей персонала и техники в едином человеко-машинном комплексе, четким распределением задач, прав и обязанностей между участниками процесса управления, находящимися на всех уровнях иерархии;

программно-алгоритмическая, предусматривает наличие взаимосвязанного комплекса моделей, алгоритмов, операционных систем и прикладных программ [39].

Передача информации между подсистемами интегрированной системы осуществляется на основе однократного ввода исходной информации, позволяющего получить все результирующие данные, необходимые для принятия решения на различных уровнях проектирования и управления, а также ликвидировать автономные, во многом дублирующие друг друга системы сбора и обработки информации.

Создание эффективной интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ) на базе САПР, АСУП, АСТПП невозможно без научного анализа и учета свойств и закономерностей развития систем. Необходимо также определить информационные взаимосвязи.

САПР использует получаемую от АСУП информацию о плановых сроках разработки изделия в целом и его составных частей; о нормативно-технических документах с указанием нормативов работы оборудования и инструмента, наличия и использования основных фондов, нормативов для планирования рентабельности, себестоимости, сводных нормативов расхода сырья, материалов и др.

САПР использует от АСТПП следующую информацию: об ограничениях по технологическим нормам, которые следует обеспечить при проектировании изделия; классификаторах ДСЕ, установочных и крепежных элементах и др.; нормативно-справочную информацию, о групповых заготовках для производства печатных плат, контрольном оборудовании, управляющие программы для

которого разрабатываются одновременно с проектированием изделия, и др.

АСТПП использует от САПР информацию о полном составе конструкторской документации с указанием применяемости; конструкторскую документацию на оснастку (фотошаблон и др.); технико-экономические характеристики изделия.

АСТПП использует следующую информацию от АСУП: план производства; данные по состоянию оборудования и обеспеченности материальными ресурсами.

Связь на входе АСТПП представляется совокупностью параметров, описывающих конструктивно-технологические характеристики объектов (геометрию, размеры, состав, точность обработки, материал и т. д.), производственные условия (наличие оборудования, оснащения, трудовых ресурсов, сырья и т. д.) и внешних управляющих воздействий (планы производства, сроки освоения, ограничения по трудоемкости изготовления и т. д.).

Вывод системы АСТПП в общем виде описывается совокупностью параметров технологических процессов, содержащих информацию о методах и способах изготовления изделий, средствах их производства — оборудовании, оснащении, инструменте, а также критериях их эффективности — трудоемкость, материалоемкость, надежность и т. д.

Автоматизированное управление системой ТПП заключается не только в том, чтобы удержать параметры входов и выходов системы в определенном интервале, но и в том, чтобы в необходимый срок отыскать из большого числа типовых технологических решений то, которое соответствует ситуации на входе.

АСУП использует от САПР следующую информацию: о завершении проектирования составных частей и изделия в целом; о материалах, покупных изделиях и т. п.; о спроектированном изделии, запланированном к изготовлению, и т. д.

АСУП получает от АСТПП нормативы времени на изготовление ДСЕ, настройку оборудования и приспособлений, технологические маршруты изготовления деталей изделия, данные по оборудованию, оснастке, инструменту, материальные нормативы, классификаторы технологической информации и т. д.

Созданию интегрированных систем за рубежом уделяется неослабное внимание. Например, фирме Hughes Aircraft (США) с помощью системы автоматизации разработки конструкторской и технологической документации удалось повысить производительность труда конструкторов более чем в 4 раза, сократить время для отладки управляющих программ станков с ЧПУ.

На фирме Rockwell International [40] за счет автоматизации удалось повысить производительность труда при решении ряда инженерных задач в десятки раз и окупить затраты на приобретение вычислительных средств в течение года.

Накапливаемая в САПР информация о проектируемых изделиях рассматривается как исходная для разработки технологической документации, планирования потребностей в материалах и

комплектующих изделиях, составления программ для оборудования с ЧПУ [40].

Опыт показывает, что экономический эффект от применения в АСТПП и АСУП данных от САПР может в 5—10 раз превысить эффект от использования САПР.

6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДСТВАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

6.1. Функции и задачи подсистемы производства СТО

Подсистема обеспечения производства технологической оснасткой — это установленная на принципах ЕСТПП подсистема организации и управления процессом обеспечения производства технологической оснасткой (ОПТО), предусматривающая широкое использование достижений науки, техники и производственного опыта, обусловленных развитием научно-технического прогресса в отраслях машино- и приборостроения.

Назначение подсистемы заключается в установлении для предприятий и организаций в отраслях, производящих РЭА, единого системного подхода к выбору и применению прогрессивных и рациональных методов и средств ОПТО, а также в установлении рациональных взаимосвязей ОПТО с другими системами и подсистемами управления производством.

Основные цели подсистемы — сокращение сроков и снижение затрат на оснащение рабочих мест технологической оснасткой, обеспечивающей высокую готовность производства и качество изделий; планомерное и пропорциональное развитие производства технологической оснастки, соответствующее развитию производства изделий. ОПТО включает решение задач, сгруппированных по следующим подфункциям [28]: проектирование технологической оснастки; производство технологической оснастки; эксплуатация технологической оснастки; организация и управление процессом ОПТО. Перечислим теперь основные задачи по каждой из подфункций.

Подфункция «Проектирование технологической оснастки»: выбор рациональных конструкций технологической оснастки с использованием информационно-поисковых систем; разработка конструкторской документации на универсальную и специализированную переналаживаемую оснастку; разработка конструкторской документации на специальную технологическую оснастку; технологический контроль конструкторской документации; нормализационный контроль конструкторской документации; изготовление подлинников конструкторской документации; учет применяемости

конструкторской документации; унификация и стандартизация технологической оснастки и ее элементов; разработка конструкторских норм и правил проектирования технологической оснастки.

Подфункция «Производство технологической оснастки»: формирование и специализация подразделений и рабочих мест в цехах технологической оснастки; разработка технологических процессов изготовления технологической оснастки с использованием информационно-поисковой системы; нормирование технологических процессов изготовления технологической оснастки; разработка конструкторской документации на нестандартную технологическую оснастку с использованием информационно-поисковой системы; комплексная унификация и стандартизация элементов производственного процесса (технологических процессов и нестандартной технологической оснастки); учет применяемости элементов производственного процесса; материальная подготовка производства; учет и контроль выполнения плана технико-экономических показателей; управление качеством изготовления технологической оснастки.

Подфункция «Эксплуатация технологической оснастки»: расчет норм расхода технологической оснастки; расчет эксплуатационных фондов технологической оснастки; расчет оборотных фондов технологической оснастки; обеспечение рабочих мест технологической оснасткой, в том числе универсально-сборной и переналаживаемой; планово-предупредительный ремонт технологической оснастки; учет, хранение и списание технологической оснастки; анализ состояния эксплуатации технологической оснастки и разработка организационно-технических мероприятий на ее совершенствование.

Подфункция «Организация и управление процессом ОПТО»: расчет годовой потребности в технологической оснастке и определение источников покрытия потребности; расчет мощностей производственных и технических подразделений ОПТО; формирование и совершенствование организационной структуры подразделений ОПТО; организация и управление поставками технологической оснастки (фондовыми, централизованными и по кооперации); расчет потребности в материалах, полуфабрикатах и покупных изделиях (в том числе стандартных деталях, сборочных единицах и заготовках) для производства и эксплуатации технологической оснастки; организация и управление проектированием технологической оснастки; технико-экономическое планирование производства технологической оснастки; оперативное планирование производства технологической оснастки; оперативное планирование (учет, контроль, регулирование) производством технологической оснастки; организация и управление эксплуатацией технологической оснастки; анализ научно-технического уровня ОПТО; разработка и осуществление организационно-технических мероприятий по совершенствованию и планомерному развитию ОПТО; формирование и ведение системы нормативов ОПТО, включаю-

щей планово-календарные, трудовые, материальные, эксплуатационные нормативы и нормативы качества.

Технологическая оснастка должна проектироваться с использованием лучших достижений техники и практики конструирования, в том числе с применением средств механизации и автоматизации инженерных расчетов, графических и множительных работ, операций поиска информации. Следует создавать информационно-поисковые системы (ИПС) технологической оснастки, обеспечивающие рациональный, экономически обоснованный выбор системы оснастки и ее конструкции. Следует обеспечить также комплексную унификацию и стандартизацию универсальной и специализированной переналаживаемой оснастки, деталей, сборочных единиц и заготовок специальной оснастки.

В конструкциях оснастки необходимо предусмотреть максимальное использование базовых частей, наладок, стандартных и унифицированных деталей, сборочных единиц, заготовок, конструктивных элементов.

При разработке и внедрении оснастки первостепенное внимание нужно уделить прогрессивным конструкциям. Желательно создавать универсальную и специализированную оснастку такой конструкции и из таких материалов, которые обеспечили бы высокую производительность при изготовлении продукции и при этом высокую стойкость самой оснастки. Конструкция оснастки и материалы, из которых она изготавливается, должны способствовать сокращению сроков и затрат на ее проектирование и производство.

В гл. 1 рассмотрена информационная модель системы ТПП, в частности выполненная графическим способом. Как известно, графическая информационная модель системы ТПП представляет схематическое ее описание. Типовая графическая информационная модель функции ОПТО представляет собой схематическое описание подсистемы ОПТО и является основным документом типового проекта организации и управления процессом его на предприятии.

Типовая модель отражает: подфункции подсистемы ОПТО; состав типовых задач по подфункциям; последовательность решения задач; внутренние и внешние взаимосвязи; основные материальные потоки; входную информацию, необходимую для решения задач, и выходную информацию, получаемую при их решении; виды носителей информации.

Типовая модель предназначена для разработки на ее основе информационных моделей и других документов ОПТО предприятий. Цель типовой модели — обеспечить единый системный подход в принятии решений при разработке проектов организации и управления процессом ОПТО предприятий, в установлении рациональных взаимосвязей с другими информационными системами предприятий.

В состав документации типовой модели ОПТО входят: схема функций; перечень функций и задач; схема задач по функциям, в

том числе организация и управление процессом ОПТО; проектирование технологической оснастки и технологических процессов ее изготовления; производство технологической оснастки; организация эксплуатации технологической оснастки.

Инструментальное хозяйство предприятия, включающее технические и производственные подразделения, организуется для централизации управления и единства ответственности за весь комплекс работ, связанных с бесперебойным обеспечением производства качественной технологической оснасткой и инструментом. В структуру инструментального хозяйства предприятия входят следующие подразделения: инструментальный отдел или бюро инструментального хозяйства, инструментальный цех или инструментальный участок, цех (участок) ремонта технологической оснастки и централизованной заточки инструмента, центральный инструментальный склад; группа инструментального хозяйства основных и вспомогательных цехов; участок универсально-сборной и переналаживаемой оснастки.

Организационная структура инструментального хозяйства предприятия зависит от численности работающих. Различные виды организационных структур инструментальных хозяйств приведены в [30].

6.2. Автоматизация проектирования оснастки

Система автоматизированного проектирования технологической оснастки (САПР ТО) является системой, осуществляющей подфункцию проектирования ТО в автоматизированном режиме. САПР ТО обеспечивает инструментальное производство конструкторско-технологической документацией и управляющими программами для программно-управляемого оборудования, которое используется при изготовлении ТО.

Следует отметить, что САПР ТО принципиально не отличается от САПР основного производства по всем аспектам, а классификация и кодирование информации ведутся с использованием классификаторов [14, 16, 17]. САПР ТО — это прежде всего комплекс алгоритмов, программных и технологических средств, построенных на базе материальных моделей и формального описания методов конструкторско-технологического проектирования. Функционирование САПР ТО обеспечивают компьютеры типа ЕС ЭВМ и АРМ в двух режимах: интерактивном и автоматическом. В интерактивном режиме осуществляется анализ промежуточных решений и последующая подготовка на его основе исходных данных для дальнейшего решения задач. В автоматическом режиме анализ человеком промежуточных решений не производится.

Основные цели САПР ТО: сокращение сроков конструкторского и технологического проектирования, а также уменьшение его себестоимости; повышение качества конструкторской и технологической документации; повышение организационного и технологического уровня служб технологической подготовки производства.

Очевидно, что САПР ТО должно допускать возможность эффективного взаимодействия с другими системами, например с АСУП, АСУТП, АСТПП и т. д.

При построении САПР необходим системный подход к построению, развитию и модернизации системы, а также структурный подход к программированию. Элементы системы должны создаваться на базе стандартизации и унификации элементов системы.

Системный подход и возможность развития и модернизации системы обеспечиваются: разработкой структуры и функциональных связей между задачами на основе конечного результата проектирования; сравнением возможных решений и выбором оптимального варианта решения на отдельных этапах проектирования; сравнением возможных решений и выбором оптимального варианта решения на отдельных этапах проектирования; решением отдельных задач локально; единством информационной базы; этапностью внедрения разработок.

В САПР ТО стандартизуются: состав и структура задач проектирования, информационные массивы; формы входных и выходных документов по каждой задаче; методы проектирования; алгоритмы и процедуры решений задач.

Нормальное функционирование САПР ТО невозможно без технического, информационного, математического, программного и организационного обеспечения.

Технические средства реализуют технологический процесс преобразования информации в ходе автоматизированного проектирования. Функционирование САПР ТО базируется в настоящее время на комплексе технических средств третьего поколения, к которым относят ЭВМ ЕС-1033 (ЕС-1022) и АРМ-М/СМ. Допустимо также использование на больших предприятиях ЕС-1060 в сочетаниях с АРМ-М/СМ. Как известно, ЭВМ типа ЕС-1060 отличаются от ЭВМ типа ЕС-1033 (ЕС-1022) большим объемом памяти и быстродействием.

Информационное обеспечение предназначено для сбора, хранения, поиска, корректировки и автоматизированной обработки оперативной нормативно-справочной и других видов информации, используемой в ходе автоматизированного проектирования ТО.

Применение системного подхода к информационному обеспечению САПР ТО позволяет использовать одноразовый ввод информации, обеспечить максимально возможную независимость данных от использования их в прикладных программах, автоматизировать доступ к данным, обеспечить их неизбыточность, а также интегрированно хранить и дифференцированно использовать данные, осуществлять унификацию, типизацию и стандартизацию объектов информационного обеспечения, использовать разнообразные структуры данных.

Математическое обеспечение САПР ТО предназначено для автоматизации вычислительного процесса на ЭВМ при программировании, отладке и решении задач САПР ТО, разрабатывается на базе математического обеспечения ЭВМ и АРМ и включает в се-

бя машинное общесистемное и специальное математическое обеспечение.

Машинное математическое обеспечение содержит набор основных операционных систем, ППП и комплексов программ технического обслуживания, обеспечивает эффективное использование ЭВМ и технических средств, сопрягаемых с ЭВМ.

Общесистемное математическое обеспечение включает в себя ППП многократного применения, способных расширить возможности машинного математического обеспечения. Это позволяет работать системе в диалоговом режиме в реальном масштабе времени, применять дисплеи, системы программирования на языках описания объектов, стандартные программы научно-технических и инженерных расчетов.

Специальное математическое обеспечение состоит из комплекта алгоритмов и программ, с помощью которых на ЭВМ моделируются процессы САПР ТО.

Программное обеспечение, включающее в себя комплект машинных программ, необходимых для функционирования системы, должно соответствовать существующим государственным стандартам Единой системы программной документации.

Организационное обеспечение предназначено для реализации процесса внедрения и эксплуатации системы с помощью регламентации правил и норм по применению автоматизированных методов решения целевых задач, включает в себя совершенствование производственной структуры служб, осуществляющих автоматизированное проектирование и взаимодействующих между собой, а также комплекс типовых положений и инструкций. Программное обеспечение организации САПР ТО должно базироваться на унифицированных модулях-программах, а само организационное обеспечение должно быть взаимосвязано с существующей структурой предприятия.

В настоящее время на предприятиях, производящих технологическую оснастку, необходимую для изготовления РЭА, САПР ТО начинает получать большое распространение. В частности, внедрены в производство подсистемы «Формирование чертежей в САПР пресс-форм с выталкивателями для литья под давлением изделий из термопластов» и «Разработка САПР сменных пакетов специализированных разделительных штампов с нижним прижимом заготовки простого и совмещенного действия».

При разработке САПР сменных пакетов специализированных разделительных штампов в автоматизированном режиме применялись ЕС ЭВМ с оперативной памятью не менее 512 Кбайт и АРМ-М/СМ-3, СМ-4. ЭВМ и АРМ работали совместно с устройством АП-5080 (для преобразования кодов, используемые в графопостроителе) и графопостроителем АП-7251.

В условиях мелкосерийного и единичного производства изготовление для каждой отдельной детали своего специального разделительного штампа (с нижним прижимом заготовки) простого и совмещенного действия экономически нецелесообразно, ибо высо-

кая стоимость этого вида оснастки не окупается. Поэтому рекомендуется применять штамповки с использованием оснастки, которую можно использовать для производства разных деталей. Такой оснасткой будет штамп, включающий в себя набор сменных пакетов. Экономически выгодно проектировать с помощью ЭВМ и графопостроителя именно формообразующие части сменных пакетов: сведения о геометрии требуемой детали вводят в ЭВМ (АРМ-М/СМ-3), которая соединена с ЭВМ ЕС-1060, содержащей необходимую информацию для реализации различных задач. На АРМ проектируется формообразующая часть сменного пакета и УП для его изготовления. С помощью устройства АП-5080 происходит преобразование сигналов, поступающих с АРМ на графопостроитель АП-7251, на котором вычерчиваются формообразующие элементы сменного пакета. Планируемая производительность системы с оптимальным набором технических средств должна составить не менее 300 комплектов в год для каждого предприятия.

В настоящее время на предприятиях, производящих РЭА, большое внимание уделяется совершенствованию подсистемы организации и управления процессом обеспечения производства СТО за счет внедрения АСУ на базе вычислительного комплекса серии ЭС.

При использовании АСУ инструментального цеха система формирует: план по номенклатуре; план-график запуска (выпуска) оснастки; загрузку оборудования; портфель заказов; отчет цеха за месяц; сменно-суточное задание; технологические процессы на изготовление стандартизованных деталей. Система предусматривает ввод в ЭВМ информации с конструкторской документации и с машинных носителей информации.

При использовании АСУ для совершенствования организации и управления процессом обеспечения производства покупным инструментом система состоит из подсистемы нормативно-справочной информации и подсистемы учета и планирования покупного инструмента. Система в целом обеспечивает обработку входной информации и унифицированных общесоюзных и отраслевых документов по учету товарно-материальных ценностей.

Классификация и кодирование технико-экономической информации построены на базе общесоюзных классификаторов. Система решает комплекс задач: учет наличия и движения инструмента на предприятии; расчет норм расхода инструмента и лимитных карт; контроль и выдача инструмента с центрального инструментального склада в пределах лимита; формирование сводных бухгалтерских документов по видам операций движения и по направлениям затрат на производство.

Функционирование системы позволяет организовывать централизованное своевременное обеспечение цехов предприятия покупным инструментом в заданных количествах, сокращать запасы инструмента на складе предприятия и в кладовых цехов, контролировать получение инструмента в пределах лимита в натуральном и стоимостном выражении.

Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для некоторых групп изделий

Приведем рекомендуемый перечень и ранжированную последовательность частных показателей технологичности для некоторых видов изделий (табл. П1—П12): радиореле, телевизионная техника (не бытовая), абонентская телефонная техника и т. д.

Сведения отражают практику предприятий-разработчиков в области отработки на технологичность создаваемых ими конструкций. При разработке новых изделий аналогичного назначения эта информация может быть использована в первую очередь для ориентировки, т. е. она лишь в первом приближении помогает выбрать номенклатуру частных показателей технологичности и их ранг. Окончательное же решение о составе коэффициентов и весомости каждого из них можно вынести только с учетом изложенного в гл. 3.

В табл. П13 приведены нормативы комплексных показателей технологичности для телевизионной аппаратуры (табл. П4—П7). Обращает на себя внимание невысокое значение комплексных показателей для некоторых видов устройств (до 0,5). Очевидно, изготовление столь нетехнологичных изделий возможно лишь в том случае, когда имеет место разработка, позволяющая получить устройство с принципиально новыми функциональными свойствами.

Приведенные в табл. П13 цифры, естественно, должны корректироваться по мере накопления статистических данных и перехода на телевизионную аппаратуру следующего поколения.

Таблица П1. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для реле электромагнитных (нейтральных и поляризованных)

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент освоенности деталей	$K_{осв}$	1	1
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	2	1
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	3	0,8
Коэффициент параллельности сборки	$K_{п.сб}$	4	0,5
Коэффициент использования материала	$K_{и.м}$	5	0,3
Коэффициент применения типовых технологических процессов	$K_{т.п}$	6	0,2

Таблица П2. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для реле герконовых

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_ф$	1	1
Коэффициент использования материала	$K_{и.м}$	2	1
Коэффициент применения типовых технологических процессов	$K_{т.п}$	3	0,8
Коэффициент повторяемости деталей и сборочных единиц	$K_{пов}$	4	0,5
Коэффициент освоенности деталей	$K_{осв}$	5	0,3

Таблица П3. Номенклатура частных показателей технологичности для реле электронных на печатных платах

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент освоенности деталей	$K_{осв}$	1	1
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	2	1
Коэффициент параллельности сборки	$K_{п.сб}$	3	0,8
Коэффициент применения типовых технологических процессов	$K_{т.п}$	4	0,5

Таблица П4. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для телевизионных электронных устройств, спроектированных с использованием базовых несущих конструкций (БНК)

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{м,м}$	1	1
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	2	1
Коэффициент применения микросхем и микросборок	$K_{мс}$	3	0,8
Коэффициент прогрессивности формообразования	$K_ф$	4	0,5
Коэффициент освоенности деталей	$K_{осв}$	5	0,3

Таблица П5. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для телевизионных электронных устройств, спроектированных без использования БНК

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной поности	Коэффициент весомости
Коэффициент освоенности	$K_{осв}$	1	1
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	2	1
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{м,м}$	3	0,8
Коэффициент применения микросхем и микросборок	$K_{мс}$	4	0,5
Коэффициент прогрессивности формообразования	$K_{ф}$	5	0,3
Коэффициент точности обработки	$K_{тч}$	6	0,2

Таблица П6. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для конструкций устройств регистрации и хранения информации (видеомагнитофонов, фоторегистрирующих устройств и т. д.)

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент точности обработки	$K_{тч}$	1	1
Коэффициент прогрессивности формообразования	$K_{ф}$	2	1
Коэффициент освоенности деталей	$K_{осв}$	3	0,8
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	4	0,5
Коэффициент использования материала	$K_{и.м}$	5	0,3

Таблица П7. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для телевизионных устройств (электромеханических камер, антенн приводов и т. д.)

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент точности обработки	$K_{тч}$	1	1
Коэффициент прогрессивности формообразования	$K_{ф}$	2	1
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	3	0,8
Коэффициент освоенности деталей	$K_{осв}$	4	0,5
Коэффициент использования материала	$K_{и.м}$	5	0,3

Таблица П8. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для конструкции аппаратуры высокочастотных систем передачи, абонентской телефонной техники и специальной измерительной техники

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{м,м}$	1	1
Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{м.п.ЭРЭ}$	2	1
Коэффициент применения микросхем и микросборок	$K_{мс}$	3	0,8
Коэффициент повторяемости печатных плат	$K_{пов.п.п}$	4	0,5
Коэффициент применения типовых технологических процессов	$K_{т.п}$	5	0,3
Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля	$K_{а.р.к}$	6	0,2

Таблица П9. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для конструкции приемных устройств магистральной связи

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{м,м}$	1	1
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	2	1
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	3	0,8
Коэффициент применения типовых технологических процессов	$K_{т.п}$	4	0,5
Коэффициент использования материала	$K_{и.м}$	5	0,3
Коэффициент повторяемости печатных плат	$K_{пов.п.п}$	6	0,2

Таблица П10. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для аппаратуры передачи и обработки информации (премно-передающих устройств)

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{м,м}$	1	1
Коэффициент применения микросхем и микросборок	$K_{мс}$	2	1
Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{м.п.ЭРЭ}$	3	0,8
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	4	0,5
Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля	$K_{а.р.к}$	5	0,3
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	6	0,2
Коэффициент применяемости типовых технологических процессов	$K_{т.п}$	7	0,1

Таблица П11. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для аппаратуры коммутационной техники

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	1	1
Коэффициент применения микросхем и микросборок	$K_{мс}$	2	1
Коэффициент унификации конструктивных элементов	$K_{у.э}$	3	0,8
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{м,м}$	4	0,5
Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля	$K_{а.р.к}$	5	0,3
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	6	0,2
Коэффициент освоенности деталей	$K_{осв}$	7	0,1

Таблица П12. Номенклатура и ранг частных показателей технологичности для телекодовой аппаратуры

Частный показатель	Обозначение	Порядковый номер ранжированной последовательности	Коэффициент весомости
Коэффициент применения микросхем и микросборок	$K_{мс}$	1	1
Коэффициент повторяемости ДСЕ	$K_{пов}$	2	1
Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{м.п.ЭРЭ}$	3	0,8
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{м,м}$	4	0,5
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	5	0,3
Коэффициент освоенности деталей	$K_{осв}$	6	0,2
Коэффициент повторяемости печатных плат	$K_{пов\ п\ п}$	7	0,1

Таблица П13. Нормативы комплексных показателей технологичности конструкций устройств (блоков) телевизионной техники

Класс устройств	Стадия работ		
	Разарботка рабочей документации	Доработка рабочей документации	
		установочной серии	установившегося серийного и массового производства
Электронные, спроектированные с использованием БНК	0,6—0,75	0,7—0,8	0,75—0,85
Электронные, спроектированные без использования БНК	0,35—0,5	0,4—0,6	0,5—0,7
Регистрации и хранения информации	0,3—0,45	0,35—0,55	0,4—0,6
Электромеханические	0,3—0,55	0,4—0,6	0,45—0,65

Список литературы

1. **Гибкое** автоматическое производство/В. О. Азбель, В. А. Егоров, А. Ю. Звоницкий и др.; Под ред. С. А. Майорова, Г. В. Орловского, С. Н. Халкионова. — Л.: Машиностроение, 1985. — 454 с.
2. **Методика** разработки информационной модели системы технологической подготовки производства. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 40 с.
3. **Амиров Ю. Д.** Научно-техническая подготовка промышленного производства (вопросы теории и практики). — М.: Экономика, 1978. — 52 с.
4. **Рубчинский А. М.** Организация и планирование производства радиоаппаратуры. — Л.: Энергия, 1979. — 214 с.
5. **Методика** отработки конструкций на технологичность и оценки уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения. — М.: Изд-во стандартов, 1975. — 56 с.
6. **Вейцман Э. В.** Производственная технологичность изделий радиоэлектронной аппаратуры и пути ее повышения//Техника средств связи. Сер. Технология производства и оборудование. — 1983. — Вып. 1. — С. 133—142.
7. **Модели** и методы векторной оптимизации/С. В. Емельянов, В. И. Борисов, А. А. Милевич и др.//Техническая кибернетика. — 1973. — Т. 5. — С. 386—448.
8. **Саркисян С. А. и Голованов А. В.** Прогнозирование развития больших систем. — М.: Статистика, 1975. — 192 с.
9. **Саркисян С. А., Ахундов В. М. и Минаев Э. С.** Большие технические системы. — М.: Наука, 1877. — 350 с.
10. **Войчинский А. М.** Обеспечение технологичности изделий на этапах цикла «разработка — производство». — Л.: Ленинградский дом научно-технической пропаганды, 1983. — 30 с.
11. **ОСТ 4.091.175—81.** Отраслевая система технологической подготовки производства. Методы количественной оценки технологичности конструкций изделий радиоэлектронной аппаратуры.
12. **Вейцман Э. В.** Значимость частных показателей, используемых при отработке изделий на технологичность//Стандарты и качество. — 1986. — № 8.— С. 45—47.
13. **Оценка** комплексного показателя технологичности с помощью ЭВМ/Э. В. Вейцман, А. В. Васильев, Т. А. Спевакова и др.//Стандарты и качество. — 1987. — № 6. — С. 36—39.
14. **Классификатор** технологических операций машиностроения и приборостроения. — М.: Изд-во стандартов, 1987. — 72 с.
15. **Технологичность** конструкций изделий/Т. К. Алферова, Ю. Д. Амиров, П. Н. Волков и др.; Под ред. Ю. А. Амирова. — М.: Машиностроение, 1985. — 367 с.
16. **Классификатор** ЕСКД. Классы 71—76: в VI Ч. — М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1980.
17. **Технологический** классификатор деталей машиностроения и приборостроения. —М.: Изд-во стандартов, 1987. — 255 с.
18. **Р4.091.249—85.** Отраслевая система технологической подготовки производства (ОСТПП). Классификация, кодирование и группирование сборочных единиц по конструктивно-технологическим признакам. Основные положения.
19. **Р4.091.250—85.** ОСТПП. Технологический классификатор сборочных единиц вида «кабельно-жгутовые».
20. **Р4.091.251—85.** ОСТПП. Технологический классификатор сборочных единиц вида «намоточные».
21. **Р4.091.252—85.** ОСТПП. Технологический классификатор сборочных единиц вида «сборочно-электромонтажные на печатных платах».

22. **Р4.091.253—85.** ОСТПП. Технологический классификатор сборочных единиц вида «электрорадиомонтажные».
23. **Р4.091.254—85.** ОСТПП. Технологический классификатор сборочных единиц вида «разъемно-неразъемные».
24. **Основные** принципы технологической классификации и кодирования сборочных единиц машиностроения и приборостроения. Методические указания. — М.: ВНИИНМАШ, 1976. — 61 с.
25. **Митрофанов С. П.** Групповая технология машиностроительного производства. — Л.: Машиностроение, 1983. — Т. 1. — 407 с.
26. **Венгеровский Ю. Н.** Аттестация технологических процессов//Стандарты и качество. — 1983. — № 6. — С. 11, 42.
27. **Аттестация** технологических процессов. Методические указания ЕСТПП. РД 50-532—85. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 56 с.
28. **РД4.091.001—87.** Методические указания. ОСТПП. Типовая информационная модель системы технологической подготовки производства.
29. **ЕСКД:** Справочное пособие/С. С. Борушек, А. А. Волков, С. Л. Таллер и др.; Под ред. А. П. Романова. — М.: Из-во стандартов, 1986. — 113 с.
30. **ОСТ4.091.155—80.** ОСТПП. Обеспечение производства технологической оснасткой. Типовая структура организации инструментального хозяйства предприятия.
31. **Семенков О. И.** Архитектура ядра конструкторско-технологической САПР машиностроительного применения//Теория и методы автоматизации проектирования. — Минск, 1984. — Вып. 4. — С. 5—11.
32. **Федяев И. Б.** Основные задачи создания систем управления ГПС//Средства связи. — 1985. — № 3. — С. 8—11.
33. **Брискин А. З., Мицык С. И., Шкуркин Ю. П.** Основные направления создания и развития автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления ГАП//Средства связи. — 1985. — № 3. — С. 16—20.
34. **Васильев Г. П., Егоров Г. А., Щербина Н. М.** Программное обеспечение сетей СМ ЭВМ. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 87 с.
35. **Бутков Ю. Г.. Григорчук И. Н.** Определение времени передачи данных в звене вычислительной сети//Автоматизация технической подготовки производства. — 1984. — № 3. — С. 125—129.
36. **Мартин Дж.** Организация баз данных в вычислительных системах: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1978. — 616 с.
37. **Сафраван Р. Э.** Технологическая подготовка производства для применения станков с ЧПУ. — Киев: Техника, 1981. — 237 с.
38. **Сосонкин В. Л., Михайлов О. П., Павлов Ю. А.** и др. Программное управление станками. — М.: Машиностроение, 1981. — 398 с.
39. **Принципы** построения систем управления комплексно-автоматизированными участками и производствами//Сб. научных трудов Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института организации и техники управления. — Минск, 1982. — 130 с.
40. **Практическое** применение комплексной автоматизации фирмами США, выпускающими военную РЭА (обзор)//Радиоэлектроника за рубежом. — 1983. — № 18. — С. 29—38.

Производственное издание

Библиотека конструктора-технолога радиоэлектронной аппаратуры

Вейцман Эмиль Викторович, Венбрин Виталий Давидович

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

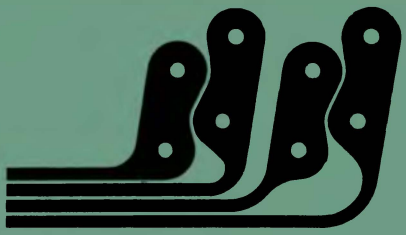
Заведующий редакцией П. И. Никонов
Редактор Е. Н. Гарденина
Художественный редактор А. С. Проценко
Технический редактор З. Н. Ратникова
Корректор Т. В. Дземидович

ИБ № 1492

Сдано в набор 14.10.88 Подписано в печать 7.12.88 Т-21841
Формат 60×90 1/16 Бумага типогр. № 2 Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 8,0 Усл. кр.-отт. 8,25 Уч.-изд. л. 8,80
Тираж 14 000 экз. Изд. № 21725 Зак. № 147 Цена 45 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь».
101000 Москва, ул. Кирова, д. 40

45 к.



Технологическая подготовка производства радио-электронной аппаратуры

Издательство «Радио и связь»