

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

И. А. Иващенко, Г. В. Иванов, В. А. Мартынов

**ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ
ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Утверждено редакционно-издательским советом института
в качестве учебного пособия

Ивашенко И. А., Иванов Г. В., Мартынов В. А.
Основы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей двигателей летательных аппаратов: Учебное пособие. — Куйбышев: КуАИ, 1986. — 94 с.

В пособии излагаются структура и характеристика автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП) в машиностроении, формализованные языки и способы кодирования конструкторской и технологической информации, описаны структура, назначение и состав информационно-поисковых систем (ИПС) технологического назначения. Основное внимание в пособии уделено описанию и обоснованию методов автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки на основе типизации, приведена структура САПР ТП механической обработки, описаны алгоритмы проектирования маршрутной и операционной технологии.

Пособие предназначено для студентов специальности 0537 основных потоков и обучающихся по системе ЦИПС. Оно может быть полезным также для слушателей межотраслевого факультета повышения квалификации руководящих работников и специалистов промышленности.

Рецензенты: проф. А. В. Еремин,
канд. техн. наук. П. А. Витер

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим направлением в экономической стратегии КПСС в 12-й пятилетке и на период до 2000-го года является ускорение научно-технического прогресса на основе достижений науки и техники и использования преимуществ социалистического строя. При этом особое внимание уделяется применению вычислительной техники для решения задач механизации и автоматизации производства, а также задач автоматизации управления производством (АСУП), исследований (АСНИ), проектирования конструкций (САПР К) и технологических процессов (САПР ТП). Создание и внедрение САПР ТП имеет не только самостоятельное значение для ускорения проектирования и повышения качества технологических процессов, но и играет важную роль как первооснова всей системы технологической подготовки производства (ТПП), АСУП и гибких автоматизированных производственных систем (ГАПС). Без автоматизации ТПП невозможна реализация самой идеи гибкого производства из-за того, что сроки перехода на выпуск новых изделий определяются не только тем, как быстро будет спроектировано изделие, но и длительностью процесса технологической подготовки его производства. В современном машиностроении за последние 20 лет период «жизненного цикла» машин сократился более чем в 3 раза, а средняя продолжительность цикла технологической подготовки производства увеличилась в 2 раза /15/.

Наряду с проблемой сокращения сроков создания и освоения производства новых машин не менее важной является проблема повышения качества как самого изделия, так и технико-экономических

показателей его производства. Эта проблема поддается решению на основе поиска оптимальных решений при конструировании и производстве изделий, ставшего возможным при широком использовании методов оптимизации и средств вычислительной техники.

Автоматизация ТПП — это обширная и многогранная проблема, которая включает следующие задачи технологического проектирования: анализ производства, где предполагается внедрение средств вычислительной техники; выбор технических средств для автоматизированного решения технологических задач; организация взаимодействия технолога с техническими средствами, алгоритмизация и программирование решения технологических задач; организация процесса проектирования в автоматизированной системе технологической подготовки производства; взаимосвязь АС ТПП с другими подсистемами АСУП и ГАПС.

В учебном пособии освещается один из аспектов общей задачи автоматизации технологической подготовки производства, а именно: автоматизация проектирования технологических процессов изготовления деталей, как наиболее трудоемкой части ТПП, определяющей сроки освоения и качество создаваемых машин. Рассматриваются все используемые в настоящее время методы автоматизированного проектирования и созданные на их основе системы или подсистемы автоматизированного проектирования. В то же время более подробно излагаются метод и САПР ТП механической обработки заготовок на основе типизации технологических процессов.

Материал излагается в соответствии с программой курса «Основы построения и использования САПР технологических процессов», включенного в учебный план специальности «Авиационные двигатели» (технологическая специализация).

I. СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА (АС ТПП)

1.1. НАЗНАЧЕНИЕ АС ТПП И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НЕЙ

Автоматизированная система технологической подготовки производства (АС ТПП)-система технологической подготовки производства (ТПП), основу организации которой составляет взаимодействие людей, машинных программ и технических средств (ГОСТ 14.402-76).

АС ТПП — это человеко-машинная система ТПП, в основу которой положен комплекс экономико-математических методов и моделей технологических процессов и организации производства.

Основной целью создания АС ТПП является ускорение и совершенствование технологического проектирования за счет автоматизации и механизации ряда сложных и трудоемких процессов проектирования, поддающихся в настоящее время формализации и алгоритмическому описанию /2/. При этом попутно решается социально-экономическая задача, связанная с повышением доли творческих элементов в деятельности инженера-технолога, так как выполнение рутинных (нетворческих) процедур проектирования передается машине.

Разработка и внедрение АС ТПП требует повышения уровня стандартизации, нормализации и унификации конструкции деталей и их элементов, технологических процессов и средств технологического оснащения, позволяет упорядочить и регламентировать все элементы технологической подготовки производства (обеспечение технологичности конструкции изделия, управление процессом ТПП и т. п.).

Разработке АС ТПП предшествуют, как правило, обобщение и анализ отечественного и зарубежного опыта машиностроения, достижений науки и практики, прогрессивных технологических методов и организации производства. Эти материалы, сконцентрированные в алгоритмах и программах, легко могут стать до-

стоянием многих предприятий и, тем самым, способствовать повышению качества технологического проектирования, унификации технологических решений.

Как показал опыт, автоматизация технологического проектирования позволяет резко сократить сроки и стоимость ТПП и, в конечном счете, ускорить ввод новых изделий в эксплуатацию.

Экономический эффект от внедрения АС ТПП достигается как за счет ускорения и снижения трудоемкости самого процесса проектирования, так и за счет использования новых возможностей автоматизированного проектирования: уменьшения номенклатуры оснащения в основном производстве, исключения субъективных ошибок при принятии решений, оптимизации принимаемых решений.

Для того, чтобы получить высокий технико-экономический эффект от внедрения АС ТПП, последняя должна удовлетворять следующим основным требованиям /2, 3/:

обеспечивать автоматизацию основных видов деятельности инженерно-технических и других работников технологической службы предприятий;

обеспечивать наиболее рациональное распределение функций между специалистом и вычислительным комплексом;

математические модели, методы проектирования, программные и технические средства должны соответствовать уровню современных достижений науки и техники;

допускать возможность внедрения АС ТПП на предприятиях с различными типами производства; обеспечивать адаптируемость алгоритмов и программ к изменяющимся условиям производства;

иметь унифицированное методическое, математическое, техническое и организационное обеспечение;

допускать возможность автономного использования различных подсистем, а также возможность стыковки в различных вариантах с рядом независимых систем САПР К, АСНИ, АСУП и ГАПС;

допускать возможность поэтапного ввода в эксплуатацию АС ТПП по мере их разработки.

1.2. СТРУКТУРА АС ТПП

По своей структуре АС ТПП является многоуровневой иерархической системой, состоящей из большого числа подсистем (рис. 1). Подсистема — выделяемая часть системы, с помощью которой можно получить законченные результаты. Можно выделить следующие группы подсистем:

А-подсистемы общего назначения (управляющая, информационно-поисковая и т. п.);

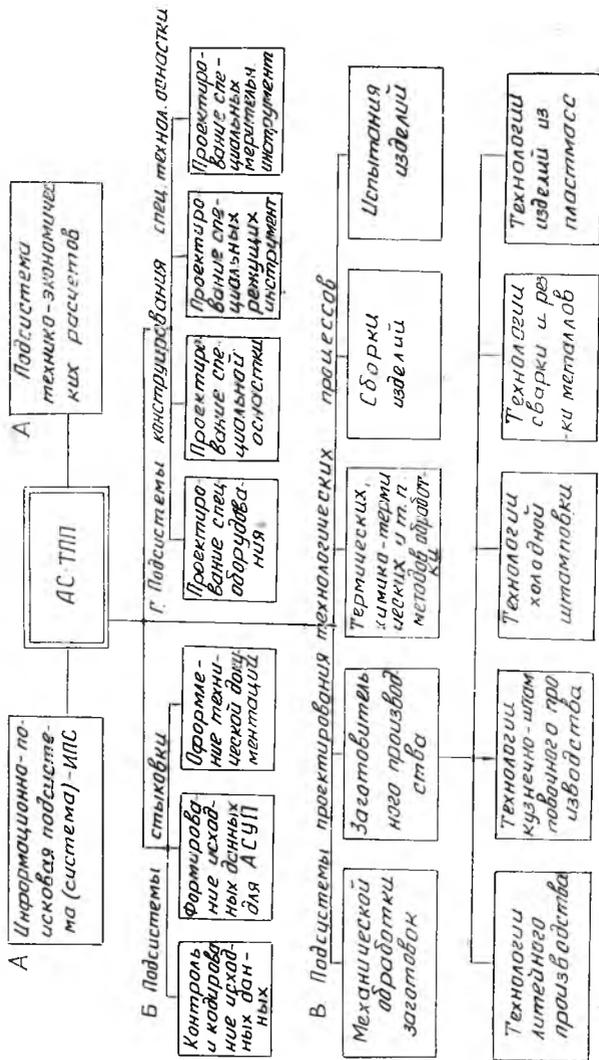


Рис. 1. Иерархическая схема АС ТПП

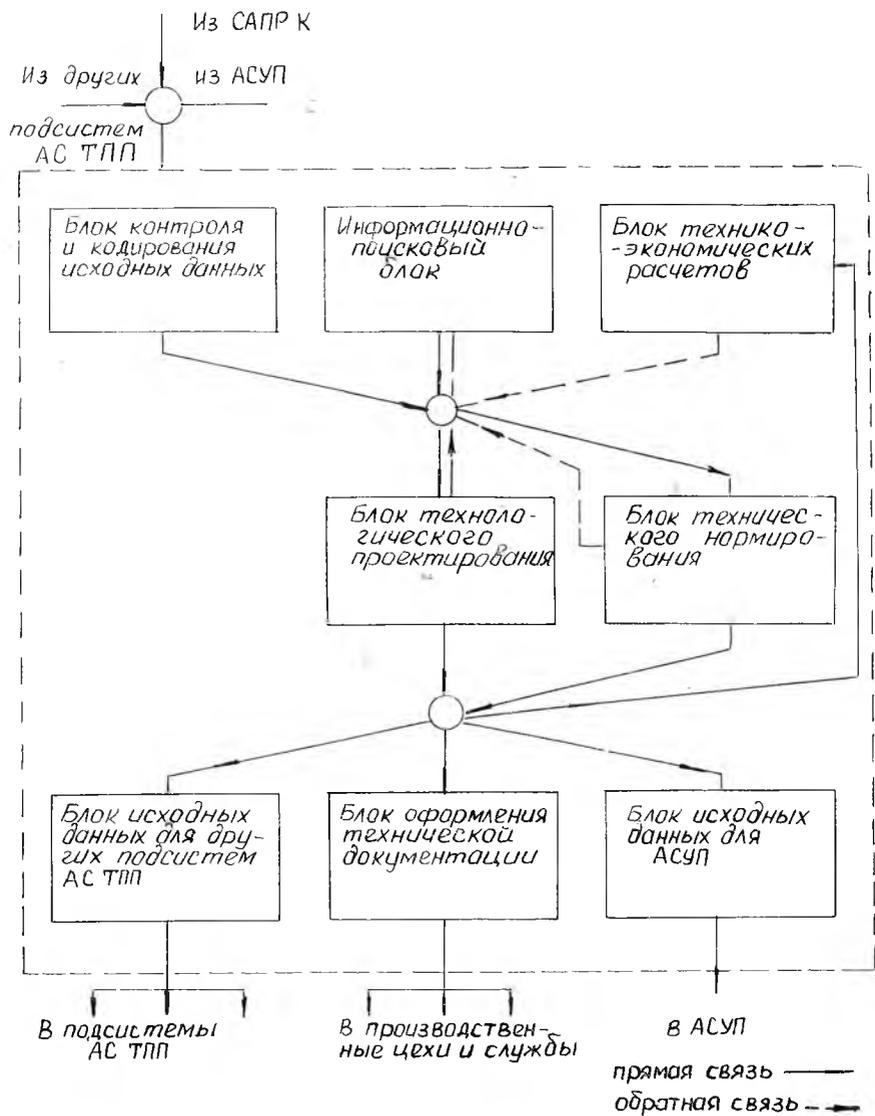


Рис. 2. Типовая структура подсистем АС ТПП

Б-подсистемы стыковки (контроля и кодирования исходных данных, формирования данных для АСУП, оформления технологической документации);

В-подсистемы проектирования технологических процессов (механической обработки, заготовительного производства и т. д.);

Г-подсистемы конструирования средств технологического оснащения (специального оборудования, специальных приспособлений, режущих и мерительных инструментов).

Подсистемы групп В и Г являются функциональными, наличие их в системе позволяет решать основные задачи АС ТПП — проектировать технологические процессы и средства оснащения. Некоторые авторы [3] в составе АС ТПП выделяют группу подсистем проектирования технологических процессов изготовления средств технологического оснащения. Многие из приведенных на рис. 1 подсистем часто описываются, проектируются и используются как автономные системы. Например, подсистема автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки заготовок в технической литературе и технической документации именуется (рассматривается и т. п.) как система автоматизированного проектирования (САПР ТП МО) с выделением в ее составе функциональных подсистем. Для обеспечения рациональной организации автоматизированного проектирования все функциональные подсистемы АС ТПП (системы) имеют типовую структуру (рис. 2) [2]. Блоки подсистем при объединении их в АС ТПП сливаются в подсистемы того же наименования. В этом можно убедиться, сопоставив схемы на рис. 1 и 2.

Как показано на рис. 1 и указано выше, АС ТПП обеспечивает автоматизированное решение комплекса задач, начиная с проектирования заготовительных процессов и кончая подготовкой управляющих программ для оборудования с программным управлением. Центральной же задачей комплекса, решение которой определяет состав и структуру исходных данных для функционирования остальных подсистем, является подсистема (система) автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки заготовок — САПР ТП МО. Этим системам и будет уделено основное внимание в настоящем пособии.

1.3. КОМПОНЕНТЫ САПР ТП

Каждая система автоматизированного проектирования содержит следующие виды обеспечения [6].

Методическое обеспечение — совокупность документов, устанавливающих состав и правила формализации положений тех-

нологии, представленных описаниями и необходимых для автоматизированного проектирования.

Информационное обеспечение — совокупность сведений (каталоги, нормативно-справочная информация и библиотеки на машинных носителях), необходимых для осуществления проектирования.

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

Лингвистическое обеспечение — совокупность языков проектирования, включая термины и определения, правила формализации естественного языка, необходимых для автоматизированного проектирования.

Программное обеспечение — совокупность машинных программ, обеспечивающих функционирование АС ТПП. Программное обеспечение подразделяется на две части:

общее (системное) программное обеспечение, представленное операционной системой вычислительного комплекса;

прикладное программное обеспечение (пакеты прикладных программ), включающее все программы решения проектных задач.

Техническое обеспечение — комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, включающих центральный процессор (ЭВМ определенной мощности) и различные наборы периферийных устройств (АЦПУ, ЧГА, УПД на магнитной ленте, ГД и АЦД и т. д.).

Организационное обеспечение — совокупность документов, определяющих состав проектной организации и ее подразделений, связи между ними, выполняемые функции, форму представления результатов проектирования и порядок прохождения проектных задач.

1.4. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТП

Специалисты в области САПР ТП /15, 19/ выделяют три основных метода автоматизированного проектирования: 1) повторное использование процессов-аналогов; 2) проектирование на основе унифицированных (типовых и групповых) технологических процессов; 3) синтез структуры процесса.

Первый метод (иногда его называют «методом случайных аналогий») основан на использовании имеющихся в банке данных (библиотеках) технологических процессов на детали, аналогичные по конструкции и другим параметрам заданной. Схема нахождения маршрута в этом случае следующая: деталь — деталь-аналог — процесс на деталь-аналог — процесс на деталь.

С помощью ИПС технологического назначения находится деталь-аналог, на основе номера ее чертежа отыскивается в базе данных технологический процесс на выбранную деталь-аналог. Этот процесс подвергается преобразованию на основе информационной модели конкретной детали: структура процесса преобразовывается путем исключения лишних и дополнения недостающих структурных элементов ТП (операций, переходов). Алгоритм преобразования строится на основе выявления различий между конкретной деталью и деталью-аналогом. Затем производится определение (расчет, выбор) параметров каждой операции (определение припусков и операционных размеров, режимов резания и т. п.).

Этот метод применяется для деталей типовых форм, отличающихся только размерами (например, плоские одновенцовые зубчатые колеса и т. п.). Полученный по этому методу автоматизированного проектирования рабочий процесс не является оптимальным (в структурном отношении), поскольку основан на использовании случайных процессов, часто не самых лучших.

Метод автоматизированного проектирования на основе унифицированных ТП будет подробно рассмотрен в гл. 4.

Третий метод автоматизированного проектирования ТП основан на синтезе технологических маршрутов и операций для проектирования единичной технологии. Существует несколько разновидностей (версий) этого метода. Наибольшую известность получил разработанный в институте технической кибернетики АН БССР под руководством В. Д. Цветкова многоуровневый интерационный метод. Сущность этого метода и построенной по этому методу САПР ТП заключается в следующем.

Производится классификация и кодирование элементарных поверхностей и их сочетаний, которые образуют конфигурации деталей. Создается (разрабатывается вручную), библиотека (банк) типовых технологических маршрутов обработки элементарных поверхностей и их сочетаний (типизация на уровне технологического перехода). Для одной и той же элементарной поверхности (например, торца, плоскости, паза и т. д.) разрабатывается несколько вариантов типовых маршрутов, обеспечивающих рациональную обработку в зависимости от сочетаний условий ее выполнения (от размера и протяженности поверхности, ее положения на детали, материала детали, требуемой точности и т. д.).

На первом шаге проектирования для каждой элементарной поверхности ЭВМ выбирает один (близкий к оптимальному для заданных условий) вариант плана (маршрута) ее обработки. В результате формируется массив формоизменяющих переходов обработки детали, на основе которого производится автоматизированное проектирование технологического процесса за четыре шага (уровня).

На первом уровне определяется принципиальная схема (ПС) ГП, которая характеризуется составом и последовательностью этапов обработки поверхностей детали. На втором шаге (уровне) производится проектирование технологического маршрута детали, которое заключается в последовательном уточнении содержания этапов, составляющих принципиальную схему ТП. На этом уровне определяется состав и последовательность операций, выбираются технологические базы, тип оборудования. На третьем уровне проектируется операционная технология, т. е. уточняется структура операций, определяются припуски на обработку, операционные размеры и размеры заготовки, выбирается оснастка (приспособления, инструменты), рассчитываются режимы резания и нормы времени на каждую операцию. Следует отметить, что разработка операционной технологии основана на анализе структурных и размерных связей в заготовке и детали. Рассматриваемый метод проектирования предусматривает структурную и параметрическую оптимизацию в основном на этапе разработки операционной технологии. Для этого синтезируется некоторое множество вариантов и получение оптимального варианта достигается за несколько итераций (рис. 3).

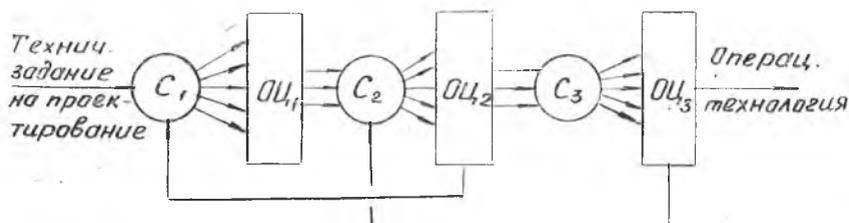


Рис. 3. Общая схема многоуровневого процесса автоматизированного проектирования: C_1 — синтез принципиальной схемы ТП; $ОЦ_1$ — оценка и отбор рациональных вариантов принципиальной схемы ТП; C_2 и $ОЦ_2$ — синтез и отбор вариантов технологического маршрута; C_3 и $ОЦ_3$ — синтез и отбор вариантов операционной технологии.

На четвертом уровне детализации автоматически формируются программы для управления рабочими органами станков с ЧПУ.

В целом метод и созданная на его основе САПР ТП характеризуются сложностью алгоритмов и программ, сложностью и большой трудоемкостью кодирования информации о детали, большими затратами машинного времени на проектирование ТП.

Другим примером реализации метода синтеза является САПР ТП, основанная на аксиоматической теории автоматизи-

рованного проектирования и описанная в работе /20/ Б. Е. Челищева и др.

Отметим еще один вариант метода синтеза ТП, используемый для создания САПР ТП изготовления деталей двигателей летательных аппаратов /12/. Он основан на декомпозиции деталей на конструктивно-технологические элементы (КТЭ) определенного функционального назначения и соответственно декомпозиции технологических процессов изготовления этих деталей на группы операций (этапы). Например, лопатки ГТД разделяются на КТЭ: хвостовик, перо, полки, технологическая бобышка; для дисков турбины такими КТЭ будут обод, полотно, ступица. Каждая группа операций (этап ТП) содержит операции обработки определенного КТЭ. При создании системы автоматизированного проектирования по этому методу разрабатывают информационную базу системы, куда должны входить подготовленные вручную типовые (сводные, обобщенные) этапы (группы операций) по обработке КТЭ. При машинном проектировании ТП по этому методу на первом шаге на основе типовых этапов формируется принципиальная схема ТП как некоторая последовательность этапов обработки конструктивных элементов. На втором шаге синтезируется более детализированный технологический маршрут, уточняются методы обработки в этапах, намечается предварительно структура операций. На третьем этапе осуществляется проектирование операционной технологии — уточняется структура операций, рассчитываются параметры их выполнения (размеры, допуски, режимы резания и т. д.).

Развитие методов автоматизированного проектирования привело к идее интеграции методов. Интеграция заключается в том, что технологические процессы в таких системах проектируются на основе использования всех уровней технологической унификации — от типовых маршрутов обработки элементарных поверхностей деталей до типовых или групповых технологических процессов. Примером использования интегрированного подхода является комплексная автоматизированная система технологической подготовки производства (КАС ТПП), описанная в работах Г. К. Горанского и Э. И. Бендеревой /3/.

КАС ТПП «Технолог» представляет собой автоматизированную систему проектирования технологических процессов и оснастки для механической обработки резанием на универсальном оборудовании деталей класса «тела вращения» в условиях различных типов производства в машиностроении и приборостроении.

Из приведенной на рис. 4 функциональной схемы следует, что КАС ТПП «Технолог» содержит подсистемы:

подсистему «Код» для кодирования и первичной обработки исходной информации о деталях;

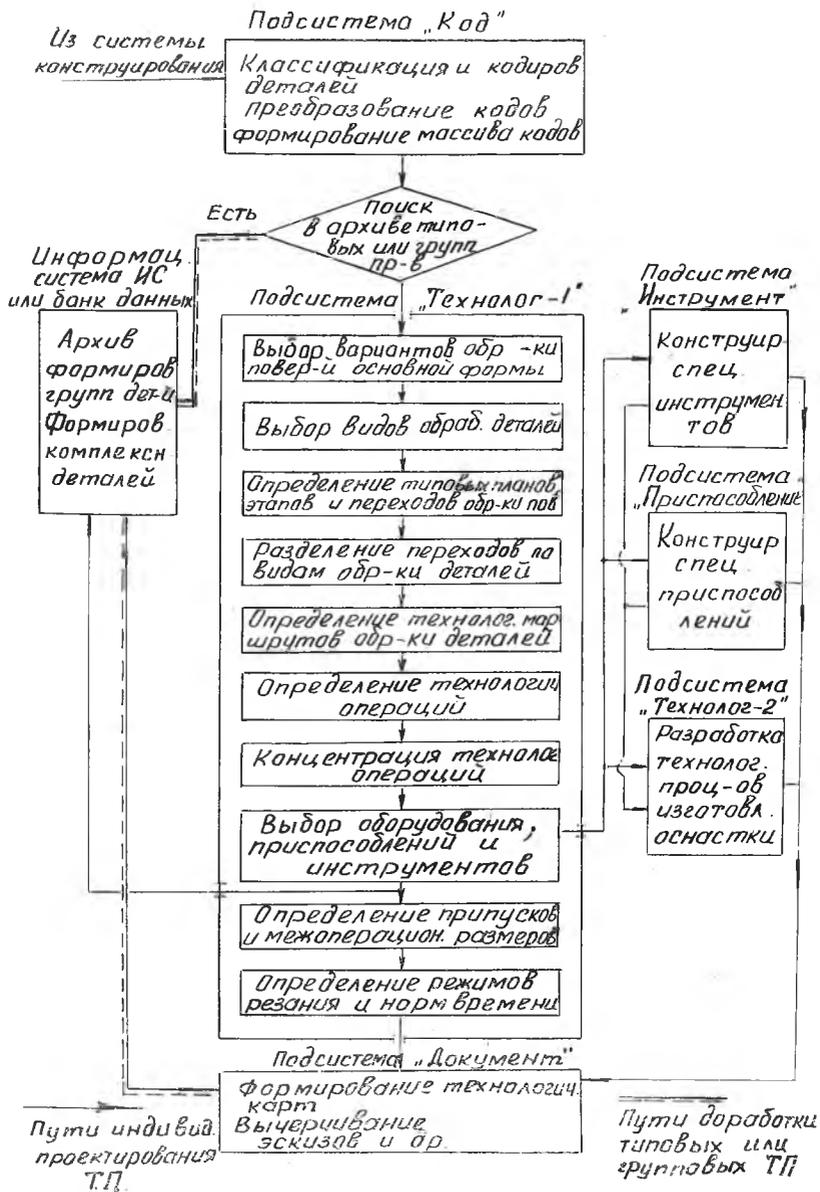


Рис. 4. Укрупненная функциональная схема технологического проектирования в КАС ТПП «Технолог»

информационную систему (ИС) или банк данных;
подсистему «Технолог-1» для проектирования ТП на заданные детали;
подсистему «Инструмент»;
подсистему «Приспособления»;
подсистему «Технолог-2», задачей которой является проектирование ТП изготовления приспособлений и инструментов;
подсистему «Документ».

Все спроектированные ТП классифицируются, кодируются и засылаются в «Архив» «Информационной системы». При получении задания на проектирование ТП на деталь в системе сначала проверяется возможность использовать хранящиеся в «Архиве» ТП на детали-аналоги. В случае благоприятного исхода поиска найденный процесс дорабатывается (исключаются лишние структурные элементы ТП и дополняются отсутствующие). При отсутствии ТП на детали-аналоги в подсистеме «Технолог-1» производится автоматизированное проектирование ТП на заданную деталь (рис. 4). В основу подсистемы положен синтез ТП на основе типовых планов этапов и переходов обработки поверхностей деталей. Большинство задач решается по алгоритмам, представленным в форме таблиц соответствий.

1.5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА САПР ТП

Основными техническими средствами для функционирования САПР ТП являются ЭВМ серии ЕС. При выборе модели ЭВМ необходимо обращать внимание, в первую очередь, на объем оперативной памяти: для САПР ТП механической обработки на основе типизации необходима ЭВМ с объемом ОЗУ 256-1024 Кбайт (ЭВМ ЕС моделей 1022, 1033, 1035, 1040; АСВТ М-4030). Для комплексных систем КАС ТПП, включающих конструирование, технологическую подготовку производства, АСУ ТП и АСУП, необходимы ЭВМ с объемом оперативной памяти более 1024 К байт (ЭВМ ЕС моделей 1040, 1045, 1050, 1055, 1060). Для указанных ЭВМ используются алгоритмические языки Фортран-IV и ПЛ-1, все они имеют операционную систему (ОС).

Все ЭВМ должны иметь внешние или периферийные устройства, включающие:

устройства подготовки информации на 80-колонных перфокартах (перфораторы);

устройства ввода данных с перфокарт (ЕС-6019, ЕС-6012);

устройства подготовки данных на магнитной ленте (УПДМЛ) моделей ЕС-9002, ЕС-9003, ЕС-9004 и др.;

устройства ввода—вывода информации на экран-алфавитно-цифровые дисплеи;

устройства вывода информации на бумагу-алфавитно-цифровые печатающие устройства АЦПУ (ЕС-7037, ЕС-7039, СМ-6301);

устройства вывода графической информации;
графопостроители (ЕС-6051, ЕС-7007 и др.).

Для решения отдельных задач проектирования ТП (например, расчет припусков и операционных размеров, расчет режимов резания и норм времени, расчет управляющих программ для станков с ЧПУ, расчет характеристик точности, критериев оптимизации) целесообразно использовать мини-ЭВМ серии СМ: СМ-3 (объем ОЗУ 32-128 К байт) и СМ-4 (32-128 К байт). ЭВМ модели СМ-4 последних лет выпуска имеют повышенное быстродействие и увеличенный объем ОЗУ, поэтому их также можно использовать в качестве технических средств САПР ТП механической обработки.

II. ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ ЯЗЫКИ И КОДИРОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

2.1. ВХОДНОЙ ЯЗЫК ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Устройства ввода-вывода современных ЭВМ еще не воспринимают естественный язык, они не представляют возможности непосредственного ввода в ЭВМ графической и другой информации о детали, технологическом процессе, оборудовании и т. п. Эта и другая информация должна быть преобразована и введена в ЭВМ по определенным правилам. Совокупность этих правил и составляет содержание формализованного языка. Используются различные виды (группы) формализованных языков: информационно-поисковый язык (ИПЯ) /15/, формализованный технологический язык (ФТЯ) /18/, язык описания детали (ЯОД) /3/ и другие.

ГОСТ 14.417-81 содержит основные положения и определения «Входного языка для технологического проектирования» (ВХЯ). Объектом описания ВХЯ является информация о предметах и процессах технологического проектирования. На рис. 5 показана структура ВХЯ. ВХЯ содержит грамматику, семантику и лексику.

Лексика представляет собой совокупность слов языка данной предметной области, представленную словарем /5/.

Под *семантикой* ВХЯ понимают значения понятий, описанных морфологическими и синтаксическими единицами языка.

Грамматика ВХЯ состоит из морфологии и синтаксиса (рис. 5). Под морфологией ВХЯ понимают совокупность морфологических единиц (алфавита) и правил построения слов языка из этих единиц.

Алфавит языка определяется символами, имеющимися на клавиатуре устройств подготовки данных и ввода их в ЭВМ, а также требованиями наглядности и исключения необходимости перекодировки описываемой информации /3/.

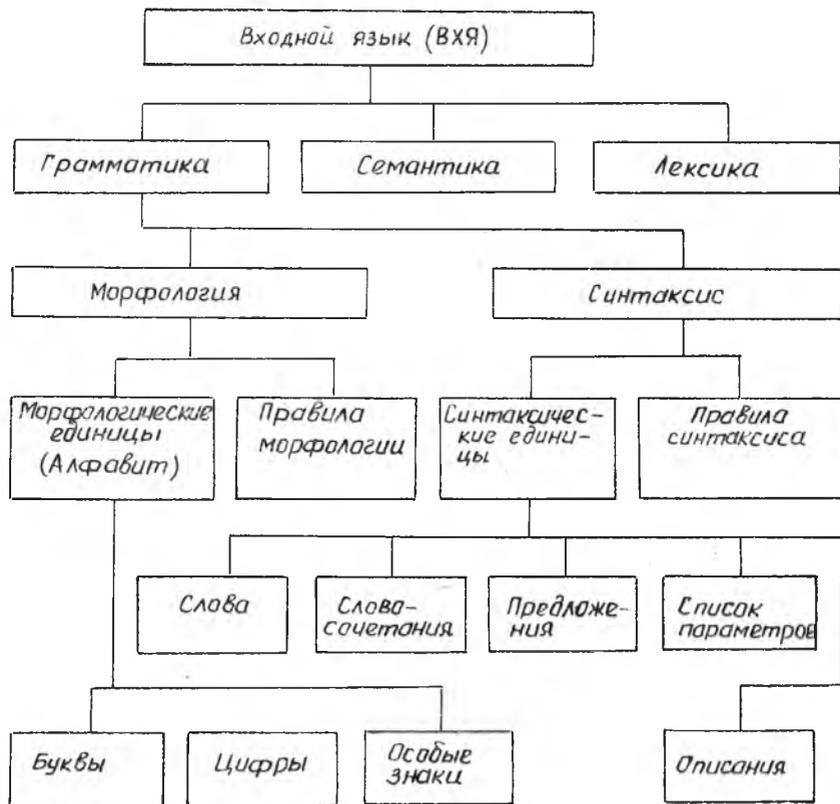


Рис. 5. Структура входного языка для технологического проектирования (ВХЯ)

В языке ВХЯ используются:

прописные буквы русского алфавита, кроме букв *З* и *Ч*; вместо них используют соответственно *з* и *ч*;

прописные буквы латинского алфавита, не совпадающие по начертанию с прописными буквами русского алфавита, а именно: *D, F, G, I, J, L, N, Q, R, S, V, Y, W, Z*;

цифры: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9;

особые символы (знаки): «+» — плюс; «-» — минус; «-» — запятая; «.» — точка; « \square » — пробел; «()» — левая и правая скобки; «÷» — знак промежутка; «'» — штрих; «*» — звездочка.

Синтаксис ВХЯ описывает элементарные (синтаксические) единицы информации и правила их написания и употребления. Синтаксическими единицами языка являются /5/: слово; словосочетание; предложение; список параметров; описание.

Слова служат для записи элементарных единиц информации об объектах: наименований и значений параметров. Используются следующие виды слов: целые числа, действительные числа, угловые величины, простые алфавитные слова, составные алфавитные слова, диапазоны значений величин.

Целые числа записывают в виде группы цифр, длиной не более девяти, с соответствующим знаком «+» или «-», причем знак «+» может опускаться:

+400 или 400; -523 и т. д.

Целые числа используют для представления значений параметров, являющихся количественными характеристиками и принимающими только целые значения (например, количество резцов в наладке и т. п.). Целые числа используют также для кодирования значений параметров, представляющих качественные характеристики элементов.

Действительные числа записываются в виде совокупности двух групп цифр, разделенных точкой. Первая группа обозначает целую, а вторая — дробную часть действительного числа. При отсутствии целой части перед точкой ставится ноль, при отсутствии дробной части точка остается. Например:

10.6; 12345.; 0.17; -17.23; +11344.

Действительные числа используются для представления количественных характеристик объектов, имеющих установленную размерность.

Угловые величины записываются в виде совокупности трех групп цифр, разделенных точками. Например: 30.0.10; 60.1.0; 0 30.10.

Алфавитные слова используются для представления наименований и значений параметров в виде легко запоминающихся мнемонических обозначений. Их записывают в виде совокупности букв, цифр и специальных символов. Например, параметру «условное обозначение резьбы» можно присвоить наименование УОР. Значениями этого параметра в инженерной практике являются условные обозначения: М—метрическая резьба, ТРАП—трапецидальная резьба и т. д., которые записываются в виде простых алфавитных слов, являющихся их кодами.

Словосочетания или составные алфавитные слова записывают в виде совокупности простых алфавитных слов или целых чисел, разделенных пробелом \square . Составные алфавитные слова используют для записи условных обозначений, состоящих из нескольких слов или содержащих символы «тире» и «точка», которые в этом случае заменяются символом «пробел». Например, выражение «характер обработки» запишется как ХАРАКТЕР \square ОБРАБОТКИ.

Предложением ВХЯ является строка (кортеж) кодированных сведений.

Список параметров (см. рис. 5) — это массив кодированных сведений.

Описание (детали и т. п.) — таблицы кодированных сведений (ТКС).

Все приведенное выше о грамматике входного языка относится и к языку описания детали (ЯОД), являющемуся частью ВХЯ. ЯОД — совокупность знаковых средств и правил их построения, предназначенных для описания информационной модели детали /5/. Структура ЯОД полностью соответствует структуре ВХЯ.

ЯОД должен обладать свойствами:

универсальности при описании информационных моделей различных классов деталей;

гибкости, допускающей возможность адаптации к изменению объекта описания;

простоты и доступности, позволяющих легко осваивать ЯОД специалистами;

преимущества средств языка, т. е. использования существующей технологической и математической символики.

возможности механизации и автоматизации ввода информации с помощью современных технических средств;

совместимости с другими входными и выходными языками.

ЯОД должен обеспечивать однозначность описания детали с использованием минимального числа исходных понятий.

2.2. КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Информация, используемая в технологическом проектировании, выражается в трех основных видах: цифровом, алфавитно-цифровом и графическом.

Первый вид охватывает *количественную информацию* в виде чисел, например, размеры детали, режимы резания, нормы расхода материала и т. д.

Примером *алфавитно-цифровой информации* (информации второго вида) могут служить обозначения марки материала, записи технических условий в чертежах, записи переходов в операционных картах. Такая информация называется *качественной* /15/, она выражается обычно в виде предложений на естественном языке с использованием принятых в технике условных обозначений.

Третий вид информации — *графическая информация*, необходимая для выражения конфигурации пространственных объектов в виде их проекций (деталей, приспособлений, инструментов и т. п.). Она также может быть названа *качественной*.

Качественную информацию (и алфавитно-цифровую, и гра-

фическую) непосредственно ввести в ЭВМ невозможно, ее нужно перевести в вид, удобный для ввода в ЭВМ. Такой процесс преобразования качественной информации (перевода ее на формализованный язык) называется *кодированием*.

Системой кодирования называют систему, содержащую: 1) описание формализованного языка (ВХЯ и др.), включая словарь терминов и базовых понятий; 2) набор классификаторов для кодирования признаков; 3) правила кодирования и записи информации в соответствующий документ (кодировочную ведомость, ТКС и т. п.).

Каждый объект характеризуется набором признаков. В САПР ТП используются различные способы кодирования характеристик объектов. Если признак объекта выражен в виде числа (количественная информация), то это число можно непосредственно занести в кодировочную ведомость или другой документ формализованного описания объекта.

При необходимости сокращения количества символов информации, вводимой в ЭВМ, используют *интервальный способ кодирования*. При этом числовую последовательность, в пределах которой может меняться значение признака, разделяют на интервалы в соответствии с поставленной задачей. Каждому интервалу присваивают свое кодовое число. Например:

Интервалы размеров	до 3	3—6	6—10	10—18	18—30	30—50
Код	1	2	3	4	5	6

Качественные характеристики при кодировании выражают в виде кода, т. е. набора цифровых, алфавитных либо алфавитно-цифровых символов.

Можно выделить следующие методы кодирования /15/.

1. *Порядковый способ*, при котором последовательно нумеруют множество значений признака. Например, для признака «Метод получения заготовки» выделяется 4 значения, порядковые номера которых будут являться их кодами.

Значение признака	Литье	Прокат	Горяч. штамповка	Холодн. штамповка
Код	1	2	3	4

Достоинствами кодирования по порядковому способу являются простота и наглядность. Недостатки — трудности запоминания кодов, так как они не имеют смыслового значения. Способ применяется при небольшом количестве значений признака (до 100).

2. *Серийно-порядковый способ*, отличающийся от предыдущего тем, что вся совокупность значений признака делится на группы (серии) и для каждой серии выделяется определенное количество кодовых чисел с некоторым запасом с тем, чтобы

зарезервировать коды серии для значений признаков, которые могут быть добавлены в последующем.

3. *Мнемонический (символьный) способ*, при котором значения признака ставятся в соответствие алфавитные слова, являющиеся сокращением названий значений признаков на естественном языке. Например, для значений параметра «направление шероховатостей» (НАПР) кодирование по мнемоническому способу дает /5/:

Значение признака НАПР	Параллельное	Перпендикулярное	Перекрещивающееся	Произвольное	Кругообразное
Код	ПАР	ПРП	ПРК	ПРз	КРГ

Достоинством мнемонических кодов является достаточно легкое их запоминание при кодировании и декодировании, так как существует ассоциативная связь между полным названием значения параметра на естественном языке и сокращенным названием (кодом).

4. *Позиционный или иерархический способ* кодирования — используется в тех случаях, когда положение каждой цифры в кодовом числе должно обозначать один из признаков (уровней) классификации. Например, для формализованного описания поверхностей применяют четырехзначные цифровые коды. Так, код 1212 означает 1-й класс (поверхности плоские), 2-й подкласс (пазы), 1-й вид (прямоугольный паз), 2-ю разновидность (паз полукруглый) /18/.

Достоинство этого способа кодирования — возможность кодирования большого числа классификационных признаков и их значений. Недостаток — увеличение длины кода. Количество цифр в кодовом числе равно или больше числа уровней или признаков классификации.

Цифровое кодирование однозначно, точно и наиболее экономно описывает форму поверхности. Однако в таком виде формализованный язык утрачивает наглядность, усложняется общение технолога с машиной в процессе проектирования. Компромиссным решением будет смешанное кодирование.

5. *Смешанное кодирование* — когда коды составляются не по одному какому-либо из рассмотренных выше способов кодирования, а по сочетанию двух или трех способов. Например, для обозначения поверхности (плоский паз, прямоугольный, полукруглый) вместо чисто цифрового кода можно использовать смешанный — мнемонический и позиционный, т. е. вместо кода 1212 записать ПАЗ 12. Такое описание формы поверхностей деталей становится более наглядным, что способствует ускорению изучения языка и облегчает пользование им.

2.3. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЕТАЛИ

Вся исходная информация о детали, необходимая для решения задач технологического проектирования, составляет содержание информационной модели детали. ГОСТ 14-417-81 устанавливает две формы представления информационных моделей на языке описания детали (ЯОД): табличную и текстовую. Табличная форма информационной модели представляется в виде таблиц кодированных сведений (ТКС), состоящих из ряда строк и содержащих информацию о различных свойствах и отношениях детали. Текстовая форма представляет собой совокупность предложений, организованных по правилам грамматики ВХЯ. Своеобразной формой информационной модели является конструкторско-технологический код детали.

2.3.1. Конструкторско-технологический код (КТК)

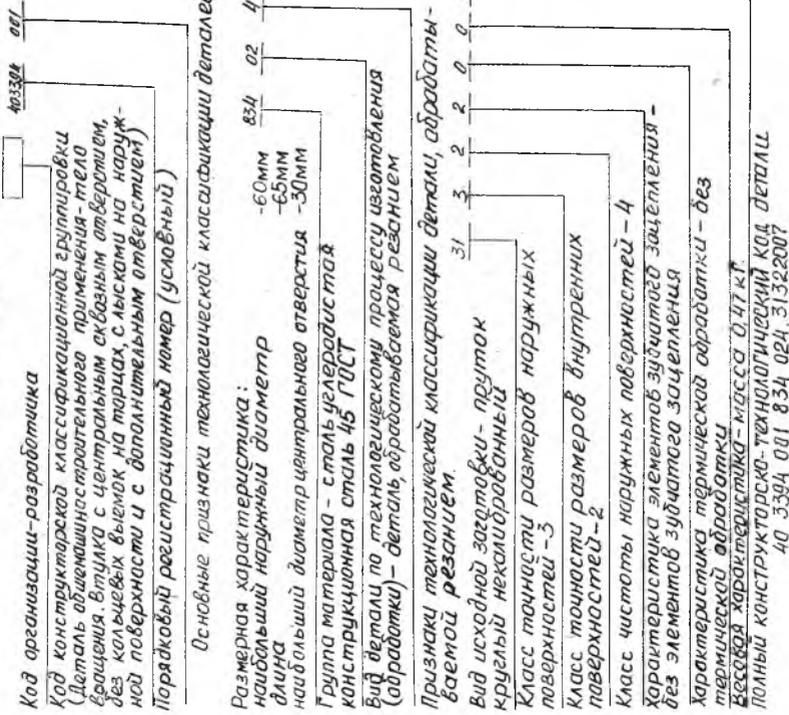
Представление информационной модели детали в форме КТК является весьма удобным с точки зрения переработки информации. Состав и длина кода, в зависимости от целей классификации, принятых классификационных признаков и других причин могут быть различными.

Конструкторско-технологический код (КТК), составленный на основе «Общесоюзного классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции» (ВКГОКП) и «Технологического классификатора деталей машиностроения и приборостроения», будем называть *унифицированным*. По ВКГОКП все множество деталей общемашиностроительного применения по основной геометрической форме наружной поверхности разделено на 2 класса: класс 40 «Детали общемашиностроительного применения — тела вращения» и класс 50 «Детали общемашиностроительного применения — кроме тел вращения». Каждый класс разделяется на подклассы, группы, подгруппы, виды /3, 14/. Для кодирования классов используются цифровые знаки от 01 до 99, а для подклассов, групп, подгрупп и видов — от 1 до 9.

В качестве классификационных для деталей общемашиностроительного применения приняты следующие признаки: геометрическая форма деталей; конструктивная характеристика отдельных элементов детали; взаимное расположение элементов детали; параметрический признак; выполняемая деталью функция.

Определение классификационной характеристики детали выполняется поэтапно, от класса к подклассу, от подкласса к группе и т. д. — до вида. Например, детали типа валы, оси, пальцы, стержни и другие тела вращения с однородными наружными поверхностями и $L/D \geq 2$ следует отнести к подклассу 401; колеса зубчатые цилиндрические, валы и втулки со

Обозначение детали (по ЕСКД)



▽4 (▽)

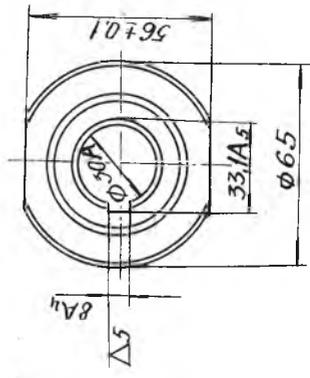
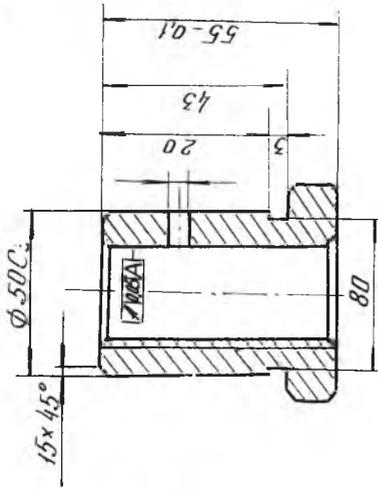


Рис. 6. Пример кодирования детали.

шлицами на наружной поверхности, колеса червячные, храповики и звездочки — к подклассу 406 и т. д.

Согласно «Технологическому классификатору деталей машиностроения и приборостроения» устанавливается 14-значная структура технологического кода, состоящего из двух частей:

кодов классификационных группировок основных признаков (постоянная часть кода) — 6 знаков;

кодов признаков применительно к виду деталей и по технологическому процессу (переменная часть кода) — 8 знаков.

Следует отметить, что каждая деталь может иметь несколько значений переменной части кода при постоянном коде классификационных группировок основных признаков. Состав признаков полного конструкторско-технологического кода приведен на рис. 6, на примере кодирования детали-штулки. Длина конструкторско-технологического кода, без кода организации-разработчика, составляет 23 знака.

В ряде случаев унифицированный код, составляемый на основе Общесоюзных конструкторского и технологического классификаторов, о котором говорилось выше, несет недостаточно информации для решения сложных задач автоматизированного проектирования ТП. В таких случаях изменяют и расширяют набор классификационных признаков. Пример такой целенаправленной классификации и кодирования приведен в работе [3]. Структура проблемно-ориентированного кода в этом случае состоит из трех частей:

обозначение детали по принятой системе обозначений (ОД);

конструкторский код (К), подразделяемый на основной (КО) и дополнительный коды (КД);

технологический код (ТК).

Каждая часть кода содержит постоянный состав элементов (признаков), расположенных в строго определенной последовательности (код строится по позиционному принципу) и составляющих в совокупности 63 элемента. Однако это число элементов не является обязательным во всех случаях, при необходимости оно может быть увеличено или уменьшено в процессе разработки рабочего проекта САПР ТП или ИПС ТН для конкретного предприятия.

Определение значений классификационных признаков по кодировочным таблицам и формирование КТК деталей при ручном выполнении этой работы требует больших затрат времени. Более целесообразным является машинное формирование кода на основе данных, содержащихся в таблицах кодированных сведений — ТКС [3].

2.3.2. Табличная форма информационной модели детали

В ряде САПР ТП /1, 3/ в качестве табличной формы информационной модели детали используют таблицы кодированных сведений (ТКС). ТКС составляется на основе кодирования информации, содержащейся на рабочем чертеже детали, получающемся на завершающей стадии конструирования. Поэтому ТКС можно считать результатом конструирования детали. В то же время ТКС является исходным документом для технологического проектирования, проектирования технологической оснастки и специального оборудования /5/.

Процессу кодирования детали и формирования ТКС предшествует подготовка чертежа детали по определенным правилам. Она состоит из двух этапов: определения положения базовой системы координат и нумерации элементов. Для деталей класса «тела вращения» положение базовой прямоугольной системы координат показано на рис. 7,а:

ось X совпадает с осью детали и ее положительная полуось направлена в «тело» детали;

плоскость YZ совпадает с крайней левой точкой детали;

положительное направление полуоси Y направлено вверх на основной проекции (разрезе) детали;

положение и направление оси Z определяется в соответствии со структурой правой прямоугольной системы координат детали.

Положение базовой цилиндрической системы координат для деталей класса «тела вращения» показано на рис. 7,а.

Для деталей, не являющихся телами вращения (плиты, рычаги, коробки, станины и т. д.), положение базовой прямоуголь-

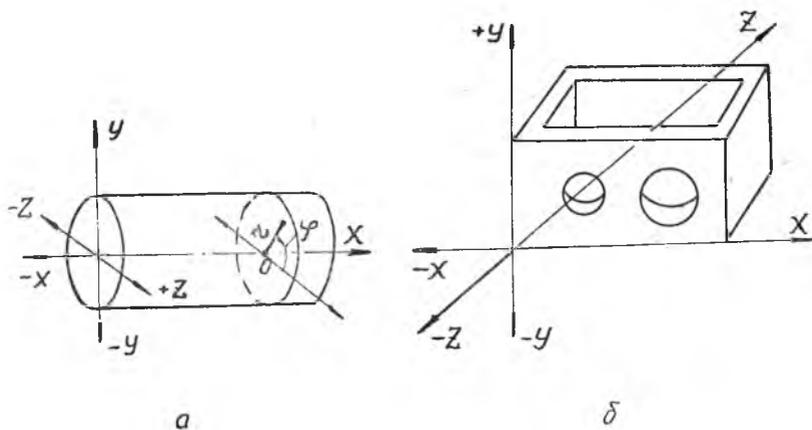


Рис. 7. Системы координат

ной системы координат устанавливается так, как показано на рис. 7,б: плоскость XU совмещается с установочной конструкторской базой детали; плоскость XZ — с направляющей конструкторской базой; плоскость YZ — с упорной конструкторской базой; положительное направление осей координат — в тело детали.

При составлении информационной модели деталь рассматривается как объект, состоящий из элементов, между которыми установлены отношения. Элементы детали делятся на: элементы формы — поверхности и их сочетания; качественные элементы — термообработка, покрытия, предельные отклонения и т. д.

Элементы формы подразделяются на две группы: элементы, составляющие основную форму детали; элементы, находящиеся в отношении наложения к элементам основной формы.

Элементы *первой группы* определяют форму детали, ее структуру, габариты. Для деталей типа «тела вращения» — это плоские торцевые поверхности, цилиндрические, конические, криволинейные поверхности, соосные с ними поверхности движения, получаемые из заготовок, имеющих квадратную, шестигранную и т. п. форму. Для остальных деталей — это плоские поверхности основных и дополнительных сторон детали. Стороны описанного параллелепипеда, параллельные координатным плоскостям базовой системы, координат детали, называют основными сторонами детали.

Элементы *второй группы* — это различные поверхности, образованные в результате последующей обработки поверхностей основной формы или же поверхностей, находящихся, в свою очередь, в отношении наложения к другим поверхностям (фаски, галтели, канавки, дополнительные отверстия, лыски, грани, резьбы, шлицы, элементы зубчатых зацеплений и т. п.).

Качественные элементы находятся всегда в *отношении наложения* к различным элементам формы.

Отношения устанавливают различные связи между элементами детали (размерные связи, предельные отклонения взаимного расположения поверхностей, отношения наложения, сопряжения, симметрии, конгруэнтности и т. д.).

Перед кодированием производится *нумерация элементов детали*. Для деталей класса 40 (тела вращения) нумерация элементов производится так, как показано на рис. 8. Начиная с крайнего правого торца, наружным и внутренним поверхностям, составляющим основную форму детали, номера присваиваются последовательно в порядке их сопряжения в положительном направлении обхода (против часовой стрелки). Если поверхность детали на различных участках имеет разные

свойства (шероховатость, термообработку, точность и т. п.), то каждый участок рассматривается как отдельный элемент, которому присваивается отдельный номер (рис. 8). Остальным элементам детали номера присваиваются произвольно, но без повторений.

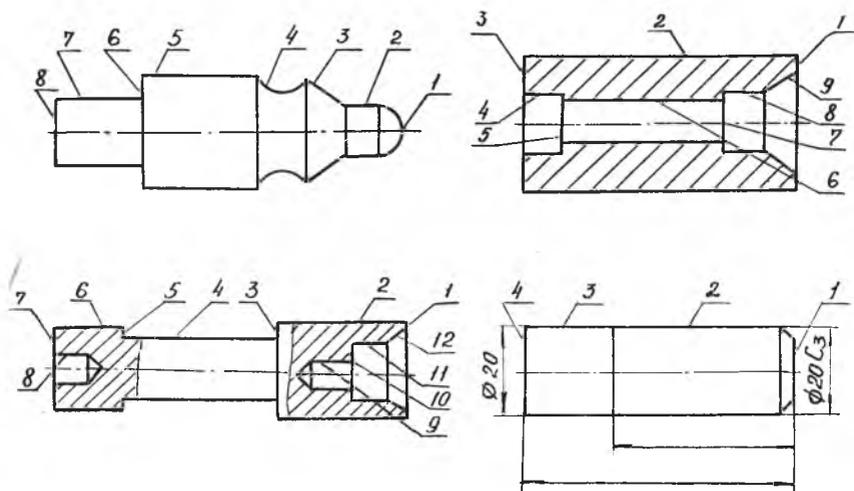


Рис. 8. Нумерация элементов детали

Таблицы кодированных сведений (ТКС), наряду с другими формами представления информации о деталях машин, получили наибольшее распространение в связи с их наглядностью при кодировании информации и простотой обращения к ним при проектировании.

Таблица кодированных сведений, используемая в КАС ТПП «Технолог» /3/ состоит из ряда массивов, содержащих информацию о различных свойствах деталей:

- массив А — общие сведения о детали (50 признаков);
- массив Б — общие сведения о поверхностях детали (51 признак);
- массив В — собственные размеры поверхностей вращения и движения основной формы детали (21 признак);
- массив Г — собственные размеры поверхностей вращения, находящихся в отношении наложения к поверхностям основной формы детали (8 признаков);
- массив Д — собственные размеры дополнительных отверстий;
- массив Е — собственные размеры некруглых фасонных поверхностей;
- массив Ж — собственные размеры лысок и пазов;

- массив И — собственные размеры резьб;
- массив К — собственные размеры шлицевых соединений;
- массив Л — собственные размеры элементов зубчатых зацеплений;
- массив М — данные о металлических покрытиях;
- массив Н — данные о лакокрасочных покрытиях;
- массив П — данные о термической обработке;
- массив Р — кодирование плоского контура в естественном виде без пересчета размеров;
- массив С — кодирование плоского контура в прямоугольных координатах;
- массив Т — кодирование плоского контура в полярных координатах;
- массив Ф — кодирование пространственных криволинейных поверхностей.

Каждый массив представляет собой множество из n кортежей (строк), где n — число элементов детали, описываемых массивом. Кортеж состоит из m компонентов (столбцов), где m — число параметров, описывающих тот или иной элемент детали. Так, в массиве А число компонент (признаков) кортежа равно 50. Таким образом, любой массив ТКС представляет собой прямоугольную матрицу $m \times n$.

III. ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ (ИПС) ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

3.1. НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ ИПС

Информационное обеспечение, наряду с математическим и техническим, является важнейшей составной частью АС ТПП. Информационно-поисковая система технологического назначения предназначается для централизованного ввода, хранения, корректировки, поиска и выдачи информации при решении технологических задач.

На первых этапах механизации и автоматизации ТПП информационно-поисковые системы использовались только как средство быстрого поиска в больших массивах информации при ручном решении задач. При этом основным пользователем ИПС был человек. По мере повышения уровня автоматизации решения технологических задач главными пользователями ИПС становятся системы специального назначения. Например, в САПР ТП механической обработки с помощью ИПС осуществляется поиск информации об оборудовании, приспособлениях, инструменте и т. д. В настоящее время сложилось две формы ИПС.

В первом случае ИПС создается для обслуживания системы автоматизированного проектирования и является частью (подсистемой) САПР ТП. На рис. 9 показана укрупненная структура информационной подсистемы (ИС) в комплексной автоматизированной системе ТПП «Технолог» /3/. Место этой подсистемы показано на рис. 3. Более подробно о таких системах будет сказано в гл. IV.

Другой формой являются автономные ИПС ТН, вопросы создания и использования которых будут рассмотрены ниже. Следует отметить, что многие задачи кодирования, ввода, размещения, переработки, поиска и выдачи информации во встроенных и автономных ИПС решаются одинаково. На рис. 10 показана одна из возможных структур автономной ИПС ТН /15/.

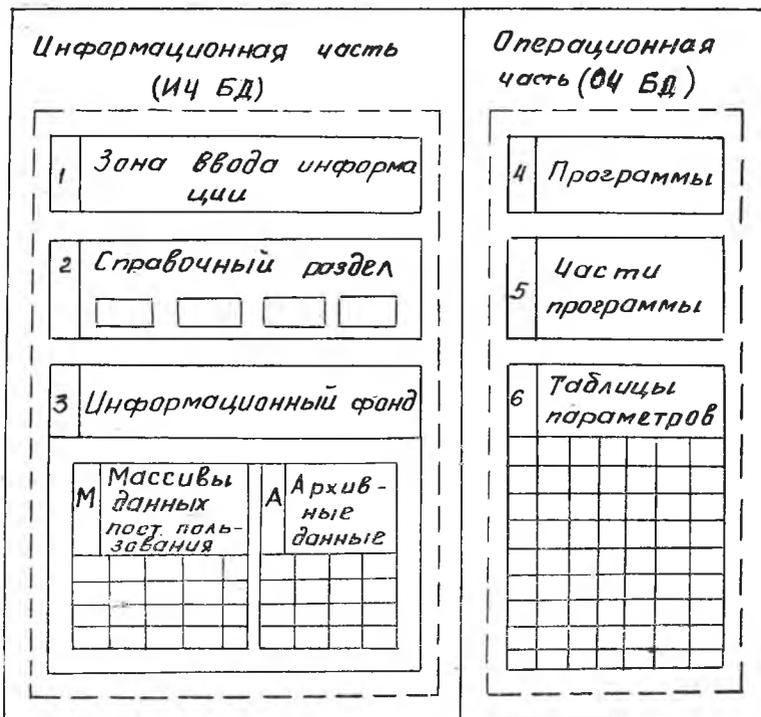


Рис. 9. Укрупненная структура информационной системы (банка данных)

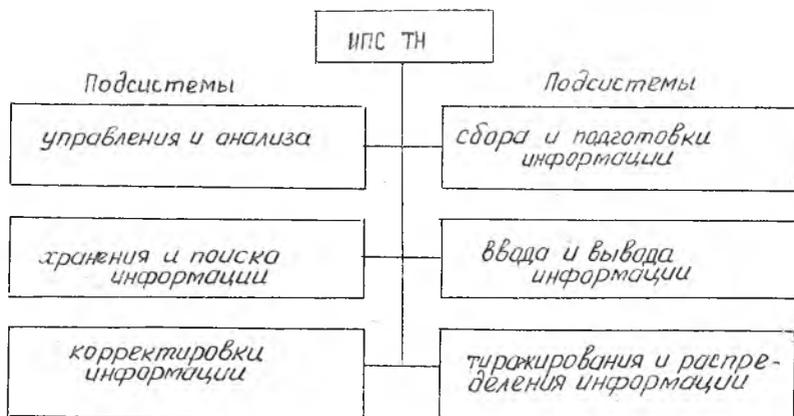


Рис. 10. Структура ИПС технологического назначения

Составные части структуры следующие.

Подсистема управления и анализа предназначена для управления последовательностью выполнения задач (обслуживания) подсистем специального назначения.

Подсистема хранения и поиска предназначена для организации хранения информации и выполнения поисковых функций (поиск объектов производства, технологических процессов и оснащения, поиск алгоритмов и вспомогательных данных). Следует отметить значительное влияние формы представления и хранения информации на методы поиска, а через них и на эффективность функционирования системы.

Подсистема корректировки информации служит для оперативной корректировки информационного фонда. Необходимость в этой подсистеме вызвана нестабильностью используемой в ТПП информации в связи с частыми изменениями в конструкции деталей и технологических процессах.

Подсистема сбора и подготовки информации предназначена для формирования информационного фонда. Информация об объекте (детали, инструменте, приспособлениях) собирается в соответствующих подразделениях и готовится в виде поисковых образов и т. д.

Подсистема ввода и вывода информации служит для организации обмена информацией между потребителями и системой, который осуществляется по специальным программам. Информация по запросу выводится либо на бумагу, либо на экран дисплея.

Подсистема тиражирования и распределения информации используется для снабжения пользователей твердыми копиями технологических документов и для передачи информации в ИПС более низкого уровня.

3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИПС ТН

Классификация ИПС ТН производится в соответствии с кодовым обозначением ИПС по ГОСТ 14.411-77.

По *сфере использования* и контингенту пользователей установлены следующие виды ИПС /15/:

индивидуального пользования;

коллективного пользования для технологического подразделения;

коллективного пользования для всего предприятия;

коллективного пользования в масштабе отрасли.

По *уровню автоматизации* выделяются следующие ИПС:

ручного обращения (картотеки);

механизированные (на картах с краевой перфорацией, ИПС на счетно-перфорационных машинах);

автоматизированные (на базе ЭВМ).

По виду выдаваемого результата выделяют ИПС:

документальные, когда пользователю в результате поиска выдается либо ссылка на документ, либо копия документа, содержащего искомую информацию;

фактографические, когда в результате поиска выдается лишь часть информации, содержащейся в документе (например, из хранящихся в информационном фонде каталогов оборудования по запросу можно получить табуляграмму, содержащую технические характеристики определенной модели станка);

смешанные ИПС допускают возможность их использования в качестве как документальных, так и фактографических.

По режиму работы выделяют:

ИПС ретроспективного поиска, которые обеспечивают поиск и выдачу информации из всего информационного фонда;

ИПС текущего оповещения, в которых поиск осуществляется лишь в пределах вновь поступающей информации по заранее составленным и хранимым в системе запросам;

ИПС смешанного типа, которые способны работать в режимах ретроспективного поиска и текущего оповещения.

По виду поиска различают ИПС:

с ассоциативным поиском информации, например, по набору признаков необходимо определить номера чертежей деталей;

с поиском объекта по его имени, в качестве имени может выступать номер чертежа детали, инструмента, приспособления;

ИПС со смешанным поиском.

По типу формализованного (информационно-поискового) языка (ИПЯ) различают ИПС:

с ИПЯ, основанными на перечисленных выше классификационных признаках;

с ИПЯ, основанными на использовании дескрипторов (описателей);

со смешанными ИПЯ, для которых характерно наличие специальных связей между дескрипторами (так называемые синтагматические ИПЯ).

По типу структуры информационного фонда возможны:

ИПС с постоянной структурой информационного фонда;

ИПС с переменной структурой информационного фонда.

По характеру процесса обработки информации выделяют:

ИПС с управляемым процессом обработки информации (поиск в режиме диалога человек—машина, когда человек имеет возможность управлять поиском информации);

ИПС с неуправляемым (автономным) процессом обработки информации.

По способу организации информационного фонда различают одно- и двухконтурные ИПС. Так, ИПС на картах красной пер-

форации имеет один контур поиска, ИПС на счетно-перфорационных машинах — два контура. Количество контуров в системе определяется как количество системно связанных массивов, содержащих информацию об одном и том же множестве объектов поиска с различной глубиной или формой описания.

Классификация ИПС по типу носителей информации проводится для каждого контура отдельно. Наиболее часто используются следующие носители информации:

Л — чертежи, книги, альбомы, каталоги и т. п.;

КК — каталожные карточки (например, карточки картотеки применяемости деталей);

КПК — перфокарты с краевой перфорацией (могут быть с эскизами);

ПКМ — перфокарты машинной сортировки (обычные 80-лонные);

АПКМ — апертурные перфокарты машинной сортировки (например, перфокарта с описанием детали и фотокадром ее чертежа);

РМ — рулонные микрофильмы;

МЛ — магнитные ленты;

МД — магнитные диски.

3.3. ВИДЫ ИНФОРМАЦИИ В ИПС И САПР ТП

Конкретизируя приведенное в гл. 1 понятие информационного обеспечения (ИО), можно отметить, что ИО САПР ТП представляет собой совокупности систем кодирования, классификации и унификации технологической информации, методов ее представления и организации, а также саму информацию в объеме, необходимом для выполнения всего процесса технологического проектирования.

В ИС САПР ТП и в ИПС ТН принято выделять следующие виды информации /3/.

Переменная информация — это разнообразные сведения о деталях основного производства. Переменная информация отражает данные, содержащиеся в конструкторских чертежах деталей основного производства, дополнительные сведениями об условиях производства (о размерах партии деталей и т. п.). Переменная информация обязательно кодируется, т. е. описывается на ВХЯ системы с занесением результатов в ТКС.

Условно-постоянная информация — это информация о производственных условиях, влияющих на ТПП. К условно-постоянной информации относятся сведения о металлорежущем оборудовании, станочных приспособлениях, режущих, вспомогательных и измерительных инструментах. К виду условно-постоянной информации относится также нормативно-справочная ин-

формация (нормативы для расчета припусков, режимов резания, норм времени и сведения другого рода, необходимые для проектирования).

Особую разновидность условно-постоянной информации представляет *критериальная информация*, которая является постоянной для конкретного класса задач, независимо от изменяющихся производственных условий. Критериальная информация отражает закономерности самой технологии, что предопределяет ее объективный, независимый характер (теория размерных цепей, теория базирования и т. п.).

Оперативной называют входную информацию, которая формируется перед началом работы ЭВМ и представляет собой пакет заданий на проектирование /3/.

В некоторых случаях выделяют еще промежуточную выходную информацию и другие виды.

Информация об объектах может быть занесена в базу данных ИПС ТН или ИС САПР ТП по-разному. Различают /15/ смежно-последовательное расположение информации в ЭВМ, списковые, сетевые и другие формы записи информации. По мнению специалистов /15/ информация, необходимая для решения технологических задач, должна быть представлена в базе данных в *табличном* виде. Представление же данных в виде деревьев, сетевых и списковых структур затруднит решение проблемы адаптации ИПС к изменению производственных и других условий. Стало быть, массивы условно-постоянной информации (о технологическом оборудовании, приспособлениях и инструментах, сортаменте металла и т. п.) необходимо представлять в табличной форме.

3.4. ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Справочные таблицы, используемые при традиционном (ручном) технологическом проектировании, отличаются большим разнообразием по форме, размерности и т. п. При автоматизированном ТП сохранение разнообразия таблиц потребовало бы каждый раз составлять программу или специальное программное описание для каждой таблицы. Это, в свою очередь, привело бы к увеличению сроков и стоимости разработки САПР ТП, создало бы трудности при периодически необходимом обновлении информационной базы САПР.

Для устранения указанных и других трудностей разработана формальная модель обобщенной справочно-нормативной таблицы /2/. Справочная таблица в общем случае является формой выражения функции F , зависящей от n переменных: $F(x_1, \dots, x_n)$, причем i -тая переменная может принимать конечное множество

значений x_{i1}, \dots, x_{i,m_i} . В ряде случаев от одного и того же набора переменных (аргументов) зависит несколько функций. Например, от метода обработки (сверление, рассверливание) и вида материала зависят коэффициенты C_p и C_m и показатели степеней $x_p, y_p, z_p, x_m, y_m, z_m$ для уравнений по определению осевой силы и крутящего момента при сверлении и рассверливании (табл. 4). В таких случаях оказывается целесообразным составлять таблицу для определения не одной, а нескольких функций. Стало быть, по характеру решаемых задач, справочно-нормативные таблицы можно разделить на *однофункциональные* (табл. 5 и 6) и *многофункциональные* (табл. 1, 2, 3 и 4).

Всякая справочная таблица состоит из таблицы аргументов (ТА) и таблицы значений (ТЗ) функции (или функций). В таблице аргументов записывается область определения функции.

В зависимости от местоположения таблицы аргументов, справочные таблицы разделяют на три типа [2].

Таблица 1 типа — многофункциональная, с вертикальной таблицей аргументов (ТАВ). В 1-й, 2-й и n -й строках ТАВ (табл. 1 и 2) располагают значения переменных x_1, x_2, \dots, x_n в иерархическом порядке по возрастанию величины m_i , выражающей количество значений переменной x_i . Такой порядок размещения значений переменных минимизирует таблицу, упрощает процесс перфорации и ввода ее в ЭВМ, сокращает объем ЗУ, занимаемый таблицей, сокращает время поиска решения по ней. Таблица значений функций представляет собой прямоугольную матрицу, стороны которой содержат значения f_{ij} функций P_i . При этом число функций P_i (число строк) может изменяться от 1 до l .

Таблица 1

Таблица 1 типа

ТАВ	$x_{1,1}$	x_{11}					...					x_{1,m_1}				
	$x_{2,1}$	x_{21}	x_{22}	...			x_{2,m_2-1}	x_{2,m_2}	...							
ТЗ	$x_{n,1}$	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	x_{n4}	x_{n5}									x_{n,m_n}	
	P_1	f_{11}								f_{1j}					f_{1,m_n}	
	P_i	f_{i1}								f_{ij}					f_{i,m_n}	
	P_l	f_{l1}								f_{lj}					f_{l,m_n}	

Таблица 2

Таблица выбора элементов матрицы при холодной штамповке

ТАВ	$\angle H \leq$	20					—				
	$\angle S \leq$	0,5	1,0	2,5	4,0	5,0	0,5	1,0	2,5	4,0	5,0
	β°	2°	2°	2°	3°	3°	2°	2°	2°	3°	3°
ТЗ	α°	0°10'	0°15'	0°20'	0°30'	0°45'	0°10'	0°15'	0°20'	0°40'	0°45'
	Конусн.	1:200	1:100	1:50	1:38	1:30	1:200	1:100	1:100	1:50	1:35
	h	6	6	6	8	8	6	8	8	10	10

Примечание. H — ширина полосы; S — толщина листа; β° , α° — конусность и h — параметры рабочей части матрицы.

Значения переменных в таблице аргументов располагаются таким образом, чтобы построенный по ней граф, вершинам которого соответствуют значения переменных, а дугам — наличие связи между ними, имел бы структуру растущего дерева.

Отметим еще, что переменные X_1, \dots, X_n входят в таблицу аргументов с различными отношениями α_i , которые могут принимать одно из следующих значений: $<$ меньше; $>$ больше; \leq меньше или равно; \geq больше или равно; $=$ равно; \ll находится в интервале.

Таблица 3.

Таблица II типа

ТАГ			ТЗ							
Y_{α_1}	Y_{α_2}	\dots	Y_{α_n}	P_1			P_i			P_e
Y_{11}	Y_{21}		Y_{n1}	f_{11}			f_{i1}			f_{e1}
			Y_{n2}							
	Y_{22}		Y_{n3}							
			Y_{n4}							
\vdots	\vdots		\vdots	f_{i1}		f_{i2}			f_{ie}	
\vdots	\vdots		\vdots							
	Y_{2, n_2-2}									
	Y_{2, n_2}		Y_{n, m_n}	$f_{m_n, 1}$			$f_{m_n, i}$			$f_{m_n, e}$

Отношение α_i должно быть общим для всех значений переменной X_i . Если значения переменной X_i входят в F с различными отношениями, то их необходимо свести к одному.

Например, если X_i принимает множество значений:

$$\leq 10, \leq 15, \leq 20, > 20,$$

то его можно заменить таким

$$\leq 10, \leq 15, \leq 20, \leq A,$$

где A — число, заведомо превосходящее возможное значение переменной X_i .

Таблица II типа — также многофункциональная, с горизонтальной таблицей аргументов (ТАГ). ТАГ располагается слева перед ТЗ и состоит из столбцов (табл. 3). Переменные Y_1, \dots, Y_n располагаются в 1-м, 2-м ..., n -м столбцах в иерархическом порядке по возрастанию величины Y_i , выражающей количество значений P_i .

Иллюстрацией реализации таблицы II типа является табл. 4 для выбора коэффициентов и показателей степени.

Таблица 4

Таблица выбора коэффициента и показателей степени

КОД	КМД	ТАГ							
		C_p	X_p	Y_p	Z_p	C_m	X_m	Y_m	Z_m
70	1-10	84	0	0,7	1	0,069	0	0,8	2,0
	11-18	105	0	0,77	1	0,164	0	0,78	1,76
	19-21	62,5	0	0,8	1	0,046	0	0,8	1,9
71	1-10	34,7	1,3	0,7	0	0,158	0,9	0,8	1,0
	11-18	45	1,3	0,7	0	0,310	0,9	0,8	1,0

Примечание. КОД — Код метода обработки:
70 — сверление, 71 — рассверливание;

КМД — Код материала: 1—10 — углеродистые стали,
11—18 — жаропрочные стали; 19—21 — чугун.

Таблица III типа — однофункциональная, когда информация описывается функциональной зависимостью, в которой значение функции представляет собой один элемент. В таблицах этого типа (табл. 5) сверху располагается ТАВ, слева ТАГ, в центре — таблица значений (ТЗ) функции. Примером таблиц III типа может служить табл. 6 для определения припуска на фрезерование плоскостей.

Структура ТЗ для всех типов таблиц представляет собой прямоугольную матрицу. При изменении ее содержания или

величины, программа поиска решений из матрицы остается неизменной.

Введение рассмотренной модели позволяет формализовать процесс составления алгоритмов для обработки справочно-нормативной информации.

Таблица 5

Таблица III типа

ТАГ

		$X_{1\alpha_1}$		X_{11}		...	X_{1m_1}		ТАВ	
		$X_{2\alpha_2}$		X_{21}	X_{22}	...	X_{2m_1-1}	X_{2m_2}		
$Y_{1\alpha_1}$	$Y_{2\alpha_2}$	X_{n1}		$X_{n,2}$	$X_{n,2}$	$X_{n,3}$	$X_{n,4}$	$X_{n,5}$	...	ТАЗ
		$Y_{n2,1}$	f_{11}	
Y_{11}	Y_{21}	$Y_{n2,2}$	.	.	.	.	.	.	.	ТАЗ
	Y_{22}	$Y_{n2,3}$	.	.	.	.	.	.	.
.	.	$Y_{n2,4}$	.	.	.	.	.	.	.	ТАЗ
.	.	.	f_{i1}	.	.	.	f_{ij}	.	f_{i,m_1}	
Y_{1n_1}	Y_{2n_2}	.	.	.	.	.	.	.	.	ТАЗ
		
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	ТАЗ
.	.	.	.	.	.	.	.	.	$f_{m_2m_1}$	

Таблица 6.

Операционные припуски на фрезерование поверхностей

ТАГ

		КОД		63			64			ТАВ
		$h \leq$	$b \leq$	$l \leq$	100	250	400	100	250		400
30	200		1,0	1,2	1,5	1,0	1,0	1,0	ТАЗ	
	400		1,2	1,5	1,7	1,0	1,0	1,0		
50	200		1,0	1,5	1,7	1,0	1,0	1,2	ТАЗ	
	400		1,5	1,5	2,0	1,0	1,2	1,2		
100	200		1,5	1,7	2,0	1,0	1,3	1,5	ТАЗ	
	400		1,7	2,0	2,5	1,3	1,5	1,5		

Примечание. 63 — черновое фрезерование, 64 — чистовое фрезерование; h — толщина, b — ширина, l — длина фрезерования.

3.5. ТАБЛИЦЫ СООТВЕТСТВИЙ

Проектирование технологических процессов включает процедуру принятия различных решений, определяющих технологию обработки и ее особенности, средства оснащения и т. п. Задачи принятия решений сводятся в принципе к анализу соответствий между конечным множеством возможных решений и конечным множеством значений условий, влияющих на выбор этих решений.

Количество независимых условий, влияющих на выбор решений, может быть весьма большим (до 20 и более), а число значений условий может превосходить несколько десятков. Число возможных комбинаций исходных условий при решении даже простых задач достигает десятков и сотен тысяч. Простой перебор всех вариантов, даже при использовании средств ВТ, трудно осуществим. Поэтому оказалось необходимым разработать специальный метод решения таких задач, названный методом поиска решений по таблицам соответствий [2].

Теоретической основой метода является понятие соответствия как наиболее общего отношения между множествами условий задачи и множествами возможных решений.

Формой задания соответствий, удобной для составления алгоритмов и последующей машинной обработки, является таблица соответствий. Таблицы соответствий выражают связи между множествами возможных решений и множествами условий их применения.

Таблица 7

Исходная таблица соответствий $T(X, Y)$

Множество условий существования решений															Множество возм. решений			
X_1			X_2			X_3			X_4			X_5						
x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{45}	x_{51}	x_{52}	x_{53}	x_{54}	y
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	
		1	1	1	1			1			1			1		1		4 ₁
	1			1	1	1				1			1			1		4 ₂
		1		1	1			1			1			1			1	4 ₃
1		1	1	1	1			1		1				1			1	4 ₄
1		1	1	1	1	1				1				1			1	4 ₅
			1	1	1			1		1			1			1	1	4 ₆
			1	1	1			1		1			1			1	1	4 ₇
1		1	1	1	1			1		1				1			1	4 ₈
			1	1	1			1	1				1			1	1	4 ₉

Общая структура таблицы соответствий приведена в табл. 7. В левой верхней части таблицы записывают область отправления, содержащую множество условий существования решений (множество условий $X = \{x_1, \dots, x_n\}$). Каждое условие $X_1 \in X$ может принимать некоторое конечное множество значений x_{11}, \dots, x_{1n} . В табл. 7 элементы множества значений обозначены 1, 2, 3, Отметим, что значения условий в ТС могут быть записаны в виде их кодов, идентификаторов и т. п. В правой части таблицы записывают область прибытия, представляющую собой множество $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$, элементы которого характеризуются общим технологическим содержанием. По существу, область прибытия содержит не множество решений, а множество m вариантов решения, поскольку в одной таблице соответствий элементы множества Y не могут иметь различное технологическое содержание. Для иллюстрации в табл. 9 приведена таблица соответствий для выбора вспомогательного инструмента для накатки сетки. Область прибытия (решения) здесь содержит перечень типов (индексов) державок для накатки, т. е. список вариантов одного решения — выбора державки.

В центральной части таблицы соответствий (табл. 7) фиксируются связи между условиями и решениями. В таблице наличие связи между условием и решением обозначено 1, а отсутствие связи — пустой клеткой.

Таблица 8
 Нормализованная таблица соответствий $T(X, Y)$

X_1		X_3			X_4		X_5		Y
1,3	2	1	2	3	1,3,5	2,4	1,3	2,4	
1		1	1		1			1	Y_1
	1	1				1		1	Y_2
	1		1		1			1	Y_3
1			1			1		1	Y_4
1		1				1		1	Y_5
			1		1			1	Y_6
			1		1			1	Y_7
1			1			1		1	Y_8
				1		1		1	Y_9

Следует отметить, что множество решений $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$ и множество значений всех условий X_i определяют матрицу соответствий. Решению y_i соответствует j -я строка матрицы, k -ому значению i -го условия соответствует столбец матрицы соответствий с номером $k + \sum_{i=1}^n n_i$. Число элементов матрицы соответствий равно $m \sum_{i=1}^n n_i$, где n_i — число значений i -го условия, m — число вариантов решения некоторой технологической задачи.

Таблица 9

Таблица выбора вспомогательного инструмента (державки) для накатки

Решения		X_1 Модель станка										X_2 Тип накатки		X_3 Шаг накатки мм					
		1112	1Б12	1118	1Б18	А20	1А124	1Б124	1А136	1Б136	1Б140	1	2	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	
У	Индекс державки	1112	1Б12	1118	1Б18	А20	1А124	1Б124	1А136	1Б136	1Б140	1	2	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	
1	Да 42-1																		
2	Да 42-3																		
3	Да 42-2																		
4	Да 43-1																		
5	Да 43-3																		
6	Да 43-2																		
7	Да 51																		
8	Да 5-2																		
9	Да 5-4																		
10	Да 54-1																		
11	Да 54-2																		
12	Да 54-3																		
13	Да 54-4																		

Упомянутые выше табл. 7 и 9 носят название *исходных таблиц соответствий* (ТС). Исходные ТС получают простым табулированием справочных и нормативных материалов, результатов обобщения опыта машиностроительных заводов и отраслей.

Исходные ТС не могут быть использованы непосредственно в алгоритмах выбора решений, так как они имеют ряд недостатков: недостаточность или избыточность информации, большой объем таблиц соответствий в связи с наличием в них избыточных данных и нулевых значений условий. Поэтому исходные таблицы соответствий необходимо преобразовать. Преобразо-

вание состоит из нормализации, оптимизации и корректировки исходных ТС.

Для преобразования исходной таблицы соответствий в *нормализованную ТС* необходимо выполнить следующие действия:

1. Удалить все столбцы, соответствующие значениям безразличного параметра. *Безразличным* относительно таблицы соответствий $T(X, Y)$ называют параметр $X_b \in X$, если все его значения безразличны относительно этой таблицы. В табл. 7 безразличным является параметр (условие) X_2 , поэтому он в нормализованную ТС (табл. 8) не включен. В то же время параметр X_5 , у которого значения x_{52} и x_{54} безразличны, а значения x_{51} и x_{53} являются неопределенными, в целом не является безразличным, и он включен в нормализованную ТС (табл. 8).

В табл. 9 безразличным будет параметр X_3 — шаг накатки, потому что накатку сетки с любым шагом можно выполнить с использованием любой из державок, перечисленных в таблице решений (область прибытия). Иными словами, между значениями этого параметра $S = 0,5 \dots 1,5$ и типами державок зависи-

Таблица 10

Нормализованная таблица выбора вспомогательного инструмента для накатки

Решения		X_1 Модель станка				X_2 тип накатки	
У	Индекс державки	DaR12	1112 1512 1118 1B118	A20	1A124 15124 15136 15136 15140	1	2
1	Da 42-1						
2	Da 42-3						
3	Da 42-2						
4	Da 43-1						
5	Da 43-3						
6	Da 43-2						
7	Da 5-1						
8	Da 5-2						
9	Da 5-4						
10	Da 5-1						
11	Da 5-2						
12	Da 5-3						
13	Da 5-4						

мости нет. Поэтому при выборе типа державки шаг накатки можно не учитывать.

2. Уплотнить таблицу соответствий путем объединения столбцов с одинаковыми соответствиями между значениями условий и вариантами решения. Для исходной ТС по табл. 7 по этому принципу объединены значения 1, 3 условия X_1 , значения 1, 3 и 5 условия X_4 и т. д. (сравним табл. 7 и 8). Для ТС по табл. 9 уплотнение сводится к объединению столбцов с моделями станков, для которых подходят одни и те же типы державок. Например, столбцы с обозначением станков 1112, 1Б112, 1118 и 1Б118 (табл. 9) объединены в один столбец в нормализованной ТС в табл. 10 и т. д. Сравнение исходных табл. 7 и 9 с нормализованными (табл. 8 и 10) показывает, что после нормализации ТС становятся более удобными для пользования и во много раз меньшими при выполнении тех же функций.

3.6. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ТАБЛИЦ СООТВЕТСТВИЙ

При автоматизированном проектировании технологических процессов оптимизация принимаемых решений является обязательной.

В технической литературе часто приводится «схема многоуровневого автоматизированного проектирования ТП», (рис. 3) /19/. По этой схеме на всех трех уровнях (проектирование принципиальной схемы ТП, проектирование технологического маршрута и проектирование операционной технологии) разрабатываются (синтезируются) несколько вариантов решения. Для всех вариантов уровня вычисляются показатели эффективности (технологическая себестоимость, трудоемкость, приведенные затраты и т. д.), сравнение величины которых дает основание отобрать для дальнейшей разработки оптимальный вариант.

При всех достоинствах этого метода оптимизации, он имеет и существенные недостатки: многократно увеличиваются затраты машинного времени на проектирование многих вариантов на всех уровнях, на расчет критериальных показателей, требуется большой объем памяти ЭВМ, превосходящий по своим размерам возможности современных ЭВМ, и т. д.

Более рациональным является метод, при котором оптимизация выполняется не в процессе самого технологического проектирования для каждой детали, а переносится на этап составления исходных таблиц соответствий /3/. В этом случае затраты времени на оптимизацию отдельных решений распределяются на весь период использования программ и информационных массивов и доля их для отдельных задач будет незначительной.

Рассмотрим таблицы соответствий как средство оптимизации выбираемых решений /3/. При этом могут быть два случая:

решение определяется однозначно на основании только технических требований, например выбор углов заточки инструмента, смазывающе-охлаждающей жидкости и т. д. применительно к определенной марке материала и виду обработки;

решение определяется неоднозначно, из ряда технически возможных решений должно быть выбрано одно наиболее эффективное в заданных условиях, например, выбор варианта технологической операции, оборудования и т. п., когда один и тот же результат может быть получен различными методами при различных затратах.

В первом случае таблица соответствий, составленная на основе существующих нормативов, стандартов и других регламентирующих материалов, не нуждается в оптимизации.

Во втором случае в исходную таблицу соответствий включаются все технически допустимые варианты решения, а затем производится их оптимизация. Задача оптимизации состоит в том, чтобы для каждого значения $x \in X$ области отправления найти технически возможные и наиболее экономически эффективные решения $y \in Y$.

На рис. 11,а приведена исходная таблица соответствий $T(X, Y)$. Для различных значений $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ одного из условий X определено конечное множество вариантов решения $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$. Как видно из графика на рис. 11,а, для всех

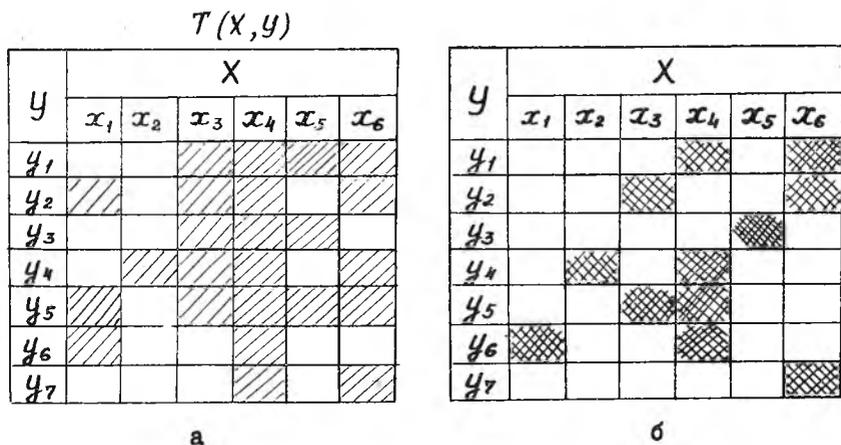


Рис. 11. Технически возможный график (а) и экономически эффективный график (б) соответствий

значений условий, кроме x_2 , одному значению области отправления соответствует не один, а несколько вариантов решения (заштриховано). Иными словами, одному и тому же значению условия соответствуют разные технические решения. Например, значению x_1 соответствуют варианты y_2 , y_5 и y_6 решения Y .

Варианты решения для каждого значения x_i по своим экономическим показателям неравноценны. Для определения рациональных (оптимальных) вариантов необходимо для каждого из них определить показатель эффективности. Наиболее разработана методика оптимизации вариантов ТП, операций, переходов по экономическим критериям — технологической себестоимости C , трудоемкости T , приведенным затратам $Z_{пр}$ и др.

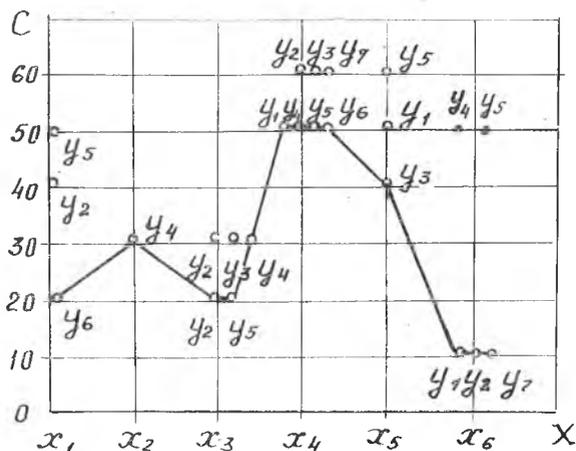


Рис. 12. График оптимальных решений в таблице соответствий по рис. 11,а

Вычисленные значения $y_i \in Y$ для каждого из значений условия $x_i \in X$ наносят на график (рис. 12). Для наглядности точки, соответствующие минимальным затратам, соединяют прямыми линиями (рис. 12). Полученная ломаная линия (линия минимальных затрат) соединяет точки, принадлежащие вариантам решения $y \in Y$; последние при заданных $x_i \in X$ являются, с одной стороны, технически возможными, а с другой — наиболее экономичными. Примем эти решения в качестве оптимальных. На рис. 11,б оптимальные решения показаны перекрестной штриховкой (в разные стороны).

Подобным же образом производят оптимизацию вариантов решения для остальных условий, а затем составляют общую

таблицу соответствий. С помощью каждого из соответствий определяют частные оптимумы (как в приведенном выше примере), а поскольку соответствия независимы одно от другого, то таблица соответствий (общая) будет определять общий оптимум по ряду одновременно действующих условий. Таким образом, при применении рассмотренного выше метода процесс оптимизации принимаемых решений переносится из этапа проектирования ТП для конкретных деталей в этап подготовки информационных массивов.

IV. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК (САПР ТП МО) НА ОСНОВЕ ТИПИЗАЦИИ

4.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УНИФИКАЦИЯ

Прогрессивным направлением совершенствования методов проектирования технологических процессов, средств оснащения и организации производства является технологическая унификация. Основными ее направлениями, уже нашедшими широкое применение в машиностроении, являются типизация технологических процессов и групповой метод обработки деталей.

Технологическая унификация, как объединение типизации и групповой обработки в единое целое, дает следующие преимущества /1/:

а) научное обоснование и обобщение прогрессивных технологических решений, оправдавших себя в заводской практике, с распространением их на аналогичные технологические задачи;

б) повышение степени серийности при обработке и создание, тем самым, предпосылок для внедрения высокопроизводительных технологических процессов, оборудования и оснастки для использования в условиях серийного производства методов массового производства;

в) повышение качества (уровня) технологических разработок (решений);

г) сокращение количества и области влияния субъективных решений при проектировании ТП;

д) уменьшение затрат времени на технологическую подготовку путем сокращения рутинных работ и соответствующего высвобождения технологов для решения более сложных технологических задач, требующих творческого подхода;

е) создание предпосылок (основ) для автоматизированного проектирования технологических процессов.

В настоящее время типизация разрабатывается и используется на трех уровнях: 1) типизация ТП обработки отдельных

(элементарных) поверхностей; 2) типизация ТП обработки сочетаний поверхностей; 3) комплексная типизация ТП обработки заготовок.

Важно отметить, что типизация ТП является краеугольным камнем всех методов и систем автоматизированного проектирования ТП. Так, многоуровневый (многошаговый) метод синтеза ТП /18/ базируется на первом и отчасти на втором уровнях технологической типизации; рассматриваемые ниже в настоящей главе метод и САПР ТП базируются на типизации 111 третьего уровня.

Работа по типизации ТП на любом уровне должна начинаться с проведения классификации (элементарных поверхностей, их сочетаний и деталей). Основной задачей классификации является приведение всего многообразия заготовок, поверхностей, их сочетаний и деталей к минимальному количеству типов, для которых можно разработать типовые технологические процессы в нескольких вариантах, чтобы для любого конкретного случая обработки заготовки, поверхности или сочетания поверхностей можно было выбрать наиболее рациональный для данных условий производственный процесс. Признаки, закладываемые в основу классификации, должны удовлетворять условиям, при которых обработка могла бы быть осуществлена по одному и тому же технологическому процессу.

Классификация и типизация обработки элементарных поверхностей. Признаками для классификации элементарных поверхностей являются: форма поверхности; размеры поверхности; материал изделия; требуемая точность (по размеру, форме и качеству).

В машиностроении накоплен большой опыт использования типовых схем (планов) обработки различных поверхностей. Многие из них зафиксированы в руководящих и справочных материалах; для реализации таких схем изготавливаются наборы (комплекты) режущего инструмента. Так, например, для обработки отверстий диаметром 16 мм в сплошном металле схемы обработки и наборы инструментов будут следующими:

Заданная точность	7 квал.	9 квал.
Сверление	15,0 мм	15,0 мм
Зенкерование	15,85	15,85
Предварит. развертывание	15,95	—
Чистовое развертывание	16,00	16,00

В технологической литературе, к сожалению, нет установленной терминологии для рассматриваемого понятия. Так, В. Д. Цветков /19/ набор и последовательность переходов, обеспечивающих получение требуемых точности, чистоты и других

параметров поверхности, предлагает называть элементарным технологическим процессом или маршрутом обработки поверхности (МОП). А. А. Маталин /13/ использует термин «типовой технологический процесс обработки поверхности», а С. П. Митрофанов /15/ называет это «элементарным типовым технологическим процессом».

Набор и последовательность переходов для обработки элементарной поверхности не соответствуют определению технологического процесса и маршрутного технологического процесса по ГОСТ 3.1109-73. Поэтому в последующем мы будем использовать термин «типовой план обработки поверхности», как это принято в работе /3/.

Классификация и типизация обработки сочетаний поверхностей. Таким термином называют обычно набор (комплекс и т. д.) элементарных поверхностей, образующих конструктивный элемент детали определенного функционального назначения — например, набор поверхностей, образующих шпоночный паз, шлицы, зубья, резьбу и т. д. В. Д. Цветков /18/ называет такие сочетания поверхностей нормализованными или типовыми поверхностями. Более полно задачам автоматизированного проектирования будет отвечать термин «конструктивно-технологические элементы деталей» (КТЭ). Такое понятие является более широким, так как сюда можно отнести не только упоминавшиеся выше сочетания поверхностей (пазы, зубья, шлицы и т. д.), но и более сложные сочетания поверхностей, образующих замковую часть лопатки компрессора или турбины ГТД и т. д. /12/.

Признаком, объединяющим такие сочетания поверхностей в одну классификационную группировку, является признак единства (общности) функционального назначения. Признаками классификации КТЭ на подгруппы, типы и т. д. являются: конфигурация (конструкция) КТЭ (замок типа «ласточкин хвост», «двузубая елка» и т. п.), форма и размеры поверхностей, материал детали, требуемая точность.

При типизации для каждой классификационной группировки КТЭ разрабатывают типовую технологию изготовления разного уровня и разной степени детализации (принципиальную схему, технологический маршрут, типовые операции и переходы).

Комплексная типизация технологических процессов обработки заготовок базируется на классификации деталей (не поверхностей и не конструктивно-технологических элементов деталей, а деталей) по конструктивно-технологическим признакам (см. гл. 2). Типизация ТП включает в себя анализ и упорядочение отдельных деталей или узлов с целью объединения конструктивно и технологически сходных отдельных деталей (узлов) в соответствующие классы, группы, типы деталей. Под типом подразумевается совокупность близких по форме и размерам

деталей одного класса, которые можно обрабатывать по общему типовому технологическому процессу.

Типовой технологический процесс, таким образом, является унифицированным процессом обработки всех деталей группы (типа). Он является как бы объединением большого количества индивидуальных процессов изготовления. Достигаемое при этом уменьшение всей совокупности технологических процессов, нуждающихся в разработке, ведет к значительному сокращению издержек (затрат) на проектирование ТП. Поэтому типовые технологические процессы изготовления могут быть разработаны очень тщательно и с использованием новейших достижений науки и передового производственного опыта в масштабах предприятия, отрасли промышленности и народного хозяйства в целом.

Типовые решения технологических задач дают наибольший народнохозяйственный эффект в том случае, если являются комплексными, оптимальными в техническом и экономическом отношении и разработаны с учетом новейших достижений науки и техники.

По ГОСТ 3.1109-73, в зависимости от количества наименований изделий, охватываемых процессом, устанавливается два вида технологических процессов: единичный и типовой.

Типовой технологический процесс — ТП, характеризующийся единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками. Типовой ТП применяется либо как информационная основа при разработке рабочего технологического процесса, либо как рабочий ТП при наличии всей необходимой информации для изготовления детали.

В соответствии с ГОСТ 14.301-83 *типовой ТП* разрабатывается для изготовления в конкретных производственных условиях *типового представителя* группы изделий (деталей), обладающих общими конструктивно-технологическими признаками. К типовому представителю группы (типа) относят изделие (деталь), обработка которого требует наибольшего количества основных и вспомогательных операций, характерных для изделий, входящих в эту группу.

В рассматриваемой в гл. 4 САПР ТП типовые технологические процессы используются как информационная основа, как модель (трафарет, матрица) для машинного проектирования технологических процессов на заданные детали.

4.2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И САПР ТП НА ОСНОВЕ ТИПИЗАЦИИ ТП

Описываемая САПР ТП /7/ предназначена в основном для автоматизированного проектирования ТП механической обработки деталей класса «тела вращения». В самых общих чертах состав и принципы функционирования системы сводятся к следующему.

Первой и основополагающей частью метода и системы автоматизированного проектирования является *система классификации и группирования деталей*. Все детали, подлежащие переводу на автоматизированное проектирование ТП, разделяются на группы.

Методологической основой САПР ТП на принципах типизации ТП является групповая информация. Для каждой группы деталей создается комплексный представитель. Его чертеж должен иметь все поверхности всех деталей данной группы. Поверхности комплексного представителя, а в необходимых случаях — координатные оси и точки, нумеруются по определенным правилам. При решении задач проектирования номера поверхностей играют роль кодовых чисел или признаков, по значениям которых определяется число ступеней обработки и т. п. Далее, применительно к чертежу комплексного представителя, разрабатывается обобщенный (сводный, унифицированный, типовой) технологический процесс, оформляемый в виде двух документов: «Сводный перечень операций» и «Сводный перечень переходов».

В ряде случаев указанные документы называют типовыми технологическими решениями (ТТР). Следует отметить, что до настоящего времени таблицы типовых решений (обобщенная маршрутная технология и обобщенная операционная технология) разрабатываются, как правило, вручную. Для автоматизированного проектирования технологического маршрута и состава операций на заданные детали на основе типовых технологических решений (ТТР) разрабатываются (также вручную) таблицы применимости операций и таблицы применимости переходов, которые по форме являются таблицами соответствий.

Теперь будет понятной особая важность выбора оптимального размера группы деталей, для которой разрабатывается перечисленная выше групповая информация. При уменьшении номенклатуры деталей в группе упрощаются все виды групповой информации (чертеж комплексного представителя, обобщенный технологический маршрут, обобщенная операционная технология, таблицы применимости) и, в результате, сокращаются трудоемкость и сроки их разработки. Но при этом

уменьшаются масштабы использования этой информации и при очень малом объеме группы затраты на ее подготовку могут не окупиться. С другой стороны, при чрезмерном увеличении номенклатуры деталей в группе все компоненты групповой информации становятся сложными и громоздкими, затраты на их подготовку резко возрастают, возрастает машинное время автоматизированного проектирования ТП на конкретные детали.

Подсистема подготовки переменной (оперативной) информации содержит правила и формы подготовки информации на детали, для которых необходимо спроектировать ТП. Формой представления переменной информации является КИД — карта информации о детали.

В состав САПР ТП входят также функциональные подсистемы (рис. 13): определение состава и последовательности операций; определение состава и последовательности переходов; расчет операционных размеров; выбор измерительного инструмента; выбор режущего и вспомогательного инструмента; определение параметров режима резания (глубины резания, подачи, скорости резания, числа оборотов); расчет нормы времени.

Алгоритмическое и программное обеспечение системы строится по модульному принципу. Блок-схема алгоритма управляющего модуля САПР ТП механической обработки показана на рис. 13. Содержание рисунка хорошо иллюстрирует сказанное выше о составе и функционировании САПР ТП на основе типизации ТП.

4.3. ПОДГОТОВКА ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ДЕТАЛИ

Формой представления информации о детали в рассматриваемой САПР ТП механической обработки является карта информации о детали — КИД. Для записи данных о детали в КИД необходимы следующие первичные источники информации:

- чертеж детали;
- чертеж исходной заготовки на деталь (если он имеется);
- альбом чертежей комплексных представителей групп деталей (конкретно — чертеж комплексного представителя группы деталей, в которую входит рассматриваемая деталь);
- бланк «Карта информации о детали»;
- ведомость расщепки деталей;
- нормали (ОСТы, ГОСТы) на стандартные конструктивные элементы (фаски и сбеги резьбы, канавки для выхода резьбы и др.);
- график запуска деталей в производство.

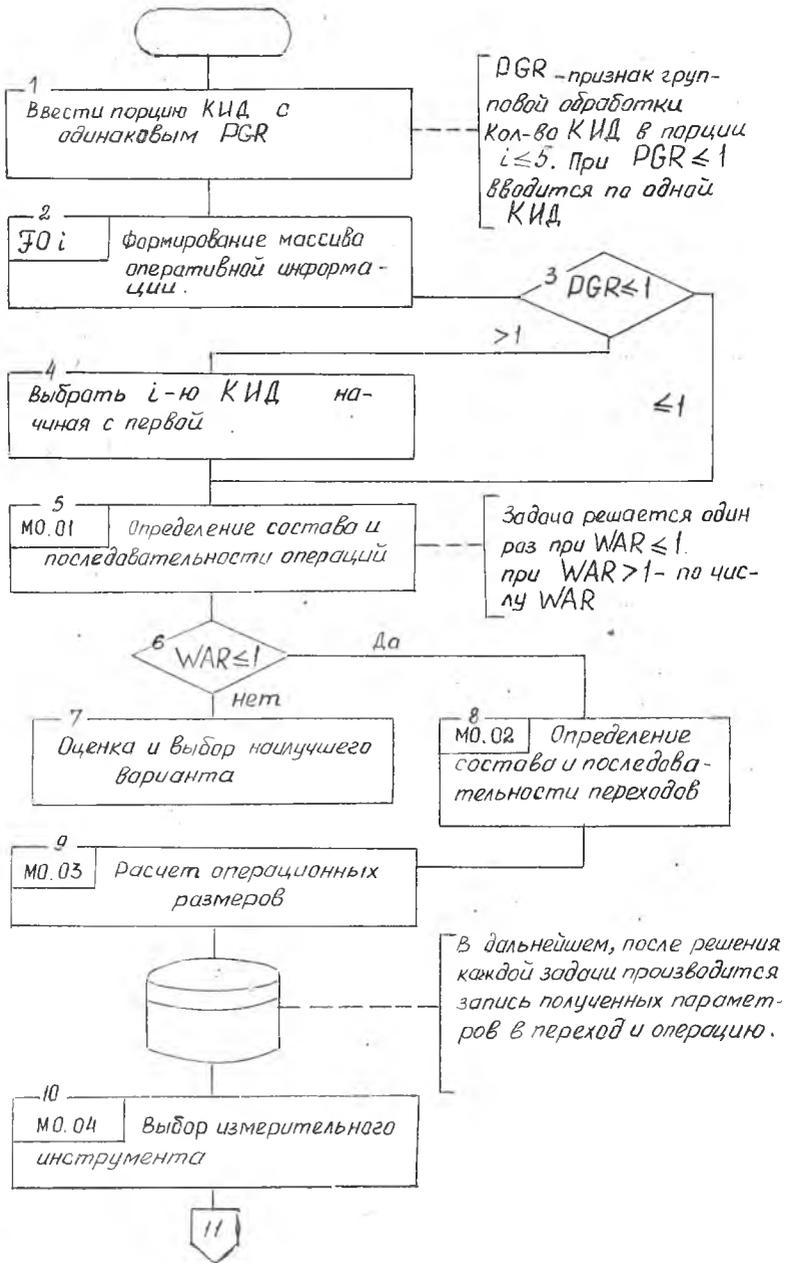
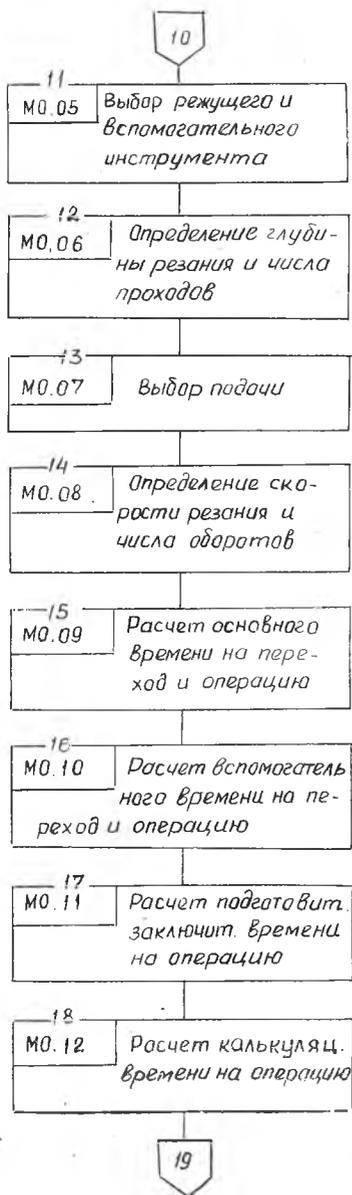


Рис. 13. Блок-схема алгоритма



Реквизиты «Карты информации о детали» (фрагмент)

Номер реквизи- та	Наименование реквизита	Идентификатор
I. Массив «Общие сведения о детали и заготовке»		
1	Обозначение (номер) чертежа детали	<i>ODET</i>
2	Наименование детали	<i>NDET</i>
3	Классификационный шифр детали	<i>KLASD</i>
4	Обозначение изделия	<i>OIZD</i>
5	Код марки материала	<i>KM</i>
6	Технические условия на материал	<i>TUM</i>
7	Прочность	<i>GB</i>
8	Твердость по Бринеллю	<i>HB</i>
9	Твердость по Роквеллу	<i>HRC</i>
10	Масса детали, кг	<i>MDET</i>
11	Жесткость детали	<i>GEST</i>
12	Дисбаланс детали	<i>LDB</i>
13	Длина детали, мм	<i>LDET</i>
14	Лакокрасочное покрытие (код)	<i>LAK</i>
15	Рентгеноконтроль (код)	<i>RKONT</i>
16	Магнитный контроль (код)	<i>MKONT</i>
17	Код 1-й термообработки	<i>TOI</i>
.....		
21	Миним. толщина насыщенного слоя, мм	<i>TOLNSMIN</i>
22	Максим. толщина насыщенного слоя, мм	<i>TOLNSMAX</i>
23	1-я насыщаемая поверхность (код)	<i>PINAS</i>
.....		
26	Код 1-го гальванопокрытия	<i>KGLW1</i>
27	Минимальная толщина 1-го гальванопокрытия, мкм	<i>TOL1PMIN</i>
28	Максимальная толщина 1-го гальванопокрытия, мкм	<i>TOL1PMAX</i>
29	Номер 1-й поверхности, покрываемой 1-м покрытием (код)	<i>P1GLW1</i>
.....		
44	Точность остальных диаметральных размеров	<i>TD</i>
45	Точность остальных линейных размеров	<i>TL</i>
46	Точность остальных радиусных размеров	<i>TRR</i>
47	Вид заготовки (код)	<i>WIDZ</i>
48	Тип заготовки (код)	<i>TIPZ</i>
49	Группа контроля заготовки (код)	<i>GKONZ</i>
50	Профиль и обозначение заготовки	<i>PSAG</i>
51	Поставщик заготовки (код)	<i>POSTZ</i>
52	Наличие поплавочного учета (код)	<i>PUCHZ</i>
53	Наличие рентгеноконтроля (код)	<i>RKONZ</i>
54	Масса заготовки, кг	<i>MSAG</i>
55	Габаритный размер длины заготовки, мм	<i>LSAG</i>
56	Габаритный размер ширины заготовки, мм	<i>BSAG</i>
57	Габаритный размер высоты заготовки, мм	<i>HZ</i>

Номер реквизи- та	Наименование реквизита	Идентификатор
II. Массив «Условия производства»		
58	Номер цеха (код)	CEX
59	Партия запуска (шт)	Q
60	Тип производства (код)	TIP
61	Степень освоения (код)	OSW
62	Признак групповой технологии (код)	PGR
63	Признак многовариантного проектирования	WAR
III. Массив «Размеры заготовки»		
64	Обозначение размера заготовки	OBRAZ
65	Граница левая размера заготовки	GRLZ
66	Граница правая размера заготовки	GRPZ
67	Числовое значение размера заготовки, мм	ZRZ
68	Отклонение верхнее размера заготовки, мм	OWZ
69	Отклонение нижнее размера заготовки, мм	ONZ
IV. Массив «Технические условия»		
70	Вид технического условия (код)	TU
71	Номер 1-й поверхности, связанной ТУ	P1TU
72	Номер 2-й поверхности, связанной ТУ	P2TU
73	Числовое значение ТУ, мм	ZTU
74	Отклонение верхнее, мм	OWTU
75	Отклонение нижнее, мм	ONTU
76	Длина, на которую распространяется ТУ, мм	LTU
V. Массив «Характеристика поверхностей»		
77	Номер обрабатываемой поверхности	NP
78	Шероховатость поверхности (код)	SHER
79	Длина поверхности, мм	LP
80	Ширина поверхности, мм	BP
81	Глубина отверстия от торца, мм	GLUBP
82	Общий припуск на обработку, мм	PRIP
83	Количество поверхностей	KOLP
84	1-й угол сопряжения, град.	Y1
85	1-й радиус сопряжения, мм	R1
...		
VI. Массив «Контролируемые размеры»		
88	Обозначения контролируемого размера (L , D , OKR B , C , R)	
89	Граница левая размера	GRANL
90	Граница правая размера	GRANP
91	Числовое значение размера, мм	ZR
92	Отклонение верхнее, мм, град., мин., сек.;	OWR
93	Отклонение нижнее, мм, град., мин., сек.	ONR
94	Посадка	PDOP
95	Класс точности (кавалитет)	TR

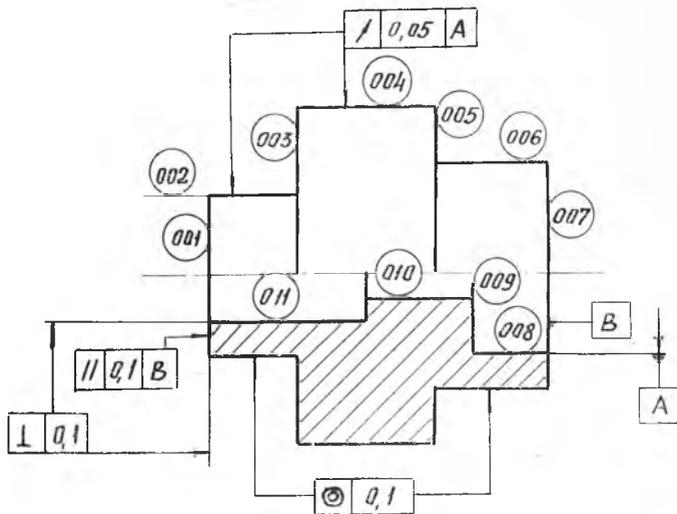
Номер реквизи- та	Наименование реквизита	Идентификатор
VII. Массив «Обрабатываемые элементы детали»		
96	Номер обрабатываемого элемента	NE
97	Разновидность элемента (код)	FORE
98	Обозначение элемента по чертежу	OBOZE
99	Длина элемента, мм	LE
100	Глубина залегания элемента, мм	LZALE
101	Число элементов (количество отверстий), шт.	KE
...		
124	Толщина зубьев валов или ширина впадин отвер- стия шлиц, мм	BZUB
125	Центрирование	GENTR
126	Посадка	PE
127	Количество элементов ответной детали, шт.	KEOD

В табл. 11 приведены перечень реквизитов, включаемых в состав КИД, и идентификаторы реквизитов. Вся информация, как следует из таблицы, разделяется на VII разделов (массивов).

Сравнительно большая номенклатура реквизитов (127) объясняется тем, что система автоматизированного проектирования рассчитана на охват не только простых, но и сложных по конструкции деталей, имеющих резьбовые, шлицевые, эвольвентные поверхности. При подготовке КИД на детали, не имеющие подобных поверхностей, заполнение соответствующих массивов (разделов) КИД не производится.

Рассмотрим особенности записи информации в КИД.

Работа по подготовке оперативной информации о детали начинается с доработки рабочего чертежа детали. На проекции чертежа наносятся номера поверхностей в строгом соответствии с нумерацией поверхностей на чертеже комплексного представителя группы. Эскиз детали после такой доработки показан на рис. 14. На этом рисунке дан также пример заполнения массива (раздела) «Технические условия». В верхней части рисунка показано символическое обозначение технических условий (ТУ) на точность взаимного расположения поверхностей по ГОСТу, в средней части рисунка приведена текстовая форма записи ТУ, а в нижней части для этого же примера показано заполнение раздела IV КИД. В колонку № п/п заносятся номера ТУ, в колонку 70 — коды вида технических условий: 26 — биение, 25 — несоосность, 23 — непараллельность, 24 — перпендикулярность. В колонки 71 и 72 записывают номера поверхностей, связанные данным техническим условием, причем в колонку 71 записывается номер проверяемой поверхности, а в колонку 72 —



Технические условия:

блнение пов. (002) и пов. (004) относительно пов. (008)
не более 0,05 мм

несоосность пов. (002) и пов. (006) не более 0,1 мм;

непараллельность пов. (001) и пов. (007) не более 0,1 мм;

неперпендикулярность пов. (011) относительно торца (001)
не более 0,1 мм

Массив IV Технические условия

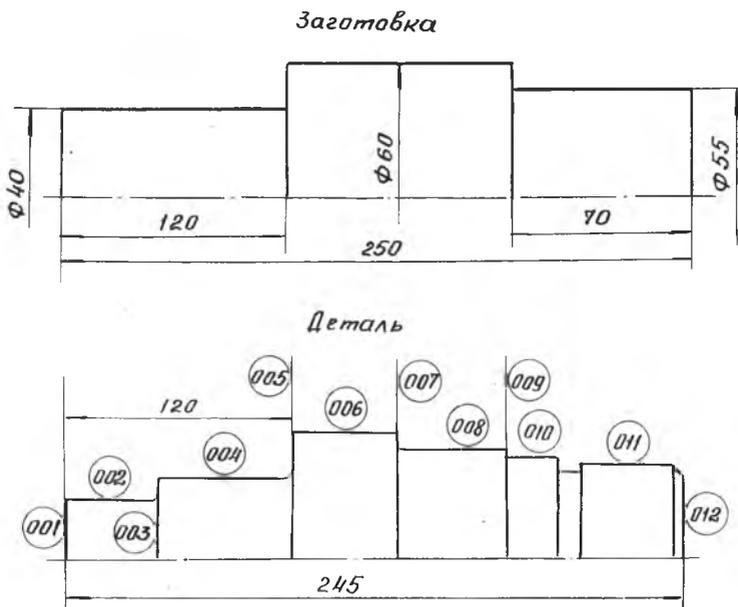
NN п/п	TU	P1TU	P2TU	ZTU	OWTU	ONTU	LTU
	[70]	[71]	[72]	[73]	[74]	[75]	[76]
1	26	002	008	0,05			
2	26	004	008	0,05			
3	25	002	006	0,1			
4	23	001	007	0,1			
5	24	011	001	0,1			

Рис. 14. Пример заполнения массива «Технические условия»

номер базовой поверхности. В колонку 73 записывают значение (величину) допуска на неточность расположения.

В случае, если до начала проектирования технологического процесса механической обработки детали уже спроектирован

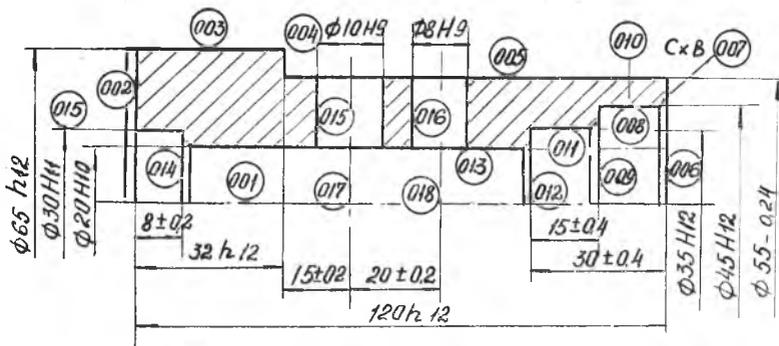
чертеж заготовки, то заполняются реквизиты массива (раздела) «Размеры заготовки» КИД. Пример заполнения показан на рис. 15. Эскизы заготовки и детали можно изображать отдельно (как показано на рис. 15), а лучше совместить их на одном поле. При совмещенном изображении будут лучше видны при-



МАССИВ III "РАЗМЕРЫ ЗАГОТОВКИ"

$\frac{NN}{n/n}$	OBRAZ [64]	GRLZ [65]	GRPZ [66]	ZRZ [67]	OWZ [68]	ONZ [69]
1	D	0	002	40	0	-0,62
2	D	0	004	40	0	-0,62
3	D	0	006	60	0	-0,74
4	D	0	008	60	0	-0,74
5	D	0	010	55	0	-0,74
6	D	0	011	55	0	-0,74
7	L	001	012	250	0,575	-0,575
8	L	001	005	120	0,435	-0,435
9	L	012	009	70	0,37	-0,37

Рис. 15. Пример заполнения массива «Размеры заготовки»



Массив V. Характеристика поверхностей

NP	CHER	LP	BP	GLUBP	PRIP	KOLD	Y1	R1	Y2	R2
002	40	17,5	65		2,0	1	90			
003	20	32	32			1		0,5		
004	20	5	65			1	90	0,5		
005	20	88	55			1		0,5		
006	40	5	55			1	90	0,5		
007	40		45			1	45			
008	20	15	45	15		1	90	0,5		
009	20	5	45	15		1	90	0,5		
010	20	45	35	15		1	95			
011	40	15	15	30		1	90	0,5		
...

Массив VI. Контролируемые размеры

OKR	GRANL	GRANP	ZR	OWR	ONR	TR
D	001	003	65			hH
L	002	004	32			h12
D	001	005	55	0	-0,24	
D	001	015	30			H11
D	001	013	20			H10
L	004	017	15	+0,2	+0,2	
L	017	018	20	+0,2	+0,2	
...

Рис. 16. Заполнение массивов «Характеристика поверхностей» и «Контролируемые размеры»

пуски на обработку и напуски металла, неизбежно возникающие вследствие того, что контур заготовки никогда не бывает эквидистантным контуру готовой детали. В колонку 64 таблицы массива «Размеры заготовки» записывают вид (обозначение) размеров заготовки, в колонки 65 и 66 — левую и правую границы размеров. Как видно из сопоставления эскизов заготовки и детали на рис. 15, поверхностям заготовки присваивают номера соответствующих поверхностей детали. Для диаметральных размеров в качестве левой границы принимают ось заготовки, которую обозначают цифрой 0 (ноль) или отдельным номером, а в качестве правой границы — цилиндрическую поверхность. В колонку 67 записывают численное значение размера, а в колонки 68 и 69 — верхнее и нижнее отклонения размера. По общему правилу подготовки информации знак «+» (плюс) для верхних отклонений опускается (само собой разумеется), а знак «-» (минус) обязательно вносится.

На рис. 16 показан пример заполнения массива «Характеристика поверхностей» для детали, имеющей ступенчатое отверстие и торцы. Для каждой поверхности в массив заносится ее номер NP на чертеже комплексного представителя, допускаемая шероховатость $CHER R_z$ в мкм, длина LP и ширина BP поверхности, ее глубина $GLVBP$, а также другие характеристики.

На рис. 16 показан также пример заполнения массива «Контролируемые размеры». Для каждого размера заполняются реквизиты: левая $GRANL$ и правая $GRANP$ границы, значение (номинал) размера ZR , верхнее OWR и нижнее ONR отклонения и точность размера TR (калитет, характер посадки).

4.4. РАЗРАБОТКА ГРУППОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Составными частями групповой информации САПР ТП механической обработки деталей на основе типизации технологических процессов являются:

комплексные представители для классификационных групп деталей;

типовые технологические решения (ТТР) в форме «Типового маршрутного ТП» («Сводного перечня операций») и «Типового операционного ТП» («Сводного перечня переходов») для каждого комплексного представителя (на каждую группу деталей).

Работа по созданию групповой информации (базы данных САПР ТП) выполняется в следующей последовательности:

1) на предприятии, где предполагается внедрение САПР ТП, выбирается тип деталей для перевода на автоматизированное проектирование технологических процессов;

2) устанавливаются классификационные признаки группиро-

вания деталей; производится классификация и группирование деталей;

3) выбираются ранее спроектированные и действующие в производстве технологические процессы для формирования типовых технологических решений (ТТР);

4) разрабатываются комплексные представители для групп деталей;

5) разрабатываются и утверждаются ТТР.

4.4.1. Классификация и группирование деталей.

Разработка комплексного представителя

Тип деталей для автоматизированного проектирования ТП устанавливается в зависимости от специализации цехов и участков. При этом главными критериями являются количество проектируемых в год ТП данного типа и трудоемкости их разработки. Рекомендуется начинать с типов деталей, имеющих большую номенклатуру. В одну группу следует объединять детали, сходные по своему функциональному назначению, видам поверхностей и их сочетаний, применяемым методам обработки. Изучив чертежи деталей выбранного типа, выявляют (устанавливают) конструктивные признаки, определяющие технологическое подобие деталей и оказывающие существенное влияние на технологические процессы. Главными признаками являются: тип и вид заготовки, группа обрабатываемости и марка обрабатываемого материала, требования термообработки, гальванических и лакокрасочных покрытий, габаритные размеры деталей, наличие резьбы, зубьев, шлиц у деталей, шероховатость поверхностей, точность выдерживаемых размеров, толщина стенки у тонкостенных деталей. В качестве примера в табл. 12 приведен

Таблица 12

Конструктивные признаки деталей типа «Вилки, ушковые болты»

Наименование признака	Значения признака
Тип деталей по функциональному назначению	Ушковые болты, вилки
По виду и сочетанию поверхностей	Детали — тела вращения с наличием плоских поверхностей, параллельных оси. Поверхности вращения могут быть гладкими или резьбовыми, цилиндрическими или коническими. На плоских поверхностях возможны фасонные выемки.
По виду центрального отверстия	В деталях может быть центральное сквозное или глухое отверстие, которое со стороны торца может иметь до четырех ступеней.

Наименование признака	Значения признака
По виду наружных поверхностей вращения	Наружная поверхность вращения детали может быть ступенчатой комбинацией из пяти поверхностей, на которых могут быть канавки, конусы, резьбы
Наличие отверстий, перпендикулярных оси вращения.	Детали могут иметь до 4-х отверстий, перпендикулярных оси вращения детали
Габариты детали: L $B (D)$ H	$15 \leq L \leq 200$ $5 < D \leq 60$ < 60
Минимальная толщина стенки, мм	4,0
Точность размеров наружных и внутренних поверхностей	Не выше 2-го класса точности (6-го качества)
Шероховатость поверхностей	Шероховатость отверстий в ухе, вилке не выше $R_a 1,25$, остальных поверхностей— не выше $R_a 2,5$
Вид заготовки	Пруток, штамповка
Тип заготовки	Групповая или индивидуальная.
Материал деталей	СТ. 20, 25, 45, 30ХГСА, Д16, Д16Г, АК-6.
Термообработка	Детали из 30ХГСА закаляются до $\sigma_b = 140 \text{ кг/мм}^2$, детали из остальных материалов термически не обрабатываются. Резьба может быть только метрической, максимальный $D = 32 \text{ мм}$
Особенности конструктивных элементов	Резьба может быть только метрической, максимальный $D = 32 \text{ мм}$
Гальванопокрытия	Могут быть: анодирование, кадмирование, цинкование
Лакокрасочные покрытия	Могут быть
Мерные покрытия	Нет

перечень конструктивных признаков деталей типа «Вилки, ушковые болты», а также указаны значения признаков, которые в последующем будут использованы при группировании деталей. По указанным в табл. 12 и аналогичным признакам (условиям) производится группирование деталей (вручную или с помощью ЭВМ). Результатом работы должна быть машинограмма с номенклатурой сформированной группы деталей. При группировании вручную формируется аналогичный документ.

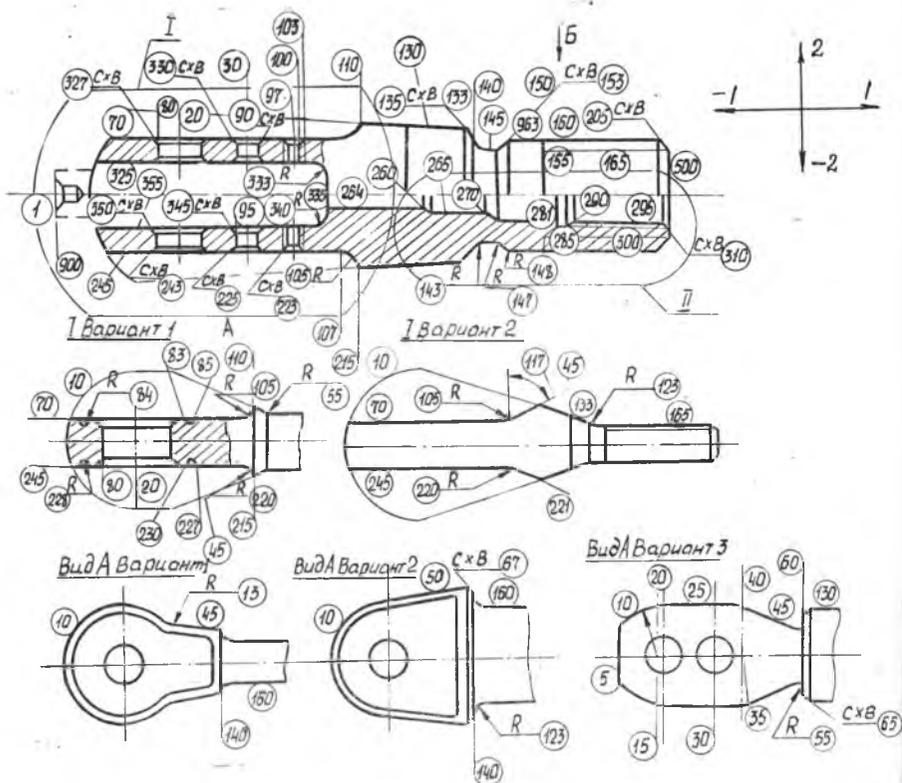
Следующим шагом на пути к формированию чертежа комплексного представителя и разработке типовых технологических решений является образование из номенклатуры деталей сформированной группы *выборки деталей*, технологические процессы изготовления которых будут исходными для формирования ТТР. Выборка должна быть достаточно репрезентивной (представительной), в нее должны быть включены детали, которые в совокупности отражают все множество поверхностей всех

деталей этой группы, а также все множество конструктивных признаков, влияющих на построение технологического процесса.

Рекомендуется первой деталью выборки принимать наиболее сложную по конфигурации деталь, которая содержит наибольшее количество поверхностей; второй должна быть деталь, у которой такое же или несколько меньшее количество поверхностей, но требования к качеству (по точности, шероховатости и т. д.) являются более высокими; третьей выбирают деталь, отличающуюся от первых двух какими-то иными поверхностями или признаками, влияющими на технологический процесс; четвертой может быть деталь, отличающаяся от первых трех какими-то новыми поверхностями или признаками — и т. д. до тех пор, пока в совокупности не будет охвачено все многообразие поверхностей и признаков, влияющих на содержание ТП.

После этого отбираются детали по признакам, записанным в условиях группирования (табл. 12) недетерминированно. Например, материал деталей не учитывается непосредственно при формировании группы, т. е. в группу включают детали из любого материала. Однако известно, что ТП изготовления деталей из различных материалов существенно отличаются. Так, изготовление деталей из алюминиевых сплавов отличается по технологии изготовления деталей из высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов. Поэтому необходимо включить в выборку детали с различными марками материалов, проанализировать их влияние на ТП изготовления деталей. Так, для рассматриваемой группы «Вилки, ушковые болты» установлено, что имеются существенные различия в ТП обработки деталей из алюминиевых сплавов (Д16, Д16Т, АК-6), сталей углеродистых (ст. 20, ст. 25, ст. 45) и легированных сталей (30ХГСА). Поэтому оказалось необходимым включить в выборку по одному номеру таких деталей.

Теперь на основании чертежей деталей описанной выше выборки можно приступить к разработке чертежа комплексного представителя группы. Комплексный представитель — это условная деталь, содержащая все поверхности и их сочетания, которые имеются у деталей, входящих в группу. Сначала берется чертеж наиболее сложной детали (первой детали выборки), рисуется ее эскиз и к ней добавляются недостающие поверхности других деталей выборки. При большом количестве и разнообразии поверхностей (или их сочетаний) рекомендуется предварительно вычерчивать несколько упрощенных эскизов, у которых количество поверхностей, их расположение и сочетание характеризуют значительные подгруппы деталей. После этого вычерчивается обобщенный эскиз комплексного представителя.

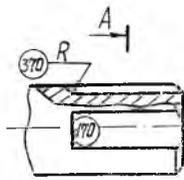


На рис. 17 показаны фрагменты чертежа комплексного представителя группы деталей «Вилки, ушковые болты». Стремление увеличить номенклатуру деталей группы привело к значительной сложности чертежа. На чертеже комплексного представителя изображаются координатные направления в форме осей координат (на рис. 17 — в правом верхнем углу), указываются номера направлений (векторов) и знаки. Левая и нижняя сторона направлений имеют знак «—», а правое и верхнее направления — знак «+».

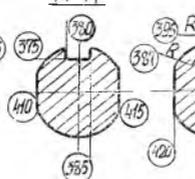
Важным моментом в разработке типового представителя является присвоение номеров всем поверхностям и осям комплексного представителя. Номера (от 1 до 999) присваиваются в следующей последовательности:

всем поверхностям и осям одного направления в порядке их расположения слева направо, не включая правого торца (плоскости);

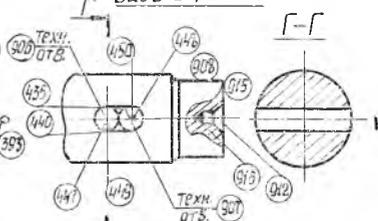
Вид Б Вариант 1



А-А

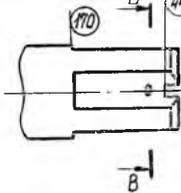


Вид Б Вариант 2

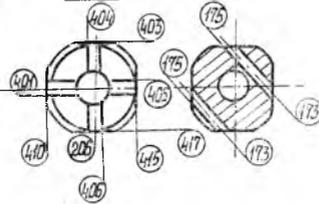


Г-Г

Вид Б Вариант 3



Вид Г



Вид Б Вариант 4

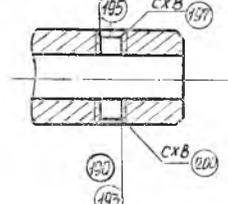


Рис. 17. Фрагменты чертежа комплексного представителя группы деталей 001 «Вилки и ушковые болты»

внутренним поверхностям в порядке их расположения слева направо;

крайней правой плоскости (торцу).

Затем в такой же последовательности присваиваются номера поверхностям во всех остальных направлениях. При этом рекомендуется оставлять резерв номеров (15—20) в каждом направлении. Номера поверхностей в различных направлениях не должны повторяться.

На некоторых поверхностях могут быть расположены поверхности наложения (лыски, отверстия, резьбы, канавки и т. п.). Номера этим поверхностям следует присваивать вслед за номером поверхности, на которой они расположены. При обозначении фасок вычерчиваются выносные линии и над ними надписывается $C \times B$; если же эта поверхность является конусом, то ей присваивается отдельный номер (см. рис. 17). Для сферической поверхности указывается ось радиуса и присваивается номер поверхности.

После формирования геометрического образа комплексного представителя создается (заполняется) массив «Характеристика поверхностей комплексного представителя». Фрагмент такого массива, применительно к комплексному представителю по рис. 17, приведен в табл. 13.

Характеристика поверхностей комплексного представителя деталей типа «Вилки, ушковые болты» (фрагмент)

Номер поверхности	Признак геом. формы <i>FORMA</i>	Наружн. или внутр. <i>PRIZN</i>	Направление <i>NAPR</i>	Необходимые виды разм. связей <i>RAZMSW</i>	Возможные поверхности сопряжения		Возможные размерные связи с поверхностями <i>SWJAZ</i>
					<i>SLEWA</i>	<i>SPRAWA</i>	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	14			<i>L2</i>			70, 960, 173, 245, 961, 325, 355, 375, 410, 413, 415, 417, 420, 428
5	10	<i>H</i>	-1	<i>L1</i>		10, 25, 45, 130, 160	500, 110, 215, 60, 120, 140, 15, 20, 30, 40, 325
10	13	<i>H</i>	-1	<i>R1L1</i>	5	25, 35, 45, 130, 160, 165	1, 15, 20
15	14			<i>R1L1</i>			10, 5, 20, 915, 500, 30, 97, 110, 215,
20	14			<i>R1L1</i>			10, 15, 915, 500, 5, 30, 97
25	11	<i>H</i>		<i>D1</i>	6, 10	35, 45, 60, 140	1
30	14			<i>D2L1</i>			95, 15, 97, 110, 215, 915, 500
					25, 10	45, 140, 60	40
35	21	<i>H</i>	+1	<i>R1</i>			
40	14			<i>R1</i>			35
45	12	<i>H</i>	+1	<i>D1B1D1L1</i>	10, 25, 35	60, 130, 120, 140, 160, 55	
50	12	<i>H</i>	-1	<i>B1</i>	10, 5	120, 140	
55	21	<i>H</i>			45	60, 130	
63	21	<i>H</i>					
67	15	<i>H</i>	+1	<i>C1B1</i>			
70	20	<i>H</i>	+2	<i>L2</i>	5, 10,	110, 117	1, 325, 245, 961, 130
77	15	<i>B</i>	+2	<i>C2B2</i>			
80	11	<i>B</i>		<i>D2L1</i>	245, 325, 243, 327, 961,	355, 70, 77, 350, 960	5, 10, 20
83	12	<i>B</i>	+2	<i>D2B2L2</i>	70, 960	85	20

В колонку 1 таблицы записываются номера поверхностей комплексного представителя. В колонку 2 (реквизит *FORMA*) записываются коды геометрической формы поверхностей. Кодировочная таблица не приводится, дадим только значения кодов, использованных в табл. 13: 10 — торец; 11 — цилиндрическая поверхность; 12 — коническая поверхность; 13 — сферическая поверхность; 14 — ось; 15 — фаска; 20 — плоскость; 21 — радиус.

В реквизит *PRIZN* (колонка 3) записывается буква «В», если поверхность внутренняя, или буква «Н», если поверхность наружная.

В реквизит *NAPR* (колонка 4, табл. 13) записываются направления поверхностей по координатам, изображенным в правой верхней части чертежа комплексного представителя (рис. 17). Так, в реквизит для поверхностей 5, 10, 50, открытых слева, запишем — 1, для поверхностей 35, 45, 67, обращенных вправо, запишем + 1; в реквизит поверхностей 70, 77, 83, обращенных в направлении + 2 (вверх), запишем + 2.

В реквизит «Необходимые для координации виды размерных связей» (колонка 5, табл. 13) заносятся виды размерных связей (*D, L, R, C, B*) и номер направления. Например, поверхность 5 (торец) связана линейной связью по первому направлению и поэтому в графу *RAZMSW* для нее записано *L1*; поверхность 70 должна иметь линейную связь по 2-му направлению, поэтому реквизит *RAZMSW* для нее имеет запись *L2*; поверхность 80 (отверстие) имеет диаметральную размерную характеристику и линейную связь (координацию) по направлению 1, поэтому для нее запишем *D2L1* (*D2* потому, что ось отверстия 80 совпадет с направлением 2).

В реквизит «Возможные поверхности сопряжения» записываются номера поверхностей, с которыми рассматриваемая поверхность может сопрягаться слева (колонка 6) и справа (колонка 7). В каждую графу рекомендуется записывать не более 10 поверхностей.

В реквизит «Возможные размерные связи с поверхностями» (колонка 8, табл. 13) записываются номера поверхностей, с которыми описываемая поверхность может быть связана размерами. Запись поверхностей осуществляется по приоритетности — от наиболее часто встречающейся размерной связи к реже встречающейся. Если описываемая поверхность имеет форму цилиндра или конуса, то на первом месте в реквизите *SWJAZ* следует записать номер оси, на которой расположена описываемая поверхность. При описании закоординированных поверхностей, имеющих форму радиуса, сферы, ось также записывается первой. Во всех остальных случаях, если описываемая поверхность имеет раз-

мерную связь с осью, то в реквизит SWJAZ эту поверхность (ось) следует записывать в конце, после записи других поверхностей.

4.4.2. Разработка типовых технологических решений (ТТР)

Как уже указывалось в начале п. 4.4, типовые технологические решения содержат «Типовой маршрутный технологический процесс» («Сводный перечень операций») и «Типовой операционный ТП» («Сводный перечень переходов») для каждой группы (типа) деталей. Работа по созданию ТТР является весьма ответственной, поскольку качество ТТР непосредственно влияет на качество технологических процессов, получаемых при автоматизированном проектировании. «Сводный перечень операций» и «Сводный перечень переходов» играют роль шаблона, трафарета, прототипа, по которому ЭВМ проектирует рабочий технологический процесс на конкретную деталь.

Метод и подсистема автоматизированного формирования ТТР. Во втором случае прототипы технологических процесс-внедрения САПР ТП «Сводный перечень операций» и «Сводный перечень переходов» разрабатываются часто вручную. Может быть два случая создания ТТР. В первом случае ТТР разрабатываются на основе имеющихся технологических процессов изготовления деталей, подобных тем, которые включены в группу. При этом возможно как ручное, так и машинное формирование ТТР. Во втором случае прототипы технологических процессов отсутствуют (например, при разработке ТТР для деталей нового изделия). В таких условиях возможна только ручная разработка ТТР, которую целесообразно поручить технологом, имеющим опыт проектирования типовых или групповых технологических процессов.

Рассмотрим методику и последовательность разработки ТТР при наличии технологических процессов-прототипов. В качестве последних следует использовать ТП на детали выборки, на основе которых был сформирован чертеж комплексного представителя. Для начала по каждому технологическому процессу выборки операции маршрута распределяются по этапам. Схема такого распределения приведена на рис. 18.

Для формирования «Сводного технологического процесса» используются бланки по форме, приведенной в табл. 14. Целесообразно заготовить бланки для каждого этапа ТП.

Формирование ТТР производится в следующей последовательности:

- а) выбирается технологический процесс $ТП_i$ на самую сложную деталь выборки;
- б) каждая операция $ТП_i$ записывается в таблицу «Сводного

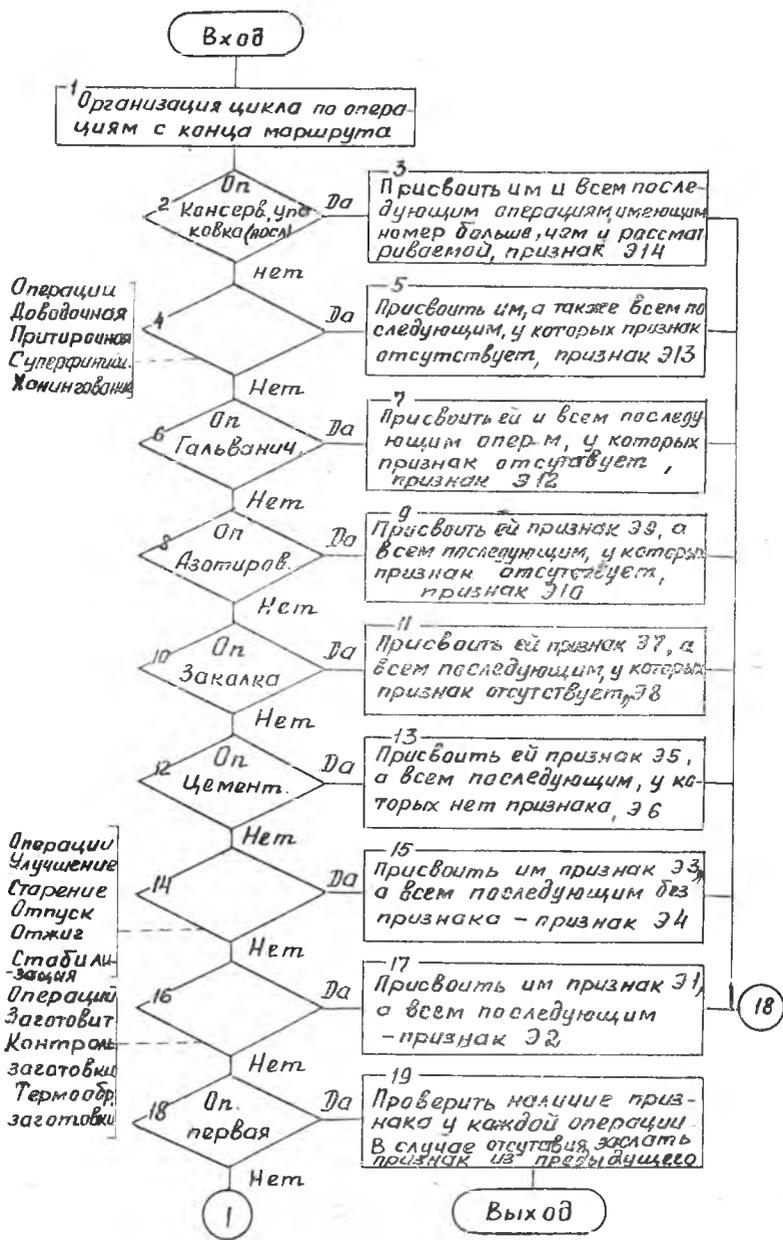


Рис. 18. Схема распределения операций по этапам

технологического процесса ТП» соответствующего этапа. Запись производится с резервированием места между операциями для записи еще 4—6 операций;

в) выбирается технологический процесс следующей детали выборки ТП_{*i*+1}. Каждая его операция поочередно, начиная с первой, сравнивается с записанными в таблицу «Сводного ТП» операциями на первую деталь с целью найти подобную ей операцию. Подобными называются операции, которые имеют одинаковые: номер этапа; наименования; рабочее положение обрабатываемой заготовки; частично или полностью совпадающие обрабатываемые поверхности.

Сводный технологический процесс

Номер цеха	Маршрут обработки			
	Наименование операции	Рабочее положение	Модель оборудования	Тип приспособления
			Условия назначения	Условия назначения
Условия назначения	Условия назначения		Условия назначения	Условия назначения

В случае, когда в маршруте ТП_{*i*} есть операция, подобная сравниваемой из маршрута ТП_{*i*+1}, анализируются структуры этих операций и принимаются решения. При полном совпадении значений структур подобных операций содержание операций ТП остается без изменения (в нее ничего не добавляется), поскольку операции тождественны. Если же они не тождественны (а только подобны), то необходимо выявить, по каким структурным составляющим они не сравниваются.

Если, например, операции отличаются только моделью оборудования, причем операция ТП_{*i*} имеет оборудование, на котором можно выполнить операцию ТП_{*i*+1}, то оставляется уже записанная модель оборудования операции ТП_{*i*}. Если же нельзя, то в *i*-ю операцию ТП_{*i*} в графу «Модель оборудования» необходимо записать модель оборудования *i*+1 детали, указать условия ее назначения, а для модели оборудования операции ТП_{*i*} тоже записать условия ее назначения. Аналогично поступают в случае, когда операции отличаются только приспособлениями. Если анализ факторов показывает невозможность выполнения операции ТП_{*i*+1} на приспособлении операции ТП_{*i*}, то в графу «Приспособление» «Сводного ТП» записывают модели приспособлений операций ТП_{*i*} и ТП_{*i*+1} и условия их назначения.

В случае, если подобная операция не найдена, операция $ТП_{i+1}$ вписывается перед (за) операцией $ТП_i$, у которой номер этапа больше (меньше) этапа $ТП_{i+1}$.

После сравнения содержания маршрутов $ТП_{i+1}$ и $ТП_i$ производится сравнение содержания операций. Сравнение переходов производится только в подобных операциях. Подобными называются переходы подобных операций, в которых совпадают наименования переходов и частично или полностью обрабатываемые поверхности.

Методика сравнения переходов сводится к следующему. Выбирают из операции $ТП_{i+1}$ s -й переход, начиная с первого, и

Таблица 14

обработки деталей типа

Переходы				
Признак мех. обр.	Наименование перехода	Тип, реж. инструмента	Номер обр. поверхности	Признак технологического перехода
Условия назнач.	Условия назначения	Условия назначенич		

сравнивают его с s -м переходом, начиная с первого, подобной ей операции $ТП_i$. При сравнении могут быть следующие случаи и решения.

1. Переходы полностью совпали. Тогда в переходы подобной операции $ТП_i$ ничего не добавляется.

2. Среди переходов операции $ТП_i$ нашелся подобный переход, но в нем обрабатываемых поверхностей больше. При этом следует записать сравниваемый переход операции $ТП_{i+1}$ в переходы операции $ТП_i$ вслед за подобным переходом. Если же в подобном переходе операции $ТП_i$ меньше обрабатываемых поверхностей, то сравниваемый переход вставляется перед этим переходом, а в графу условия назначения следует записать соответствующие обрабатываемые поверхности.

3. Если в подобных переходах наблюдается несовпадение по нескольким структурным составляющим, то необходимо корректировать (дополнять) переходы операции $ТП_i$ в соответствии с изложенными выше рекомендациями.

Сравниваемые переходы не всегда подобны. Например, сравниваемый переход имеет поверхности, которых нет среди переходов операции $ТП_i$. Следует вписать его вслед за переходом, после которого можно обрабатывать эти поверхности, а

в условия назначения записать обрабатываемые в нем поверхности. Для других случаев переходы $ТП_{i+1}$ вписываются в переходы $ТП_i$ на то место, где они находятся в $ТП_{i+1}$.

Вероятны ситуации, когда невозможно найти факторы, влияющие на назначение операции, перехода и других структурных составляющих. В этом случае могут быть введены условные поверхности. Эти поверхности не показываются на эскизе комплексного представителя, но о них важно сказать в технологических признаках, которые добавляются к конструкторским признакам. В совокупности с конструкторскими они образуют конструкторско-технологические признаки, которые прикладываются к эскизу комплексного представителя. Для примера ниже приведен перечень технологических признаков деталей типа «Вилки, ушковые болты»:

1. Заготовки деталей: пруток, штамповка, литье.
2. Марки материалов деталей: Ст. 25, Ст. 45, 30ХГСА, Д16Т, Д16, АК6, 35ХГСА, нерж. сталь.
3. Допускается обработка деталей $D_{max} = 53$ мм, $L_{max} = 260$ мм.
4. Термообработка деталей $\sigma_b_{max} = 140$, условия изотермической закалки: $L \leq 180$ мм, $D_{хвост} \leq 16$ мм (без отверстия), $L_{стен} \leq 8$ мм.
5. Шероховатость поверхностей не выше $R_a 1,25$.
6. Класс точности не выше 2-го.
7. Если на детали нет отверстия по оси 001, назначать пов. 912, 916 с шероховатостью $Rz 80$.
8. Технологический припуск 915 назначается, если:
 - а) зацентровка в тело детали недопустима по чертежу,
 - б) D_{160} или $D_{165} \leq 7$ мм,
 - в) длина хвостовика < 18 мм.Шероховатость пов. 915 назначать $Rz 40$.
9. Если отверстие по оси 001 сквозное, назначать пов. 264.
10. Если в деталях есть поверхность 026 и обработка на ЧПУ, то в КИД вносить условную поверхность 101.
11. Поверхность 135, 153 назначать для фасок.
12. Поверхность 130 заносить в КИД вместо 160, когда хвостовик бесступенчатый и его диаметр больше диаметра ушка или вилки.
13. Если поверхности 080 или 095 имеют класс точности 2, 3, они кадрируются, то в КИД занести пов. 998.
14. Поверхность 403 заносить в КИД, если у детали имеются пов. 405, 407; поверхность 441 заносить в КИД, если у детали есть пов. 406, 404.
15. Если отношение длины детали к диаметру хвостовика больше 8, то для вилок в КИД заносить пов. 902, 900, а для

ушковых болтов 902, 900, 903, 904. Шероховатость указанных поверхностей назначать $Rz\ 40$.

16. Для отверстия 080 всегда назначать ось 020, для отверстия 095 — ось 030; для пов. 010 — ось 015, если $L_{015015-020020} \neq 0$, и ось 020, если $L_{015015-020020} = 0$.

17. Пов. 940 и размер L_{940500} или L_{940915} (групповая заготовка) назначать для деталей из прутка. Шероховатость пов. 940 $Rz\ 80$.

18. Для технологических пов. 903, 915 в «*NP*» КИД обязательно указывать признак установочной базы.

19. При отсутствии в чертеже размера, связывающего ось детали с поверхностями вилки 070, 325, 355, 245, неуказанный размер подсчитать и занести в массив «Контролируемые размеры» КИД.

Выше была подробно изложена методика сравнения операций и переходов технологических процессов $ТП_i$ и $ТП_{i+1}$ на 2 детали выборки, которые выполняются при формировании «Сводного технологического процесса». Далее сравнивается и анализируется $ТП_{i+2}$ на третью деталь и производится дополнение «Сводного ТП» и так далее до тех пор, пока не будет проведено сравнение с ТП последней детали выборки. Полученные первичные ТТР (сводный технологический процесс) просматривают опытные технологи, оценивают их с точки зрения прогрессивности заложенных методов обработки и, при необходимости, дорабатывают. Затем ТТР согласовываются с ведущими технологами предприятия и утверждаются главными специалистами предприятия.

В том случае, когда прототипы технологических процессов отсутствуют (создается новое производство, осваивается конструктивно новый объект и т. д.), «Сводный технологический процесс» разрабатывается как типовой на комплексного представителя. При этом руководствуются закономерностями, правилами и рекомендациями технологии машиностроения.

«Сводный технологический процесс», формирование которого было описано выше, непосредственно в САПР ТП не используется, он служит основой (базой) для разработки методического и программного обеспечения САПР ТП. На базе «Сводного технологического процесса» формируются массивы «Сводный перечень операций — *SPO*», «Применяемость операций — *PRIMOP*», «Свободный перечень переходов — *SPP*», «Применяемость переходов — *PRIMPER*».

Рассмотрим коротко содержание и методику подготовки этих документов.

«Сводный перечень операций» (идентификатор *SPO*) представляет собой перечень операций, необходимых для обработки поверхностей деталей группы и записанных в технологической

последовательности их выполнения. Выполнение операций перечня обеспечивает минимальную шероховатость и максимальную точность, принятые для этой группы деталей, а также обеспечивает допустимые предельные отклонения формы и расположения поверхностей в соответствии с конструктивными признаками комплексного представителя. Сводный перечень операций *SPO* оформляется в виде таблицы установленной формы (табл. 15). Все указанные в таблице реквизиты сводного перечня переносятся из первичных ТТР (сводного ТП) в той последовательности, в которой они там записаны. При формировании *SPO* необходимо соблюдать следующее:

а) если в операции, записанной в ТТР, предусмотрено несколько моделей оборудования, то в *SPO* следует записать эту операцию со всеми реквизитами столько раз, сколько моделей оборудования предусмотрено в операции;

б) если в операции предусмотрено несколько приспособлений, то следует в *SPO* записать эту операцию со всеми реквизитами столько раз, сколько приспособлений предусмотрено в операции.

После записи операций в *SPO* их следует пронумеровать в порядке возрастания, при этом целесообразно оставлять резерв в номерах между операциями. Эти номера записываются в колонку «Шифр операции — *SHOP*» (табл. 15). В колонку «Номер перечня переходов *NPP*» следует записать номер перечня, который состоит из буквы *P* и трех цифр, начиная с 001. У операций ТТР, имеющих одинаковые переходы, будут одинаковые номера перечней. В операциях, в которых нет переходов, номер перечня отсутствует.

Последним шагом в работе по формированию «Сводного перечня операций» является кодирование текстовых реквизитов *SPO*. Кодирование выполняется на основе кодировочных таблиц (не приводятся). Сводному перечню операций присваивается номер соответствующего комплексного представителя, который записывается в графу *NP* (вверху слева в табл. 15).

«Сводный перечень переходов» (идентификатор *SPP*), наряду со «Сводным перечнем операций», является базовым документом групповой информации. На его основе в последующем разрабатываются таблицы соответствий для определения структуры операций, типов режущего и мерительного инструмента и решения других задач проектирования операционной технологии, *SPP* заполняется по форме табл. 16. В левом верхнем углу указывается номер перечня — *NP001 SPP*, совпадающий в первой части с номером сводного перечня операций (*NP001 SPO* — табл. 15). Цифры 001 показывают, что этот перечень предназначен (составлен) для деталей группы 001.

Информация в табл. 16 *SPP* переносится из ТТР (сводного ТП). В столбец 1 «Номер перечня переходов» следует записать

Сводный перечень операций обработки деталей типа «Вилки, ушковые болты» (фрагмент)

Номер перечня		Сводный перечень операций				Шифр документа	
SHOP / APP							
Шифр операции	Номер перечня	Операция	Рабочее положение детали в операции		Модель оборудования		Приспособление
			Наименование	Код	Наименование	Код	
SHOP	APP	NAIMO	RPDOP	KMOV	KOSN		
А		Инструкционная	1909				
1		Контрольная	2201		Контр. стол	2302	
3	P005	Заготовительн.	1914	1	866	4403	Тиски с винтовым зажимом
7	P010	Слесарная	2301		БС 2608	2307	—»—»
9		Контрольно-разметочная	1910		Разм. плита	2306	
11		Слесарная	2301				Тиски с винтовым зажимом
13	P015	Слесарная	2301		Нажд. уст-ка	2310	—»—»
15	P018	Токарная	1112	—1	1К62	1101	Патрон., упор
17	P026	Револьверная	1114	—»—»	WERNER	1224	Цанга
							6801
							6801
							6121
							6213

номер перечня, который записан у первой операции в массиве «Сводный перечень операций» (табл. 15). В ТТР найти переходы операции, перенести для них номер перечня переходов, который им был присвоен в массиве «Сводный перечень операций». Поставить номера переходов в перечне в порядке возрастания, начиная с единицы, — и так по всем операциям технологического процесса. Номер перечня переходов записывается в строчку каждого перехода данной операции. Например, в перечне *P029* имеется 8 переходов, поэтому номер перечня *P029* записан 8 раз. В графу «Признак мех. обработки» (*РМО* — колонка 3) записывают 1, если обработка поверхности в переходе производится с продольной подачей, и 2, если с поперечной подачей. Для записи перехода в таблице отводится 4 графы (столбца). В графе 4 записывают ключевое слово перехода (установить, отрезать, точить...), а в графе 5 — его код *KDP*. В колонку 6 записывают предмет производства (объект воздействия данного перехода — пруток, деталь, торец...), а в колонку 7 — его код *KPD*. Коды *KDP* и *KPD* берут из кодировочных таблиц (здесь не приводятся). Далее в колонки 8...17 записывают номера обрабатываемых в переходе поверхностей комплексного представителя *ОВР1*, *ОВР2*... *ОВР10*. Допускается до 10 обрабатываемых поверхностей в переходе. В *ОВР1* записывается «основная» поверхность, по которой производится расчет режимов резания. Например, если в переходе обрабатываются цилиндрическая и торцевая поверхность, то в *ОВР1* записать цилиндрическую, а в *ОВР2* — торцевую поверхность.

4.5. АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.5.1. Таблицы соответствий для формирования структуры ТП

В рассматриваемой САПР ТП на основе типизации ТП, как и в других системах [2, 3, 9, 12], в качестве основной принята табличная форма алгоритмов. Весь процесс проектирования разделяется на ряд задач, для решения которых используют таблицы соответствий. Общие вопросы построения и нормализации таблиц соответствий были рассмотрены в гл. 3. Здесь мы рассмотрим особенности разработки таблиц соответствий в форме таблиц применяемости.

Для решения задачи проектирования маршрутной технологии на заданную деталь используются таблицы (массивы) «Применяемость операций». Фрагмент такой таблицы приведен в табл. 17. В левом верхнем углу записывается номер таблицы (ИФ—имя файла). Номер формируется из двух частей: первая

часть — буквы МО имеют смысловую нагрузку и означают «Массив операций», вторая часть состоит из трех цифр и связана с номером группы деталей. Для одной группы деталей количество таблиц может быть не более 10. Так, для первой группы деталей (001) возможные номера таблицы: МО001 МО002, ..., МО010; для второй группы деталей МО011, МО012, ..., МО020; для третьей группы МО021, МО022, ..., МО030 и т. д.

Таблица имеет область отправления (4 верхние строки на табл. 17), область прибытия, список операций и матрицу соответствий. Основанием для составления таблицы «Применяемость операций» являются первичные ТТР («Сводный технологический процесс») и «Сводный перечень операций» — (см. табл. 15).

В области отправления таблицы соответствий в строку НФ (наименование факторов) записываются идентификаторы условий (факторов), влияющих на выбор операций (номера поверхностей NP , значения размеров ZR_D , ZR_R , ZR_L , значения факторов, включая и номера поверхностей комплексного представителя). Условия назначения операций выбираются из ТТР (сводного ТП).

В таблице соответствий (табл. 17) предусмотрена следующая применяемость операций:

операция 173 применяется, если на детали есть поверхность 915 и нет поверхности 164, значение размера $D000160$ и $D000165$ меньше или равно 7 мм, значение размера $ZR_L941500$ больше 25 мм или его нет;

операция 176 применяется, если на детали есть поверхность 915, значение размера $D000165$ больше 7 мм, а $L941500$ больше 25 мм или его нет вообще;

операция 179 применяется, если на детали нет поверхности 164, а значение размера $D000165$ меньше 7 мм;

операция 182 применяется, если на детали есть поверхность 164;

операции 197, 219 применяются всегда;

операции 200, 206 применяются, если на детали есть поверхность 425;

операция 209 применяется, если есть поверхность 420;

операция 242 применяется, если есть поверхность 375 и если значение размера $ZR_R000370$ больше 1 мм;

операция 245 применяется, если есть поверхность 375 и значение размера $ZR_R0000370$ меньше 1 мм;

операция 248 включается, если есть поверхность 375 и изотермическая закалка (код 2115) и если значение размера $ZR_R000370$ больше 1 мм.

Для решения задачи проектирования операционной технологии (установления структуры операций) используются табли-

цы «Применяемости переходов» *PRIMPER*. По своей структуре они также являются таблицами соответствий. Фрагмент такой таблицы приведен в табл. 18. Для каждого перечня переходов (для каждой операции) составляется одна или несколько таблиц применяемости (до трех). Это фиксируется в номере таблицы. Номер таблицы (имя файла — см. в левом верхнем углу табл. 18) состоит из двух частей: буквы русского алфавита и четырех цифр. Буква и первые три цифры номера берутся из колонки 1 табл. 16 и соответствуют номеру перечня переходов. Последняя цифра номера таблицы соответствий равна номеру таблицы в этом перечне (для этой операции). Если таблица соответствий (применяемости) для этого перечня одна, то последняя цифра будет 0; если количество таблиц, например, три, то последняя цифра будет 3. Например, у перечня переходов (у операции) P029 группы деталей 001 есть только одна таблица соответствия, тогда ее номер P0290 (табл. 18, слева вверху). Условия назначения переходов берутся из ТТР из граф (столбцов) «Признак механической обработки», «Наименование перехода». Если такие признаки отсутствуют, то переход назначается всегда.

Если у всех переходов одной операции отсутствуют условия назначения, то эта операция для любой детали назначается с этими переходами и для таких операций таблицы соответствий не разрабатываются. Таблица соответствий (таблица применяемости переходов в операции) имеет область отправления, область прибытия и матрицу соответствий. В графу (строку) НФ области отправления заносятся идентификаторы условий (факторов), влияющих на применяемость переходов. В область прибытия записываются номера переходов в технологической последовательности. Разумеется, номер перехода играет роль кода для характеристики содержания перехода. Как следует из таблицы 16 (см. колонки 2 и 4), номера переходов означают: 1) установить и закрепить деталь; 2) подрезать торец 915; 3) подрезать торец 500; 4) точить поверхность 908; 5) точить фаску 445; 6) точить фаску 205; 7) центровать; 8) притупить острые кромки.

Для примера рассмотрим порядок заполнения ТС* (табл. 18) на применяемость переходов операции «Токарная» P029. Предположим, что условиями, влияющими на назначение переходов, являются: вид заготовки, номера обрабатываемых поверхностей у детали, значение шероховатости поверхности 25, величина диаметра поверхности 25, значение (величина) линейного размера между поверхностями 10 и 500 или между 5 и 500. Соответственно в строку НФ области отправления внесены идентификаторы перечисленных условий: *WIDZ* — вид заготовки; *NP* — номер поверхности; *SHER NP025* — шероховатость по-

верхности 25; *KWAL D025* — квалитет диаметра пов. 25; *ZRL 010500* и *ZRL 005500* — расстояния.

Анализируя содержание операции P029 по табл. 16 и 18, можно отметить, что первый переход выбирается для любой детали, второй переход — только тогда, когда у детали есть поверхность 915; третий переход — когда у детали нет пов. 915; четвертый переход — когда есть пов. 908 и 915; пятый переход — когда вид заготовки не пруток, когда у детали нет пов. 915 и есть поверхность 425; шестой переход выбирается, когда у детали нет пов. 915, 130, 160, 165, когда заготовка не пруток; а также (еще одна строка) тогда, когда вид заготовки — пруток и у детали нет пов. 915, 130, 165, но есть поверхность 25, у которой шероховатость равна или больше 20, квалитет диаметрального размера равен 4, 5, 11, 12 и значенье размера *L 010500* или размера *L 005500* не более 120 мм; седьмой переход выбирается тогда, когда у деталей нет поверхностей 264, 265, 300; восьмой переход (притупить острые кромки) выбирается для любой детали, т. е. всегда. По такой логике заполнена матрица, соответствий табл. 19.

4.5.2. Таблица соответствий для определения типа режущего инструмента

Таблица строится на основе ТТР (Сводного ТП) и «Сводного перечня переходов» (табл. 16). Фрагмент такой таблицы приведен в табл. 19. Для каждой группы деталей предусматривается только одна таблица соответствий при выборе типа режущего инструмента. В левом верхнем углу показано «Имя файла», т. е. номер таблицы соответствия. Он состоит из двух частей: букв *RI* и трех цифр, соответствующих номеру группы: *RI001* — таблица соответствий по выбору типа режущего инструмента на детали группы 001.

В области отправления записаны условия выбора (решения), в области прибытия — варианты решения (коды типов режущих инструментов *KTR*). В строке НФ области отправления записаны идентификаторы условий (факторов), влияющих на выбор типа режущего инструмента; *KDP* — коды ключевого слоя переходов (сверлить 208, развернуть 214, зенковать 212 и т. д.);

OBP — номера обрабатываемых поверхностей, форма и размеры которых влияют на выбор типа инструмента;

PRIZN — признак наружной поверхности;

KTOB — код типа оборудования;

KPD — коды предметов производства (объектов обработки);

В следующих строках области отправления (ПРС, ЗФН, ЗФВ) показаны значения факторов (условий): коды переходов (208 — сверлить, 216 — нарезать резьбу и т. д.), номера обрабатываемых поверхностей и т. д. В качестве примера приведена

R/001 Применяемость режущего инструмента на деталях «Вилки, ушковые болты»

Область итрпай лендэ	ИФ ИРС	К Э Д :										О В Р С :										И Р И З М С Д И Ш Т :			К Т О В		К Р Д		О Б Р А С								
		=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
	3Ф4/208	214	212	216	218	206	201	202	204	220	110	404	327	359	227	070	Н	Н	10	10	10	16	44	023	121	375	375										
	30М																			16																	
1	1503	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28								
2	1513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
3	1511	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
4	1509	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
5	1403	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
6	1405	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
7	1401	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
8	1403	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
9	1405	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
10	1405	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
11	1083	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
12	1220	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
13	1101	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
14	1106	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
15	1100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
16	1112	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
17	1218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
18	1211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								

таблица соответствия (табл. 19) или таблица применяемости типа режущего инструмента. Во многих случаях код ключевого слова перехода *KDP* однозначно определяет тип режущего инструмента:

KDP-208 сверлить → код типа режущ. инструмента *KTR-1503* — сверло;

KDP-214 развернуть → код типа режущего инструмента *KTR-1513* — развертка.

Но часто на выбор типа режущего инструмента влияет не одно, а несколько условий. Например, если *KDP-212* — зенковать, то тип режущего инструмента *KTR-1511* зенкер, если на детали нет поверхностей 327, 350, или зенкер обратный *KTR-1509*, если на детали есть поверхности 327, 350.

При *KDP-216* — нарезать резьбу → *KTR-1403* метчик, если поверхность внутренняя ($PRIZN \neq H$) и диаметр резьбы *DWIST* до 16 мм, но *KTR-1401* — резец резьбовой, если диаметр резьбы $DWIST > 16$ мм. Далее, при том же *KDP-216* — нарезать резьбу, и признаке — поверхность наружная ($PRIZN-H$), *KTR-1405* — плашка, если диаметр резьбы до 10 мм, и *KTR-1401* — резец резьбовой, если диаметр резьбы больше 10 мм.

При *KDP-206* — отрезать → *KTR-1220* пила сегментная, если тип оборудования — отрезной станок (*KTOB-44*); в остальных случаях резец отрезной *KTR-1103*. При *KDP-201* — точить → *KTR-1106* — резец канавочный, внутренний, если точится наружная ($PRIZN-H$) канавка (*KPD-032*), и *KTR-1101* — резец проходной в остальных случаях.

4.5.3. Подсистема «Расчет операционных размеров»

Исходными данными для функционирования подсистемы размерных расчетов является информация, содержащаяся в КИД, а также выходные данные подсистем проектирования маршрутной и операционной технологии, т. е. структура спроектированного технологического процесса.

Функциональная схема подсистемы приведена на рис. 19, она построена по модульному принципу¹⁾.

Модуль 1 предназначен для осуществления языковой и информационной совместимости подсистемы расчета операционных размеров с системой САПР ТП МО в целом. В этом модуле на основании данных КИД о детали и заготовке и данных о структуре технологического процесса (т. е. о составе операций и переходах) производится преобразование информации в форму, удобную для решения задач подсистемы размерных расчетов, а именно:

¹⁾ Подсистема размерных расчетов (формирования размерной структуры ТП) разработана И. М. Трухманом.

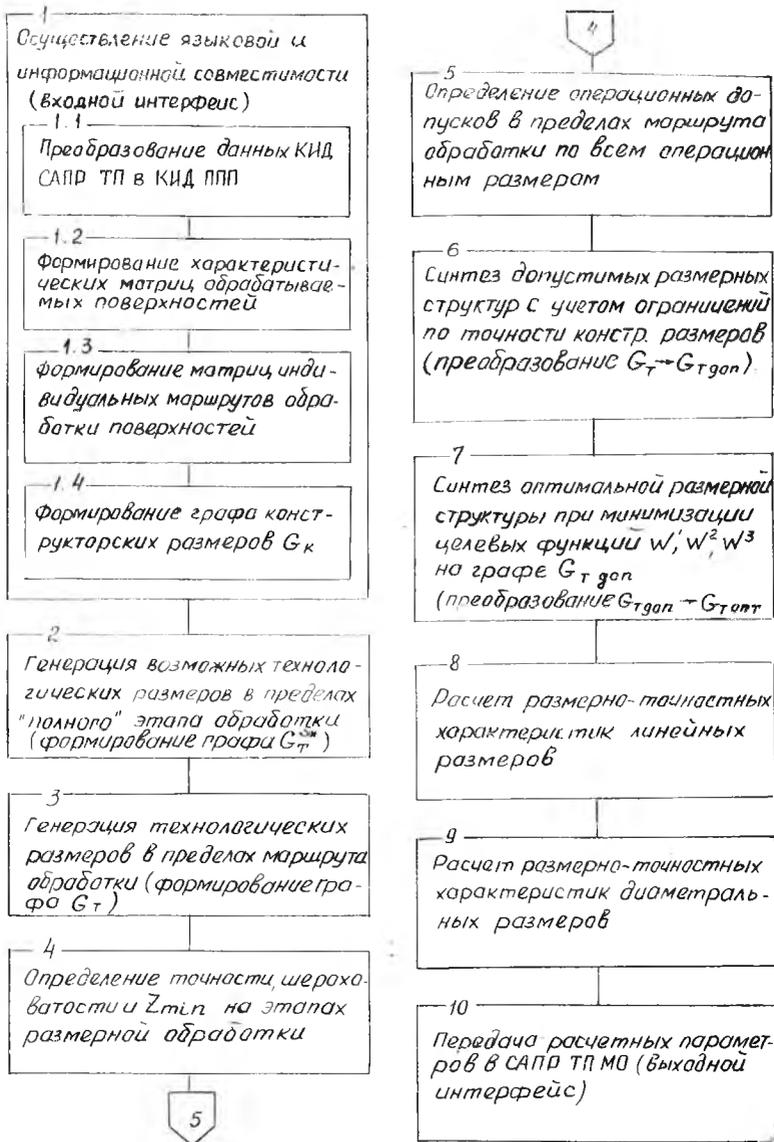


Рис. 19. Укрупненная функциональная схема подсистемы «Расчет операционных размеров»

производится преобразование данных КИД САПР ТП МО в КИД подсистемы размерных расчетов;

формируются характеристические матрицы обрабатываемых поверхностей: для каждой поверхности указываются код геометрической формы, длина, ширина (диаметр), шероховатость, принадлежность контура детали (внутренняя— B , наружная— H), направление удаления припуска, принадлежность стороне детали (левой, правой), признак установочной базы и т. д.;

формируются матрицы индивидуальных маршрутов обработки поверхностей (планов обработки поверхностей). В этих планах фиксируется количество ступеней обработки каждой поверхности;

формируется граф (матрица графа) конструкторских размеров G_k .

Модуль 2. Предназначен для анализа геометрии детали и генерации неполного множества технологических размеров. При этом имеется в виду выдерживание размеров по настройке (совмещение исходной и установочной баз) и использование координатной и комбинированной систем простановки технологических размеров.

Модуль 3. На основании спроектированной маршрутной и операционной технологии производится привязка возможных схем координирования обрабатываемых поверхностей к каждому этапу обработки заготовки. При этом номера операций и переходов (адрес обработки) содержатся в матрице индивидуального маршрута обработки каждой поверхности. После того, как осуществлена привязка возможных технологических размеров, соответствующих обработке заготовки по настройке, производится доопределение их технологическими размерами, соответствующими обработке по промерам (т. е. при несовмещении исходной и установочной баз). Такими размерами являются конструкторские размеры (при отсутствии их в списке возможных линейных размеров). Вновь введенным размерам присваивается признак «Обработка методом пробных проходов и промеров». Затем на графе возможных технологических размеров G_T делается проверка на размерную связь обрабатываемых поверхностей.

В результате работы этого модуля список возможных линейных размеров будет состоять из трех частей:

список возможных линейных операционных размеров, соответствующих обработке по настройке;

список возможных линейных размеров, соответствующих обработке, по промерам;

список размеров заготовки.

Модуль 4. На основании анализа (с учетом) характеристик состояний обрабатываемых поверхностей производится опреде-

ление точности (класса, качества), шероховатости и постоянной составляющей минимально необходимого припуска для размерной обработки каждой поверхности.

Модуль 5. На основании характеристик методов обработки (к ним относятся используемое оборудование, приспособления и среднеэкономическая точность, системы простановки размера и т. д.) производится определение операционных допусков на технологические размеры. Справочная таблица подсистемы предусматривает для каждого метода обработки три уровня точности (3 шкалы операционных допусков) в зависимости от типа размера и состояния исходной (измерительной) базы. Подробно этот вопрос освещен в работе [8].

Модуль 6. В этом модуле организуется процесс преобразования графа возможных технологических линейных размеров G_T в граф допустимых размеров $G_{T\text{доп}}$. Сначала производится построение ограниченного множества размерных цепей относительно каждого конструкторского размера с использованием только операционных размеров, выполняемых по настройке; производится проверка возможности выполнения конструкторских размеров с заданной точностью путем проверки соблюдения основного правила размерных цепей [8]:

$$\sum_{m+n} T_i \leq T_{\Delta} \quad , \quad (4.1)$$

где T_i — допуски на операционные размеры, назначенные (принятые) в модуле 5;

T_{Δ} — допуск замыкающего звена (конструкторского размера);

$m + n$ — количество увеличивающих и уменьшающих составляющих звеньев цепи.

Затем, в силу существующей параллельной связи технологических размерных цепей /8/ (точность некоторых конструкторских размеров может выполняться косвенно), производится согласование построенных множеств размерных цепей между собой с целью обеспечения правила (4.1) для всех конструкторских размеров в комплексе. При этом некоторые размерные цепи, не удовлетворяющие правилу (4.1), и соответствующие операционные размеры исключаются из графа возможных технологических размеров G_T — тем самым производится преобразование графа G_T в $G_{T\text{доп}}$.

При исключении технологических размеров и соответствующих им размерных цепей может оказаться, что на какой-либо конструкторский размер множество ранее построенных размерных цепей будет пустым, т. е. в нем не окажется ни одной размерной цепи. Это означает, что обеспечить точность такого конструкторского размера по настройке невозможно. Тогда про-

педура построения размерных цепей относительно каждого конструкторского размера и согласования их между собой повторяется заново с учетом включения в анализ технологических размеров, выполняемых по промерам на те конструкторские размеры, обеспечить точность которых по настройке первоначально было невозможно.

Таким образом, оставшаяся совокупность операционных размеров, проверенных по ограничению (4.1), образует граф допустимых размерных структур технологического процесса $G_{\text{Т доп}}$.

Модуль 7. Последовательно идя от заготовки к детали, в каждом этапе обработки осуществляется синтез оптимальной размерной структуры, т. е. производится преобразование технологического графа допустимых операционных размеров $G_{\text{Т доп}}$ в граф оптимальных размеров $G_{\text{Т опт}}$.

Используя операционные размеры, включенные в состав $G_{\text{Т доп}}$, производят построение относительно каждого из припусков ограниченного множества размерных цепей. Целевой функцией оптимизации размерной структуры является обеспечение минимума колебания припусков на обработку. При этом в качестве критериев оптимизации используются:

а) минимум суммы допусков составляющих звеньев всех размерных цепей определенного координатного направления, сформированных (построенных) относительно припусков на обработку:

$$K_1 = \sum_s \sum_q \sum_{m+n} T_i \rightarrow \min; \quad (4.2)$$

б) минимальное среднее квадратичное отклонение припусков z_i от минимального значения:

$$K_2 = \sqrt{\sum_s \sum_q \sum_{m+n} \left(\frac{z_i - z_{i \min}}{z_{i \min}} \right)^2} \quad (4.3)$$

В уравнениях (4.2) и (4.3): s — количество поверхностей определенного координатного направления; q — число ступеней обработки поверхности; $m+n$ — число составляющих звеньев в размерной цепи, сформированной относительно припуска.

Обозначим z_i — операционный припуск; $z_{\Pi} = \sum_q z_i$ — общий припуск на обработку определенной поверхности; $z_{\text{ТП}} = \sum_s z_{\Pi} = \sum_s \sum_q z_i$ — общий припуск на все ступени обработки всех s поверхностей данного координатного направления.

Между $z_{\text{ТП max}}$ и $z_{\text{ТП min}}$ существует зависимость [8/

$$z_{\text{ТП max}} = z_{\text{ТП min}} + \sum_s \sum_q \sum_{m+n} T_i. \quad (4.4)$$

Тогда K_1 можно представить в виде

$$K_1 = \sum_s \sum_q \sum_{m+n} T_i = z_{\text{тпmax}} - z_{\text{тпmin}} \quad (4.5)$$

Стало быть, критерий K_1 оценивает колебание не какого-то одного операционного припуска или их частной суммы, а колебание общего припуска $Z_{\text{тп}}$ по всему технологическому процессу, т. е. колебание общего припуска на выполнение всех ступеней обработки по всем s поверхностям определенного координатного направления. Таким образом, метод и критерии оптимизации K_1 и K_2 предусматривают поиск оптимальной структуры (системы простановки) не отдельных операционных размеров, не их подмножества для какой-либо операции или этапа обработки, а всего множества размеров по всему технологическому процессу, т. е. поиск оптимальной размерной структуры ТП. Из ограниченного множества сравниваемых допустимых размерных структур (РС) за оптимальный принимается вариант размерной структуры ТП, у которого критерии оптимизации K_1 или K_2 имеют минимальное значение.

Модули 8 и 9. На основании расчета размерных цепей производится определение номинальных значений, верхних и нижних отклонений искомых операционных (линейных) и диаметральных) размеров оптимального варианта РС. Решение размерных цепей выполняется по методу полной взаимозаменяемости (расчет на максимум-минимум). Необходимые для расчета значения $z_{i \text{ min}}$ для обработки плоскостей и торцев определялись по уравнению

$$z_{i \text{ min}} = (Rz + T_{\text{деф}} + \omega_{\text{ф}})_{i-1}, \quad (4.6)$$

где Rz и $T_{\text{деф}}$ — высота неровностей и глубина подлежащей удалению части дефектного слоя;

$\omega_{\text{ф}}$ — неконтролируемая погрешность формы /8/.

Элементы Rz , $T_{\text{деф}}$ и $\omega_{\text{ф}}$ определялись по нормативно-справочным таблицам. Полученные расчетные значения операционных размеров округлялись до значений, регламентируемых отраслевым стандартом.

В этих модулях в режиме проверочной задачи определялись максимальные значения припусков и напуски, такие данные необходимы для расчета режимов резания и решения некоторых других задач проектирования ТП.

Модуль 10. В этом модуле решается задача передачи полученных при расчетах параметров размерной структуры в систему, что необходимо для решения последующих задач проектирования ТП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении / В. С. Корсаков, Н. М. Капустин, К. -Х. Темпельгоф, Х. Лихтеберг. - Под общ. ред. Н. М. Капустина — М.: Машиностроение, 1985. 304 с.
2. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении. / Под ред. чл.-кор. АН БССР Г. К. Горанского. — М.: Машиностроение, 1976. 240 с.
3. Горанский Г. К., Бендерова Э. И. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства. — М.: Машиностроение, 1981. 455 с.
4. ГОСТ 17369-78. Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации.
5. ГОСТ 14.417-81 ЕСТПП. Проектирование автоматизированное. Входной язык для технологического проектирования. Язык описания детали.
6. Диалоговое проектирование технологических процессов / Н. М. Капустин, В. В. Павлов, Л. А. Козлов и др. — М.: Машиностроение, 1983. 255 с.
7. Иванов Г. В. Принципы построения интегрированной системы автоматизации технологической подготовки производства. — В кн.: Прогрессивные методы проектирования технологических процессов и производства двигателей летательных аппаратов. — Куйбышев: КуАИ, 1983, с. 13—16.
8. Иващенко И. А., Трухман И. Г. Технологические размерные расчеты и их автоматизация с использованием ЭВМ. — Куйбышев: КуАИ, 1985. 96 с.
9. Иващенко И. А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. — М.: Машиностроение, 1981. 221 с.
10. Комиссаров В. И., Леонтьев В. И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1985. 224 с.
11. Логашев В. Г. Технологические основы гибких автоматических производств. — Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985. 176 с.
12. Мартынов В. А. Система автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления компрессорных лопаток. — В кн.: Прогрессивные методы проектирования технологических процессов и производства двигателей летательных аппаратов. — Куйбышев: КуАИ, 1983, с. 28—35.
13. Маталин Л. А. Технология машиностроения. — Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985. 496 с.
14. Механизация и автоматизация технологической подготовки производства / А. А. Вялло, А. А. Киммель, Р. А. Кютнер и др. Эстонский НИИ научно-технической информации и технико-экономических исследований. — Таллин, 1976. 130 с.
15. Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства / С. П. Митрофанов, Ю. А. Гульнов, Д. Д. Куликов и др. — М.: Машиностроение, 1981. 287 с.
16. Проектирование технологических процессов с помощью ЭВМ / И. Т. Беляков, И. И. Осипов, А. А. Саранев и др. — М.: МАИ, 1977, 80 с.
17. Фираго В. П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. — М.: Машиностроение, 1973. 468 с.
18. Цветков В. Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1972. 240 с.
19. Цветков В. Д. Методы автоматизации проектирования технологических процессов. — В кн.: ЭВМ в проектировании и производстве. — М.: Машиностроение, 1983, с. 159—164.
20. Челищев Б. Е., Боброва Н. В. Автоматизированные системы технологической подготовки производства. — М.: Энергия, 1975. 136 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
I. Структура и характеристика автоматизированных систем технологической подготовки производства (АС ТПП)	5
1.1. Назначение АС ТПП и основные требования к ней	5
1.2. Структура АС ТПП	6
1.3. Компоненты САПР ТП	9
1.4. Методы и системы автоматизированного проектирования ТП	10
1.5. Технические средства САПР ТП	15
II. Формализованные языки и кодирование конструкторской и технологической информации	17
2.1. Входной язык для технологического проектирования	17
2.2. Кодирование информации	20
2.3. Информационная модель детали	23
2.3.1. Конструкторско-технологический код (КТК)	23
2.3.2. Табличная форма информационной модели детали	26
III. Информационно - поисковые системы (ИПС) технологического назначения	30
3.1. Назначение и состав ИПС	30
3.2. Классификация ИПС ТП	32
3.3. Виды информации в ИПС и САПР ТП	34
3.4. Формальная модель нормативно-справочной информации	35
3.5. Таблицы соответствий	
3.6. Оптимизация принимаемых решений при подготовке таблиц соответствий	44
IV. Автоматизированное проектирование технологических процессов механической обработки заготовок (САПР ТП МО) на основе типизации	48
4.1. Технологическая унификация	48
4.2. Общая характеристика метода автоматизированного проектирования и САПР ТП на основе типизации	52
4.3. Подготовка оперативной информации о детали	53
4.4. Разработка групповой информации	62
4.4.1. Классификация и группирование деталей. Разработка комплексного представителя	63
4.4.2. Разработка типовых технологических решений (ТТР)	70
4.5. Алгоритмы решения задач проектирования технологического процесса	79
4.5.1. Таблицы соответствий для формирования структуры ТП	79
4.5.2. Таблицы соответствий для определения типа режущего инструмента	84
4.5.3. Подсистема «Расчет операционных размеров»	86
Библиографический список	92

Св. план, 1986, поз. 12.

*Иван Александрович Иващенко,
Герман Васильевич Иванов,
Владимир Андреевич Мартынов*

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ
ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Редактор Т. К. К р е т и н и н а
Техн. редактор Н. М. К а л е н ю к
Корректор В. П. П е т р о в а

Сдано в набор 10.09.86 г. ЕО 00356.
Подписано в печать 24.10.86 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага оберточная. Печать высокая.
Гарнитура литературная. Усл. п. л. 5,5, Уч.-изд. л. 5,0.
Т. 1000 экз. Заказ 824. Цена 20 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип ЭОЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18,