

Министерство образования Российской Федерации  
ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие по курсам "Автоматизированные системы  
технологической подготовки производства" и "Автоматизация конструкторского и технологического  
проектирования"  
для студентов 4, 5 курсов специальности 2203

Издательство ТГТУ  
Тамбов 2002

## ВВЕДЕНИЕ

Создание объектов машиностроения осуществляется в следующей последовательности:

- 1 Обоснование необходимости создания объекта.
- 2 Предпроектные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.
- 3 Проектирование объекта.
- 4 Технологическая подготовка производства.
- 5 Изготовление.
- 6 Наладка.
- 7 Передача в эксплуатацию (внедрение).

Из всех этапов к проектным относятся третий и четвертый.

В процессе проектирования отыскиваются функциональные решения, представляемые и документируемые в виде некой функциональной структуры, которая затем может быть материализована с помощью определенных предписаний. Эти предписания, служащие для изготовления изделий, составляются таким образом, чтобы все функциональные требования, поставленные перед создаваемым изделием, были выполнены. В этом смысле процесс проектирования предполагает получение не только всех необходимых чертежей изделия, но и разработку технологических процессов его изготовления. Целью проектирования является разработка и формирование функций изделия путем переработки геометрической, технологической и организационной информации; подготовка производства обеспечивает технологическую реализацию превращения исходной заготовки в изделие. Другими словами, этап проектирования отвечает на вопрос: что из себя представляет изделие, а этап технологической подготовки производства – как это изделие сделать.

При применении ЭВМ нет необходимости в разделении цикла создания изделия на две стадии: обеспечение целевой функции изделия и технологии производства этого изделия.

Целью технологической подготовки производства является достижение в процессе изготовления продукции оптимального соотношения между затратами и получаемыми результатами. Увеличение доли мелкосерийного производства требует создания автоматизированных систем технологической подготовки, так как именно при данном характере производства преимущества использования автоматизированных систем проявляются в наибольшей степени. Большие капиталовложения, затрачиваемые на мелкосерийное производство, требуют качественного проведения технологической подготовки и документирования ее результатов. Возрастающие требования научно-технического прогресса предполагают высокую гибкость процесса подготовки с целью более быстрой адаптации к новым потребностям производства. Интегрированная обработка производственной информации требует тщательной ее подготовки.

В ходе технического прогресса требования к технологической подготовке производства в значительной мере изменились. В условиях первых небольших ремесленных предприятий процесс планирования, как таковой, был не нужен. Лишь с разделением труда и развитием средств механизации возникла необходимость в отдельном этапе производства – подготовке производства. В начале этот процесс определялся квалифицированными ремесленниками – специалистами. Недостатки существовавшей в то время структуры производства побудили Тейлора к проведению "фабричной реформы". С разделением функций управления посредством введения в процесс производства специалистов такой квалификации и разработки системы документирования Тейлор создал основы для сбора и предварительной обработки производственных данных. Используя эти исследования Г. Форд, последовательно применяя методы поточного производства, смог добиться увеличения темпов роста в автомобилестроении при одновременном снижении затрат. Задачи технологической подготовки производства (ТПП) изучались в центральных научно-исследовательских учреждениях. Это положение сохраняется на многих предприятиях и сегодня.

Применение средств обработки данных в области ТПП дало возможность решения организационных проблем, таких, например, как управление производственным планированием. Следующим важным шагом в автоматизации ТПП явилась разработка автоматизированных систем программирования для реализации управления станками с числовым программным управлением (ЧПУ). Многочисленные разработки систем ТПП как ориентированных на конкретное производство, так и не ориентированных на него, позволяют сегодня решать различные задачи ТПП. Существенным преимуществом автоматизированной системы ТПП является выполнение рутинных процессов и подготовка информации с помощью средств электронной обработки данных. Специалист, работающий с автоматизированными системами ТПП (АСТПП), избавится от монотонной, нетворческой работы. Кроме того, благодаря большому быстрдействию средств электронной обработки данных появляется возможность исследования различных альтернативных решений и реализации процессов оптимизации.

Задачей данного курса является изучение технологических процессов в машиностроении (глава 1), технологической подготовки производства (глава 2) и методов ее автоматизации (глава 3).

### Г л а в а 1

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### 1.1 Понятие технологического процесса

В целом производственный процесс есть совокупность взаимодействия людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета труда.

Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, называется технологической операцией.

Рабочее место – элементарная единица структуры предприятия, где размещаются исполнители работы, обслуживаемое ими технологическое оборудование, часть конвейера, оснастка и предметы труда (поступающие на ограниченное время).

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

## 1.2 Основные технологические процессы в машиностроении

Процесс изготовления какого-либо объекта в машиностроении начинается с получения заготовки.

Полученные заготовки направляют на механическую обработку, в процессе которой получают законченную деталь.

Завершающим процессом в машиностроительном производстве является сборка изделия.

### 1.2.1 Получение заготовки

Заготовки для производства деталей машин, механизмов и т. д. получают литьем, прокатом, штамповкой, ковкой и другими способами.

Литье – процесс получения заготовки путем заливки в специальные формы материала, нагретого до жидкого состояния. Используется для получения корпусных деталей.

Ковка – процесс получения заготовки путем ударного воздействия на материал, нагретый до пластичного состояния.

Прокат – процесс получения заготовки путем прокатывания через специальные валцы материала, нагретого до пластичного состояния. Основные профили, получаемые прокатом: уголок, швеллер, двутавр, пруток, труба.

Штамповка – процесс получения заготовки путем ударного воздействия пуансона на листовую материал, помещаемый на матрицу. Различают холодную и горячую штамповку, а также плоскую и объемную.

### 1.2.2 Механическая обработка

Технологические операции в механической обработке связаны с удалением слоя материала.

Получение новых поверхностей путем отделения слоев материала с образованием стружки называется обработкой резанием.

К общим видам обработки резанием относится так называемая лезвийная обработка (рис. 1).

Лезвийная обработка осуществляется лезвийными инструментами, к которым относятся резцы, фрезы, сверла.

**Точение** – лезвийная обработка с вращательным главным движением резания и возможностью изменения радиуса его траектории. Разновидности точения: обтачивание, растачивание, подрезание.

**Обтачивание** – точение наружной поверхности с движением подачи вдоль образующей линии обрабатываемой поверхности (рис. 2).

**Растачивание** – точение внутренней поверхности с движением подачи вдоль образующей поверхности (рис. 3, а).

При глубине отверстия более 100 – 150 мм растачивают державочными резцами (рис. 3, б).

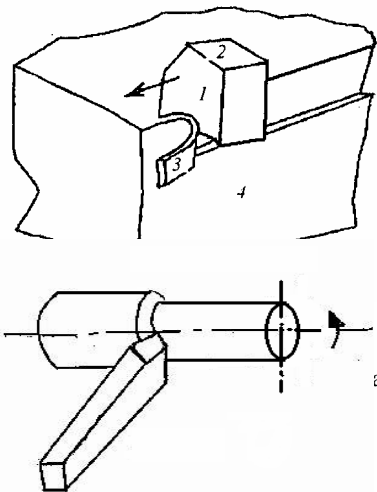


Рис. 2 Обтачивание

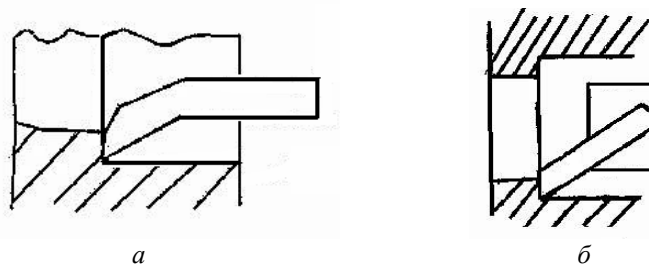


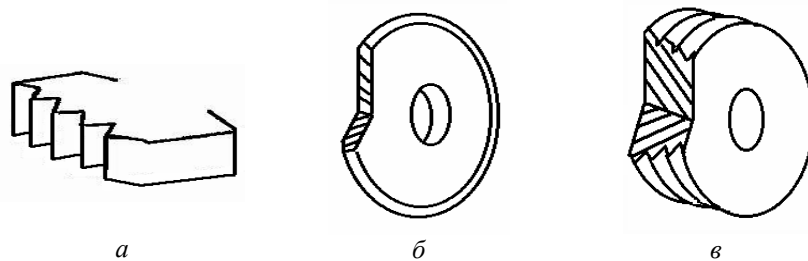
Рис. 3 Растачивание резцом: а – обычным; б – державочным

**Подрезание** – точение торцевой поверхности.

**Нарезание резьб.** Обработка аналогична обтачиванию, отличается типом резцов (рис. 4, 5).



Рис. 4 Стержневые резцы для резьб: а – наружных; б – внутренних



**Рис. 5 Фасонные резцы:** *a* – призматический многониточный; *б* – круглый (дисковый) однониточный; *в* – дисковый многониточный

Процесс нарезания резьбы иллюстрируется на рис. 6.

**Осевая обработка** – лезвийная обработка с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории и движении подачи только вдоль оси главного движения резания.

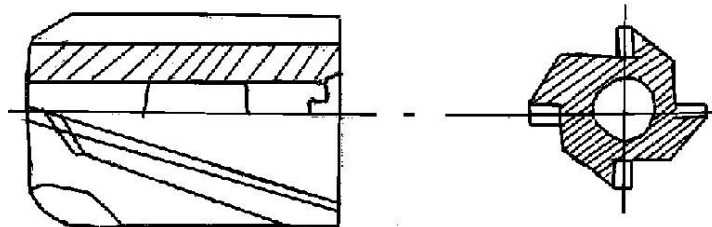
Разновидности осевой обработки – сверление, зенкерование, развертывание.

**Сверление** – процесс получения отверстий. Сверло является более сложным, чем резец инструментом – имеет 5 лезвий (рис. 7).

Для процесса сверления важным фактором является геометрия режущей части сверл. Для различных технологий (размеры отверстий, материал заготовки, точность обработки и т.д.) используют различные способы заточки сверл.

**Зенкерование** отверстий – обработка просверленных отверстий для увеличения диаметра, а также обработка отверстий, отлитых или штампованных, осуществляемых специальным инструментом – зенкером.

Зенкеры (рис. 8) имеют, как правило, четыре режущие кромки, поэтому диаметр и прямолинейность отверстия, обработанного зенкером, выдерживаются точнее, чем при сверлении (сверло имеет две режущие кромки).



**Рис. 8 Зенкер**

**Развертывание** отверстий – технологическая операция окончательной обработки отверстий высокой точности, осуществляемая специальным инструментом – разверткой. Развертка имеет большое количество зубьев, одновременно участвующих в работе. Процесс характеризуется малой глубиной резания, что способствует получению низкой шероховатости.

**Фрезерование** – лезвийная обработка с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории, сообщаемым инструменту, и хотя бы одним движением подачи, направленным перпендикулярно оси главного движения резания.

В зависимости от вида лезвийного инструмента (фрезы) фрезерование может быть периферийным, торцовым, круговым.

**Периферийное фрезерование** – применяется для обработки плоских поверхностей цилиндрической (рис. 9, *a*) или дисковой (рис. 9, *б*) фрезой.

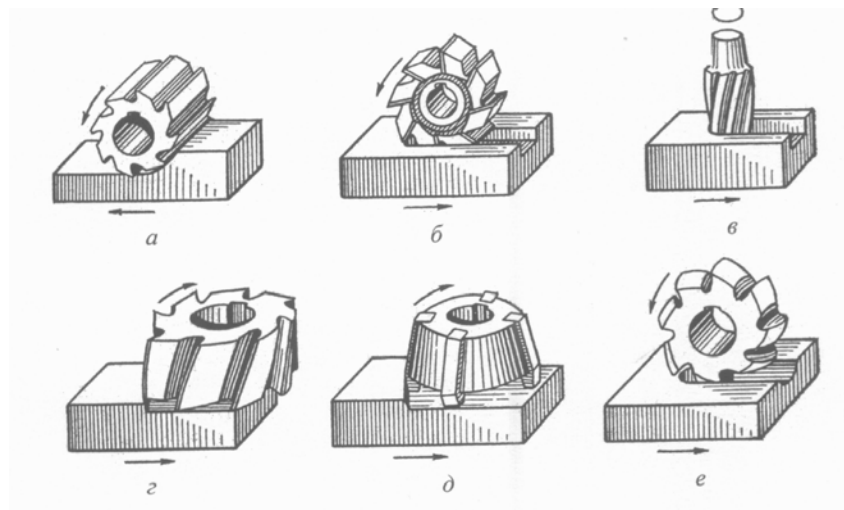
При обработке ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности; работа производится зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности фрезы.

**Торцовое фрезерование** – применяется для обработки плоских поверхностей торцовой фрезой (рис. 9, *г*, *д*). При торцовом фрезеровании ось фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности; в работе участвуют зубья, расположенные как на цилиндрической, так и на торцовой поверхности фрезы.

Торцовое фрезерование имеет ряд преимуществ по сравнению с цилиндрическим – обеспечивает более равномерное фрезерование.

**Обработка набором фрез.** Используются дисковые (рис. 9, *б*) и фасонные (рис. 9, *е*) фрезы.

При обработке набором фрез повышается производительность и возрастает точность фрезерования, а также лучше используется мощность станка.



**Рис. 9 Виды фрез:**

*a* – цилиндрическая; *б* – дисковая; *в* – концевая; *г*, *д* – торцовые; *е* – фасонная

**Шлифование поверхностей** – операция резания, осуществляемая абразивным инструментом (шлифовальным кругом) для целей черновой обработки заготовок.

Наиболее распространенными видами шлифования являются круглое (наружное и внутреннее) – для обработки цилиндрических деталей, и плоское шлифование.

### 1.2.3 Технология сборочных процессов

Процесс сборки составляет 20 – 50 % в общей трудоемкости изготовления машины.

Сборку подразделяют на узловую и общую. Объектом узловой сборки являются сборочные элементы машины, объектом общей сборки – сама машина.

Детали поступают на сборку после их окончательного технического контроля.

Процесс сборки состоит из двух основных частей: подготовки деталей к сборке и собственно сборочных операций. К подготовительным работам относятся: различные слесарно-пригоночные работы, выполняемые при необходимости; окраска отдельных деталей; очистка и промывка деталей; смазывание сопрягаемых деталей, если это необходимо по техническим условиям.

К собственно сборочным работам относится процесс соединения сопрягаемых деталей и узлов с обеспечением правильного их взаимного положения и определенной посадки.

Различают следующие виды соединений:

- *неподвижные разъемные* – которые можно разобрать без повреждения соединяемых и скрепляемых деталей (например, резьбовые);
- *неподвижные неразъемные* – разъединение которых связано с повреждением или полным разрушением деталей (такие соединения получают посадкой с натягом, развальцовкой, сваркой, пайкой, клепкой, склеиванием);
- *подвижные разъемные* – соединения с подвижной посадкой;
- *подвижные неразъемные* – подшипники качения, втулочно-роликовые клепаные цепи, запорные краны.

К сборочным процессам относятся также балансировка собранных узлов.

При выполнении сборочных работ возможны ошибки во взаимном расположении деталей и узлов, их повышенные деформации, несоблюдение в сопряжениях необходимых зазоров.

Погрешности сборки вызываются рядом причин:

- отклонением размеров и формы сопрягаемых деталей;
- несоблюдением требований к качеству поверхностей деталей;
- неточной установкой и фиксацией элементов машины в процессе ее сборки;
- несоблюдением режима сборочной операции, например, при затяжке винтовых соединений или склеивании;
- геометрическими неточностями сборочного оборудования и технологической оснастки.

Для достижения заданной точности сборки используют методы взаимозаменяемости, регулирования и пригонки.

В методе взаимозаменяемости предъявляются высокие требования к точности изготавливаемых деталей, в результате чего сборка сводится лишь к соединению сопрягаемых деталей, что является преимуществом. Кроме того, унификация деталей позволяет использовать продукцию различных предприятий. Недостаток – высокая сложность и трудоемкость изготовления деталей.

Сборка методом регулирования заключается в том, что точность сборки достигается путем изменения размера заранее выбранного компенсирующего звена (рис. 10).

Компенсирующее кольцо подбирается сборщиком по результатам измерения фактического размера замыкающего звена.

Недостаток – большая длительность сборки. Преимущество – универсальность (метод применим к любым деталям, требования к точности их изготовления низкие); простота сборки при высокой ее точности; возможность регулирования соединения в процессе работы.

Сборка методом пригонки заключается в достижении заданной точности сопряжения путем снятия с одной из сопрягаемых деталей необходимого слоя материала опиловкой или любым другим способом. Метод трудоемкий и применяется в единичном и мелкосерийном производствах.

### 1.3 Трудоемкость технологических операций

Трудоемкость выполнения технологических операций является критерием эффективности технологического процесса и определяется на основе технически обоснованных норм времени.

Норма времени – регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Норма выработки – регламентированный объем работы, которая должна быть выполнена в единицу времени одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Существуют три метода установления нормы времени.

1 На основе изучения затрат рабочего времени наблюдателем непосредственно на рабочих местах. Метод используется для обобщения передового опыта и для разработки нормативов.

2 По нормативам – производят расчет длительности операции, используя нормативы длительности выполнения отдельных элементов работы (операции).

3 Сравнением и расчетом по типовым нормам – приближенный расчет, применяется в единичном и мелкосерийном производствах.

Штучное время – интервал времени, равный отношению цикла технологической операции к числу одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий, или равный календарному времени сборочной операции.

Штучное время  $t_{шт}$  для неавтоматизированного производства состоит из элементов

$$t_{шт} = t_0 + t_b + t_T + t_{орг} + t_n,$$

где  $t_0$  – основное (технологическое) время, затрачиваемое на изменение и определение состояния предмета труда (станочная, кузнечная, слесарная и другая обработка);  $t_b$  – вспомогательное время, затрачиваемое на выполнение приемов, необходимых для выполнения технологических операций (установка и снятие заготовки или собираемого узла, пуск или останов станка);  $t_T$  – время технического обслуживания рабочего места, затрачиваемое исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за ними и рабочим местом;  $t_{орг}$  – время организационного обслуживания рабочего места (получение задания, изучение чертежа детали);  $t_n$  – время на личные потребности, затрачиваемое на производственную гимнастику, отдых и т.д.

Часть штучного времени, равная сумме основного  $t_0$  и вспомогательного времени  $t_b$ , называется оперативным временем  $t_{оп}$ , равно

$$t_{оп} = t_0 + t_b.$$

Оперативное время – основная часть технической нормы.

В серийном производстве при расчете норм времени на партию необходимо учитывать подготовительно-заключительное время  $t_{п-з}$ , которое затрачивается рабочим перед началом обработки партии заготовок и после окончания задания.

В массовом производстве, в силу повторяемости одной и той же операции, необходимость в работах, выполняемых в подготовительно-заключительное время, отпадает.

В единичном производстве подготовительно-заключительное время включает и штучное время.

В серийном производстве норму времени на обработку партии заготовок или сборку партии сборочных единиц рассчитывают по формуле

$$t_{пар} = t_{шт} n + t_{п-з},$$

где  $n$  – размер партии.

Норма штучно-калькуляционного времени на выполнение операции над одной деталью

$$t_{ш-к} = t_{шт} + (t_{п-з} / n).$$

На основе норм времени определяют расценки выполняемых операций, рассчитывают необходимое количество оборудования, осуществляют планирование производственного процесса.

### 1.4 Базирование и базы в машиностроении

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

База – поверхность или сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию, и используемая для базирования.

Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в избранной системе координат на них необходимо наложить шесть двусторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз.

Технологическая база – используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или

ремонта.

Измерительная база – используемая для определения положения заготовки или изделия относительно средств измерения.

Под базированием заготовки понимается придание ей определенного положения в приспособлении с целью изготовления деталей с заданной геометрией. Осуществив базирование, заготовку закрепляют, чтобы при обработке она сохраняла неподвижность относительно приспособления. Базирование и закрепление – два разных элемента установки заготовки. Они выполняются последовательно, причем базирование достигается наложением на заготовку односторонних связей, а базирование совместно с закреплением – двусторонних, лишаящих заготовку подвижности в обе стороны по рассматриваемой оси.

Базирование нельзя заменить закреплением.

На рис. 11 приведен пример заготовки, для которой осуществлено базирование в системе координат фрезерного станка и последующее закрепление.

Базирование заготовки в приспособлении производится двумя или тремя базами. В группе баз значимость каждой из них для данной операции неодинакова. Среди них выделяется основная база. Заготовка, устанавливаемая этой базой в приспособление, получает почти полную ориентацию; для полной ориентации используются другие, вспомогательные базы.

Поверхности, используемые в качестве основной базы: плоская, цилиндрическое отверстие, цилиндрическая наружная поверхность.

Основную базу выбирает конструктор приспособления. За основную базу предпочтительно брать поверхность, которая обеспечивает заготовке устойчивое положение в приспособлении даже при базировании только одной этой базы.

Примеры основных баз приведены на рис. 11 – 13. Для заготовки, показанной на рис. 11, в качестве основной базы выбрана нижняя поверхность. Устанавливается на опорную пластину.

Для цилиндрической заготовки (рис. 12) в качестве основной базы выбрана наружная цилиндрическая поверхность. Устанавливается на призму.

Для заготовки, показанной на рис. 13, в качестве основной базы выбрано цилиндрическое отверстие. Надевается на цилиндрическую оправку.

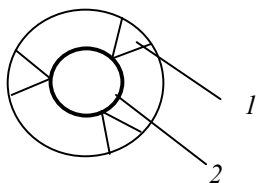


Рис. 12 Цилиндрическая заготовка:  
1 – призма; 2 – основная база

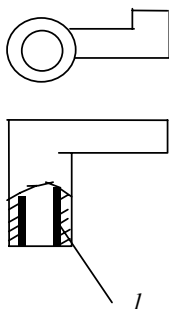


Рис. 13 Заготовка с отверстием:  
1 – основная база

## 1.5 Основное оборудование машиностроительных производств

### 1.5.1 Металлорежущие станки

В зависимости от целевого назначения станка для обработки тех или иных деталей или их поверхностей, выполнения соответствующих технологических операций и режущего инструмента, станки разделяют на следующие основные группы – токарные, сверлильные и расточные, фрезерные, шлифовальные. Условная классификация станков по технологическому признаку следующая.

*Токарные* (группа 1) разделяются на типы: специализированные, одношпиндельные, многошпиндельные, револьверные, сверлильно-отрезные, карусельные, токарные и лобовые, многорезцовые.

*Сверлильные и расточные* (группа 2): вертикально-сверлильные, одношпиндельные, многошпиндельные полуавтоматы, координатно-расточные, радиально-сверлильные, расточные, алмазно-расточные, горизонтально-сверлильные и центровые.

*Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные* (группа 3): круглошлифовальные, внутришлифовальные, обдирочно-шлифовальные, специализированные шлифовальные, заточные, плоскошлифовальные, притирочные и полировальные.

*Фрезерные* (группа 6): вертикально-фрезерные консольные, фрезерные непрерывного действия, копировальные и гравировальные, вертикальные бесконсольные, продольные, широкоуниверсальные, горизонтально-фрезерные консольные.

В последние годы получили распространение станки, на которых выполняются различные операции в результате автоматической смены режущих инструментов. Подобные станки получили название многооперационных станков или обрабатывающих центров. В обозначении конкретных моделей станков первая цифра указывает на группу станка (например,

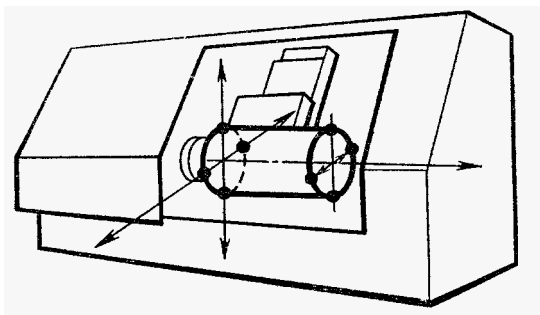
токарные 1), а вторая – на тип (например, токарно-карусельные станки имеют в обозначении цифру 15), а последние цифры характеризуют размер рабочего пространства, т.е. предельно допустимые размеры обработки.

Универсальные станки, иначе называемые станками общего назначения, предназначены для изготовления деталей широкой номенклатуры, обрабатываемых небольшими партиями в условиях мелкосерийного и серийного производства. Универсальные станки с ручным управлением требуют от оператора подготовки и частичной или полной реализации программы, а также выполнения функции манипулирования (смена заготовки и инструмента), контроль и измерение.

Специальные станки используют для производительной обработки одной или нескольких почти одинаковых деталей в условиях крупносерийного и особенно массового производства. Специальные станки, как правило, имеют высокую степень автоматизации.

Специализированные станки предназначены для обработки заготовок сравнительно узкой номенклатуры. Примером могут служить токарные станки для обработки коленчатых валов или шлифовальные станки для обработки колец шарикоподшипников. Специализированные станки имеют высокую степень автоматизации, и их используют в крупносерийном производстве при больших партиях, требующих редкой переналадки.

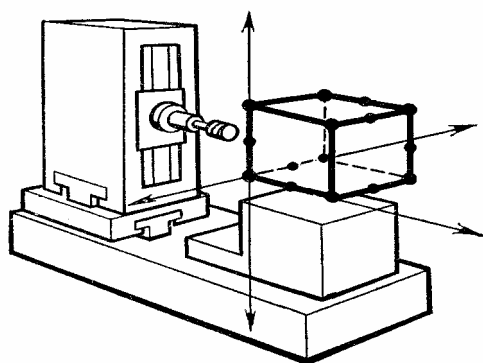
Автоматическую линию образуют из набора станков-автоматов, расположенных последовательно в соответствии с ходом технологического процесса и связанных общим транспортом и общим управлением. Переналаживаемая автоматическая линия может в режиме автоматической переналадки переходить от обработки одной детали к обработке другой похожей на нее детали. Общее число разных деталей при этом ограничено.



**Рис. 14** Рабочее пространство токарного станка знаменателем  $R$ . Так, для станков токарной группы принят  $R = 1,25$  и стандартный ряд наибольших диаметров обработки – 250, 320, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000 мм.

Станки наиболее распространенных технологических групп образуют размерные ряды, в которых за каждым станком закреплен вполне определенный диапазон размеров обрабатываемых деталей. Например, в группе токарных станков возможности станка характеризуются цилиндрическим рабочим пространством (рис. 14), а для многооперационных станков – прямоугольным рабочим пространством (рис. 15).

По основному размеру рабочего пространства, максимальному диаметру для токарных станков, ширине стола для фрезерных и многооперационных станков устанавливают ряд стандартных значений, обычно в геометрической прогрессии с некоторым



**Рис. 15** Рабочее пространство многооперационного

В зависимости от массы станка, которая связана с размерами обрабатываемых деталей и его типом, принято разделять станки на легкие (до 1 т), средние (1 – 10 т), и тяжелые (более 10 т). Особо тяжелые станки с массой более 10 т называют уникальными. Станки также условно разделяют на классы точности – нормальной, повышенной, высокой, особо высокой и особо точные станки. Класс точности обозначают соответственно буквами Н, П, В, А, С. Таким образом, обозначение токарно-винторезного станка модели 16К20П следует расшифровать так: токарно-винторезный станок (первые две цифры) с высотой центров (половина наибольшего диаметра обработки) 200 мм, повышенной точности (П) и очередной модификации (К).

## 1.5.2 Станки с числовым программным управлением (ЧПУ)

Станки с ЧПУ представляют собой сложные многоинструментные станки, в которых управляется по программе:

- порядок выбора инструмента;
- выбор величины подач инструмента для достижения правильной формы и требуемой точности размеров изготавливаемой детали;
- количество оборотов инструмента и т.д.

При ручной подготовке программ процесс состоит из следующих этапов:

- изучение исходной информации – чертежа детали, данных по инструменту, технологических данных по режимам обработки;
- составление технологом-программистом программы;
- табличная запись программы;
- кодирование управляющей программы на перфоленту, магнитную ленту, перфокарту или гибкий диск – в зависимости от считывающего устройства станка.

По технологическим возможностям станки с ЧПУ делят на следующие группы:

- станки токарной группы, на которых обрабатывают наружную и внутреннюю поверхности заготовок типа тел вращения с прямолинейными и криволинейными контурами, со сложными внутренними полостями, нарезают наружную и внутреннюю резьбы;



- станки сверлильно-расточной группы;
- станки фрезерной группы, на которых обрабатывают заготовки как простой конструкции, так и контуры сложной конфигурации – типа шаблонов, обводов и т. д.;
- шлифовальные станки;
- многоцелевые станки для обработки призматических заготовок, на которых может быть выполнена комбинированная сверлильно-фрезерно-расточная обработка корпусных и плоских заготовок;
- многоцелевые станки для обработки заготовок типа тел вращения, на которых наряду с токарной обработкой производится сверление и растачивание.

На всех станках используются автоматические инструментальные магазины для размещения большого числа инструментов и выполнения многих операций; комплексная механическая обработка выполняется часто без перестановки заготовки на другие станки.

В зависимости от вида обработки станки оснащаются различными устройствами управления:

- позиционные – для управления перемещением исполнительных механизмов станка от точки к точке без задания траектории (применяют в основном для сверлильных и расточных станков);
- непрерывные или контурные – для управления всеми траекториями перемещения исполнительных механизмов станка при обработке деталей сложных профилей (плоских и объемных) на токарных, фрезерных и других станках;
- универсальные или комбинированные – как для контурной, так и для позиционной обработки.

### 1.5.3 Прочее оборудование машиностроительных производств

Набор оборудования, используемого в машиностроительных производствах, не исчерпывается станками. При изготовлении изделий применяются различные виды подъемных устройств (краны, лебедки и т.д.), прессы, штампы, механические ножницы и другое оборудование.

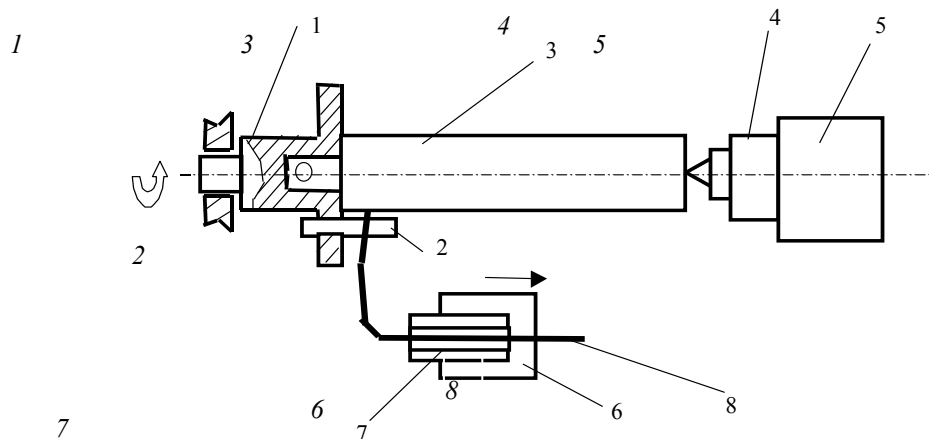
В ряде случаев оборудование объединяют в технологические линии (роторные, конвейерные, гибкие) для повышения производительности труда. В этом случае дополнительно используются промышленные роботы и манипуляторы для перемещения деталей от одного рабочего места к другому.

Для завершающей (финишной) обработки деталей используют оборудование для окрашивания, а также гальванические линии для нанесения защитных и декоративных покрытий.

## 1.6 Технологическая оснастка

Кроме основного оборудования (станки, прессы, механические ножницы и т.д.) в механической обработке применяется технологическая оснастка – различные зажимные устройства, необходимые для закрепления детали в нужном положении; приспособления для осуществления технологических операций.

В качестве примера оснастки рассмотрим приспособление для навивки пружин, представленное на рис. 16.



**Рис. 16 Приспособление для навивки пружин:**

- 1 – переходник; 2 – упор; 3 – сменная оправка (для навивки пружины разного диаметра); 4 – центр задней бабки станка; 5 – задняя бабка станка;  
6 – приспособление, закрепляемое в резцедержателе, для установки фильеровидного упора 7; 8 – пруток

Навивку пружин производят следующим образом. Нагретый в печи до температуры гибки пруток 8 вводят в отверстие упора 7 и далее в зацепление с упором 2, затем производят навивку пружины перемещением вправо приспособления 6. После навивки отводят прижимной центр 4 и снимают пружину с оправки.

Приспособление 6 позволяет поднимать и опускать упор 7 относительно оправки 3. На каждый диаметр пружины необходимо изготавливать свою оправку 3, упоры 2 и 7.

## Глава 2

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

#### 2.1 Основные понятия

Подготовка любого производства состоит из научного, организационного, конструкторского и технологического этапов.

Технологическая подготовка включает комплекс работ, обеспечивающих наиболее эффективное применение новых, высокопроизводительных технологических процессов (ТП) с использованием передовых достижений науки и техники на базе максимальной механизации и автоматизации.

Под технологической подготовкой производства (ТПП) в общем случае понимается комплекс работ по обеспечению технологичности конструкции запускаемого в производство изделия, проектированию технологических процессов и средств технологического обеспечения, расчету технико-обоснованных материальных и трудовых нормативов, необходимого количества технологического оборудования и производственных площадей, внедрению технологических процессов и управлению ими в производствах, обеспечивающих возможность выпуска нового изделия в заданных объемах.

Целью технологической подготовки является достижение в процессе изготовления продукции оптимального отношения между затратами и получаемыми результатами.

Одним из важнейших элементов ТПП является отработка на технологичность конструкций деталей, узлов, машин и механизмов.

Технологичной является такая конструкция, которая не только полностью удовлетворяет эксплуатационным требованиям, но и обеспечивает применение высокопроизводительных методов изготовления изделий, рациональное использование оборудования и материалов, преемственность и повторяемость деталей и сборочных единиц.

Процесс ТПП состоит из эвристических и формализованных методов. Эвристические методы базируются на различных идеях, интуитивном мышлении, способности к изобретательству. Эти методы реализуются высококвалифицированными инженерами. Формализованные методы, которые основываются на физико-математических закономерностях, широко используются при автоматизации ТПП.

#### 2.2 Нормативные документы единой системы технологической подготовки производства

Во многих отраслях промышленности накоплен опыт системного подхода к процессу подготовки производства. Эти предпосылки позволили поставить проблему создания единой системы технологической подготовки производства (ЕС ТПП), регламентирующей состав ТПП на предприятии, организацию и управление процессом ТПП.

ЕС ТПП предусматривает применение типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки, агрегатного переналаживаемого оборудования, средств автоматизации инженерно-технических работ. Она взаимодействует с системами разработки и поставки продукции на производство, предусматривает широкую унификацию машин и приборов, обеспечение единства измерений, классификацию и кодирование технико-экономической информации (ЕСКК), а также унификацию документации согласно стандартам единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и единой системы технологической документации (ЕСТД).

В стандартах ЕС ТПП особое внимание уделено автоматизации технологической подготовки производства.

ЕС ТПП регламентируется следующими ГОСТами:

ГОСТ 14001-73 – общие положения ТПП

ГОСТ 14004-83 – термины и определения ТПП

ГОСТ 14201-83 – общие правила обеспечения технологичности

ГОСТ 14205-83 – технологичность, термины и определения

ГОСТ 14206-73 – технологический контроль конструкторской документации

ГОСТ 14301-83 – общие правила разработки технологических процессов

ГОСТ 14303-73 – правила разработки и применения типовых технологических процессов

ГОСТ 14312-74 – основные формы организации технологического процесса

ГОСТ 14323-84, ГОСТ 14324-84 - роботизация технологических процессов

ГОСТ 14401-73 – правила организации работ по автоматизации инженерно-технических задач

ГОСТ 14402-83, ГОСТ 14407-75, ГОСТ 14408-83, ГОСТ 14409-75, ГОСТ 14411-77, ГОСТ 14412-79, ГОСТ 14413-80, ГОСТ

14414-79, ГОСТ 14415-81, ГОСТ 14416-83, ГОСТ 14418-84, ГОСТ 14419-84 - автоматизированные системы ТПП.

#### 2.3 Разработка технологических процессов

Различают три вида ТП: единичный, типовой, групповой. Каждый ТП разрабатывается при подготовке производства изделий, конструкции которых отработаны на технологичность.

Групповой технологический процесс предназначен для совместного изготовления группы изделий различной конфигурации в конкретных условиях производства на специализированных рабочих местах. Групповой технологический процесс разрабатывается с целью экономически целесообразного применения методов и средств крупносерийного и массового производства в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производств.

Типовой технологический процесс характеризуется единством содержания и последовательности большинства технологических операций для группы изделий, обладающих общими конструктивными признаками. Типизация технологических процессов основана на разделении деталей и изделий на отдельные группы, для которых возможна разработка общих технологических процессов или операций.

ТП разрабатывается для изготовления нового изделия или совершенствования выпускаемого.

Основой для нового ТП обычно служит имеющийся типовой или групповой ТП. Если таковые отсутствуют, то за основу берут действующие единичные ТП изготовления аналогичных изделий.

ТП должен соответствовать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии по системе стандартов безопасности труда, инструкций и других нормативных документов.

Исходную информацию для разработки ТП подразделяют на базовую, руководящую и справочную.

Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие, и программу его выпуска.

Руководящая информация содержит:

- требования отраслевых стандартов к ТП и методам управления ими;
- стандарты на оборудование и оснастку;
- документацию на действующие единичные, типовые и групповые ТП;
- классификаторы технико-экономической информации;
- производственные инструкции;
- материалы по выбору технологических нормативов (режимов обработки, норм расхода материалов и др.);
- документацию по технике безопасности и промышленной санитарии.

Справочная информация:

- технологическая документация опытного производства;
- описания прогрессивных методов изготовления;
- каталоги, паспорта, справочники, альбомы прогрессивных средств технологического оснащения.

Исходные данные для проектирования технологических процессов сборки:

- сборочные чертежи изделия;
- спецификация входящих в узлы деталей;
- размер производственного задания и срок его выполнения;
- условия выполнения сборочных работ.

Степень углубленности проектирования технологического процесса зависит от масштаба выпуска изделий: в единичном и мелкосерийном производствах разрабатывают упрощенный вариант без детализации содержания операций. При массовом производстве изделий технологический процесс разрабатывают детально с проектированием операционной технологии.

## 2.4 Методы реализации ТПП

В настоящее время на машиностроительных предприятиях используют следующие методы реализации ТПП: управление технологической подготовкой производства, вариантного, адаптивного и нового планирования. Следует отметить, что границы методов весьма условны. Возможно сочетание отдельных элементов различных методов.

Выбор метода для конкретной задачи зависит от условий производства, способов изготовления, назначения изделий, а также от субъективных факторов.

### Управление ТПП

Метод управления ТПП заключается в организации хранения информации по технологическим маршрутам в соответствии с определенной системой классификации и кодирования и выбора нужной информации в соответствии с требованием заказа.

Этот метод применяется в качестве повторного планирования. Его область применения является ограниченной, так как повторяемость обрабатываемых деталей, как правило, невелика.

### Вариантное планирование

Исходной предпосылкой данного метода является разбиение инженерами-технологами деталей на классы. В каждый класс входят детали, изготавливающиеся по аналогичной технологии. В каждом классе выделяются детали-представители, которые являются обобщенными представителями, включающими все специфические особенности каждой детали. Для такой детали-представителя разрабатывается стандартный технологический маршрут. Для каждой конкретной детали данного класса выбирается вариант стандартного маршрута, являющегося его подмножеством.

Вариантное планирование предусматривает возможность уточнения стандартного маршрута путем изменения параметров процесса в определенных границах. Увеличение числа обрабатываемых элементов не допускается.

На рис. 17 приведен пример детали-представителя, для которой разработан стандартный технологический маршрут, включающий операции: отрезную, сверлильные и гибочную.

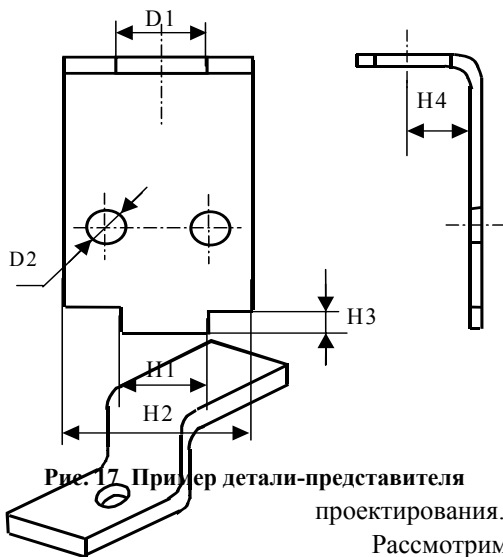


Рис. 18 Пример детали

H1-H4, D1, D2 – переменные размеры, задав которые получим из стандартного варианта технологические маршруты согласно заданию.

Вариантный метод наиболее употребим на предприятиях с сильно ограниченной номенклатурой деталей. Ограничения на номенклатуру значительно снижают степень гибкости системы ТПП.

### Адаптивное планирование

Первым этапом данного метода является построение некоторого множества технологических маршрутов инженерами-технологами. На этапе технологического проектирования осуществляется поиск наиболее близкого к заданному технологического маршрута из имеющихся с помощью определенного классификатора. Далее выбранный технологический маршрут адаптируется к конкретным требованиям заказчика путем добавления, удаления, изменения отдельных шагов

Рассмотрим в качестве примера ситуацию, когда требуется построить технологический маршрут для изготовления детали, представленной на

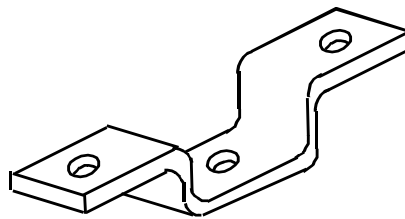


Рис. 19 Деталь для которой разработан технологический маршрут

наиболее близким из имеющихся изготовления детали, показанной на рис.

маршрута для заданной детали из удаляются две операции изгиба того, уточняются размеры (аналогично

противоположность методам управления

рис. 18.

По классификатору определили, что является технологический маршрут для 19.

Для построения технологического имеющегося технологического маршрута пластины и две операции сверления. Кроме методу вариантного планирования).

Адаптивное планирование в и вариантного планирования обеспечивает порождение дополнительных технологических данных.

### Метод нового планирования

Позволяет вести разработку технологических маршрутов для подобных и новых деталей в соответствии с общими и специфическими данными и правилами технологического проектирования. Основой этого служат описания деталей и требования, предъявляемые к ее обработке. Анализ этих требований позволяет выявить возможные пути решения технологических задач и в соответствии с определенными критериями выбрать метод решения. Таким образом, этот метод является и генерирующим, и оптимизирующим. Наиболее ценен в связи с этим и наиболее сложен для автоматизации.

Поскольку технологические процессы механообработки и сборки существенно различаются, рассмотрим основные этапы метода нового планирования для этих случаев отдельно.

Основные этапы разработки технологического процесса механообработки методом нового планирования следующие.

1 Анализ исходных данных. По имеющимся сведениям о программе выпуска и конструкторской документации на изделие изучаются назначение и конструкция изделия, требования к его изготовлению и эксплуатации.

2 Выбор заготовки. По классификатору заготовок, методике расчета и технико-экономической оценке выбора заготовок, стандартам и техническим условиям на заготовку и основной материал выбирают исходную заготовку и методы ее изготовления. Дается технико-экономическое обоснование выбора заготовки.

3 Выбор технологических баз. Производится оценка точности и надежности базирования. Используют классификаторы способов базирования и существующую методику выбора технологических баз.

4 Составление технологического маршрута обработки (по документации типового, группового или единичного ТП); определяют последовательность технологических операций и состав технологического оснащения.

5 Разработка составов технологических операций и расчет режимов обработки. На основании документации (типовых, групповых или единичных технологических операций) и классификатора технологических операций составляют последовательность переходов в каждой операции.

6 Выбор основного оборудования. Здесь используются спецификации оборудования, данные о параметрах обработки. В соответствии с заданными критериями, определяется оборудование, на котором должен быть выполнен конкретный технологический переход. При выборе станка производится дополнительная проверка технических и экономических условий использования.

В качестве технических критериев могут использоваться:

- параметры рабочей зоны станка, которые определяют максимально возможную массу детали (или размеры);
- требуемое качество обработки.

7 Выбор вспомогательных средств. Используются каталоги с данными по инструменту, приспособлениям, средствам контроля.

Инструменты, приспособления, зажимные устройства характеризуются как вспомогательное оборудование, так как они определяются основным оборудованием в соответствии с параметрами обрабатываемой позиции.

В технологическом маршруте должны постоянно присутствовать данные о необходимых вспомогательных средствах для реализации каждого технологического перехода.

8 Составление программ для станков с ЧПУ.

9 Нормирование ТП. Устанавливаются исходные данные расчета норм времени и расхода материалов; производится расчет и нормирование труда на выполнение процесса, расчет норм расхода материалов; определяется разряд работ и профессии исполнителей операций (используют нормативы времени и расхода материалов, классификаторы разрядов работ и профессий).

10 Обеспечение требований техники безопасности и производственной санитарии. Используются стандарты системы безопасности труда, инструкции.

11 Выбор оптимального ТП из нескольких вариантов по методике расчета экономической эффективности. При разработке ТП ручными методами количество вариантов не велико. Использование автоматизированных методов позволяет получить более рациональные решения.

12 Оформление технической документации.

Основные этапы разработки технологического процесса сборки методом нового планирования следующие.

1 Расчет такта сборки и выбор организационных форм сборочного процесса. Такт сборки – частное от деления расчетного фонда (за смену, месяц и т. п.) на программу выпуска изделий за тот же период. Организационная форма – не поточная (стационарная) – при единичном производстве; поточная – при серийном и массовом.

2 Составление технологических схем сборки узлов и изделия в целом, в которых указывается последовательность сборки изделия и его узлов.

3 Проектирование технологических операций сборки: уточняют содержание технологических переходов; определяют схему закрепления базового элемента (детали, узла); выбирают технологическое оборудование, приспособления, рабочий и измерительный инструмент; устанавливают режимы работы, норму времени и разряд работы.

4 Определение состава контрольных операций и испытаний.

5 Обоснование эффективности сборочного процесса. Оценку разработанных вариантов технологических процессов производят, используя абсолютные и относительные показатели. Абсолютные – себестоимость отдельных операций и процесса сборки в целом и трудоемкость сборки узлов и изделия. Относительные – коэффициент загрузки каждого сборочного места, коэффициент загрузки сборочной линии, коэффициент трудоемкости сборочного процесса (отношение трудоемкости сборки к трудоемкости изготовления деталей, входящих в сборочный элемент).

6 Оформление технологической документации.

7 Проектирование специальной технологической оснастки, в том числе подъемно-транспортных средств.

8 Разработка технологической планировки сборочного цеха.

## 2.5 Технологическая документация

Конечным результатом технологической подготовки производства является получение технологической документации, необходимой для осуществления производственной деятельности. К такой документации относятся маршрутные карты, операционные карты и другие документы, правила оформления которых регламентируются системой ГОСТов ЕСТД. Основным технологическим документом является маршрутная карта (МК).

### 2.5.1 Формы и правила оформления маршрутных карт

Формы и правила оформления маршрутных карт установлены ГОСТ 3.1118-82. Они являются унифицированными, и их следует применять независимо от типа и характера производства и степени детализации описания технологических процессов.

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ.

В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки, например, М01, А12 и т.д. Содержание информации по строкам приведено в табл. 1.

Таблица 1

Тип строки	Содержание информации, вносимой в графы строки
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; номер операции, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции.
Б	Код, наименование оборудования и информация по

Тип строки	Содержание информации, вносимой в графы строки
	трудозатратам.
К	Информация по комплектации изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, обозначения подразделений, откуда поступают комплектующие составные части, коды единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода.
М	Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке; информация о применяемых вспомогательных и комплектующих материалах с указанием наименования и кода материала, обозначения подразделений, откуда поступают материалы, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода.
О	Содержание операции (перехода).
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ О, следует руководствоваться ГОСТ ЕСТД седьмой классификационной группы, устанавливающих правила записи операций и переходов. Запись информации следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ Т, следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов. Информацию по применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

- приспособления;
- вспомогательный инструмент;
- режущий инструмент;
- слесарно-монтажный инструмент;
- специальный инструмент;
- средства измерения.

Запись следует выполнять по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки. Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак "точка с запятой".

Заполнение граф рассмотрено в табл. 2.

Таблица 2

Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
–	–	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Например, М02, Б04.
–	М01	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта или ТУ. Например, лист БОН-2,5×1000×2500, ГОСТ 19903-74/III-IV, Ст. 3 ГОСТ 14637-79.
Код	М02	Код материала по классификатору.
ЕВ	М02, К, М	Код единицы величины (массы, длины, площади и т.п.) детали, заготовки, материала по классификатору СОЕВС. Допускается указывать единицы измерения величины.
МД	М02	Масса детали по конструкторскому документу.
ЕН	М02, Б, К, М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100.
Н. расх.	М02, К, М	Норма расхода материала.

Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
КИМ	М02	Коэффициент использования материала.
Код заготовки	М02, М03	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливки, прокат, поковка и т.п.)
Профиль и размеры	М02, М03	Профиль и размеры исходной заготовки. Информацию по размерам следует указывать исходя из имеющихся габаритов. Например: лист 1,0×710×1420. Допускается профиль не указывать.
КД	М02, М03	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки.
МЗ	М02, М03	Масса заготовки.
–	–	Графа для особых указаний.
Цех	А	Номер (код) цеха, в котором выполняется операция.
Уч.	А	Номер (код) участка, конвейера, поточной линии.
РМ	А	Номер (код) рабочего места.
Опер.	А	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещение).
Код, наименование операции	А	Код операции по технологическому классификатору, наименование операции. Допускается код операции не указывать.
Обозначение документа	А	Обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции. Состав документов следует указывать через знак ";" с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки.
Код, наименование оборудования	Б	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Информация указывается через знак ";". Допускается взамен краткого наименования указывать модель. Допускается не указывать инвентарный номер.
СМ	Б	Степень механизации (код степени механизации).
Проф.	Б	Код профессии по классификатору ОКПДТР.
Р	Б	Разряд работы, необходимый для выполнения операции.

Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
УТ	Б	Код условий труда по классификатору ОКПДТР и код вида нормы.
КР	Б	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции.
КОИД	Б	Количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых, ремонтируемых) деталей (сборочных единиц) при выполнении одной операции.
ОП	Б	Объем произведенной партии в штуках.
К шт.	Б	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании.
Т пз.	Б	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию.
Т шт.	Б	Норма штучного времени на операцию.
Наименование детали, сбороч-	К, М	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении

Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
ной единицы или материала		операции. (Допускается не заполнять).
Обозначение, код	К, М	Обозначение деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу или материалов по классификатору.
ОПП	К, М	Обозначение подразделения (склада и т.п.), откуда поступают комплектующие детали, материалы.
КИ	К, М	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия.

### 2.5.2 Пример заполнения маршрутной карты

В качестве примера рассмотрим маршрутную карту для детали, чертеж которой приведен на рис. 20. Маршрутная карта, в которой описана технология изготовления данной детали, приведена в табл. 3.

## Глава 3 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

### 3.1 Общие положения



Процесс ТПП, как один из этапов проектирования, может быть автоматизирован. При этом различные задачи ТПП поддаются автоматизации в различной мере.

Такие задачи, как расчет себестоимости техпроцесса, временные затраты могут решаться в автоматическом режиме.

Задачи выбора основного оборудования, оснастки и средств контроля могут быть решены, как правило, в диалоговом режиме.

Построение технологических маршрутов может быть осуществлено в диалоговом режиме, но часто, особенно при разработке новых технологий – только в ручном.

Кроме автоматизации традиционных задач ТПП, использование вычислительной техники позволяет решать новые задачи, значительно повышающие качество ТПП. Это моделирование технологического процесса, разработанного на этапе ТПП, путем соответствующих расчетов и визуализации средствами машинной графики.

Важнейшим преимуществом АСТПП по сравнению с ручной ТПП является возможность оптимизации технологического маршрута, выбора оборудования и т. д. для обработки конкретной детали.

Рассмотрим постановки оптимизационных задач при ТПП.

Найти материал детали, обеспечивающий минимум ее стоимости при выполнении заданных требований.

Найти форму и метод изготовления заготовки, обеспечивающие минимум потерь материала.

Определить последовательность технологических переходов, обеспечивающую минимальное время изготовления партии деталей.

Выбрать оборудование, обеспечивающее: а) минимальную стоимость при удовлетворении требований техпроцесса; б) минимальные приведенные затраты на выполнение технологического контроля; в) минимальный период окупаемости оборудования.

Оптимизационные задачи также могут быть поставлены при программировании станков с ЧПУ; выборе метода обработки; выборе методов и средств контроля; определении требований техники безопасности и обеспечения устойчивости экологической среды и др.

Кроме отдельных оптимизационных задач, рассмотренных выше, в АСТПП, как правило, решается и обобщенная оптимизационная задача: получение ТП, имеющего минимальные затраты на производство единицы продукции. При решении обобщенной задачи учитываются все отдельные критерии путем их суммирования, обобщения, выбора главного критерия и т.д.

### 3.2 Автоматизация методов ТПП

В любых методах автоматизации ТПП различают функции по вводу и хранению информации и функции по поиску, изменению и выдаче информации. Эти функции взаимосвязаны и непрерывно взаимодействуют в процессе работы.

#### 3.2.1 Автоматизация метода управления ТПП

Характерным для данного метода – наиболее простого и поэтому первого, для которого были разработаны АСТПП, является хранение информации в соответствии с определенной системой классификации и кодирования и выдача этой информации в удобной для пользователя форме. Основой этого служит наличие множества технологических карт на обрабатываемые детали и определение требований по выполнению заказа (рис. 21).

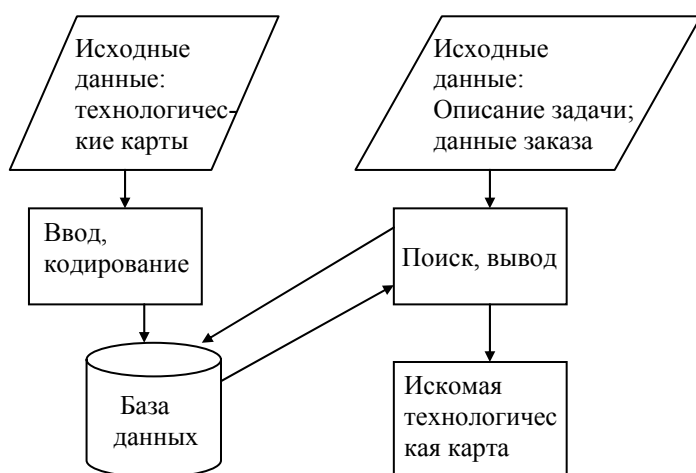


Рис. 21 Принципы автоматизированного управления ТПП

Код карты отражает различные аспекты классификации: вид заготовки, методы обработки и т.д. Кроме того, система классификации предназначена для организации доступа информации, цель которой состоит в минимизации затрат на поиск. По виду поиска метод управления использует метод поиска по имени объекта.

#### 3.2.2 Автоматизация метода вариантного планирования

При использовании метода вариантного планирования определенный класс деталей представлен стандартной технологической картой, которая отражает полный технологический процесс для всех вариантов класса деталей. Функциями этого метода ТПП являются ввод и хранение стандартных технологических карт, их поиск, расчет переменных параметров

процесса, выдача карт (рис. 22).

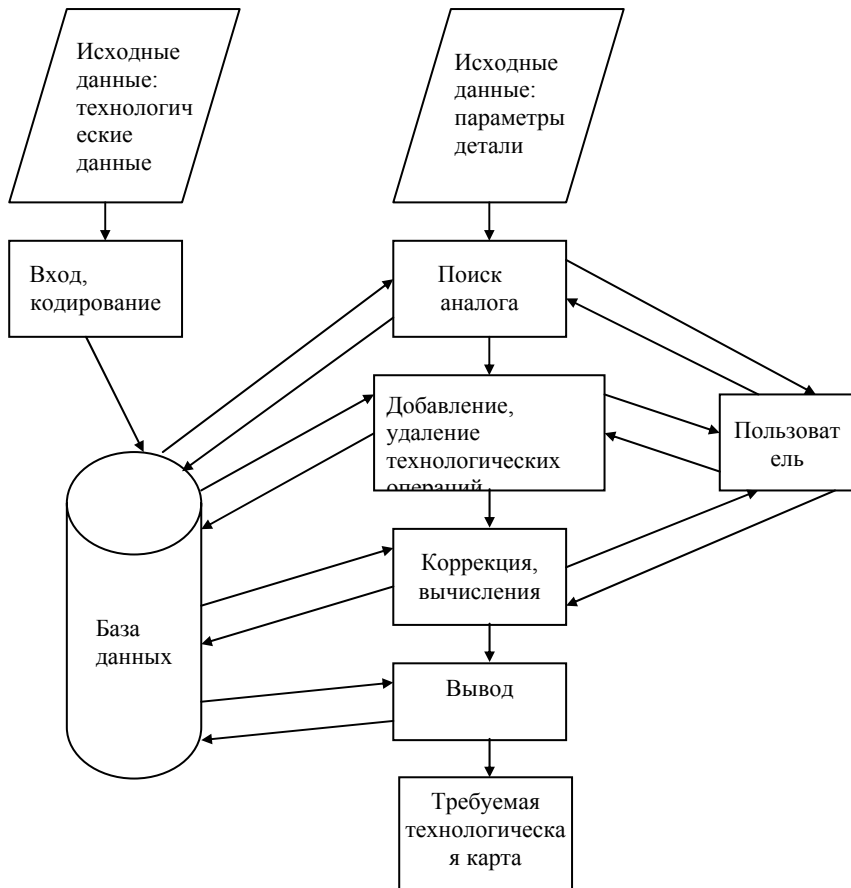


Рис. 22 Автоматизация метода вариантного планирования

На этапе поиска в базе данных стандартной технологической карты, так же, как и в методе управления, используется метод поиска по имени объекта.

### 3.2.3 Автоматизация метода адаптивного планирования ТПП

Основные функции метода: ввод и хранение технологических карт, поиск карты-аналога, модификация процесса обработки, проведение дополнительных расчетов (рис. 23).



**Рис. 23 Автоматизация метода адаптивного планирования**

Поиск аналога может осуществляться методом поиска по имени объекта; ассоциативным поиском – по известным свойствам объекта (геометрические размеры, форма и т.д.) или смешанным поиском – по имени и известным свойствам.

**3.2.4 Классификация и кодирование деталей и технологий их обработки**

Важной составной частью АСТПП, реализующей методы управления, вариантного и адаптивного планирования, является информационная база о деталях и технологиях их обработки.

Рассмотрим подходы к системам их классификации и кодирования.

**Классификация деталей**

Детали могут классифицироваться различными методами в зависимости от цели классификации. Рассмотрим один из примеров возможной классификации, представленный в табл. 4.

Таблица 4

Признак классификации	Примеры
Форма детали	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Тела вращения</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Корпусные детали</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Рамы</div> </div>
Главная поверхность	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Цилиндрическая</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Коническая</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Криволинейная</div> </div>
Поверхность наложения	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Резьба метрическая</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Резьба трапециидальная</div> </div>
Материал	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Сталь</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Латунь</div> </div>
Вид заготовки	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Пруток</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 2px;">Труба</div> </div>

В данном примере основными признаками классификации являются форма детали, основная поверхность и поверхности наложения, материал, вид заготовки. Для уточнения могут быть добавлены признаки: размеры (габаритные, основной поверхности и поверхностей наложения); покрытия; термообработка и т.д.

Представленная классификация не единственная; могут быть предложены другие подходы.

На базе проведенной классификации осуществляется кодирование информации о детали.

**Кодирование деталей**

Кодирование может быть осуществлено двумя способами.

Первый способ – кодово-текстовое описание детали. Полученный код (как правило, примерно одна страница печатного текста) содержит полную информацию как о детали в целом, так и о всех ее конструктивных элементах (поверхностях, покрытиях, термической обработке и др.).

Второй способ – конструкторско-технологический код, который содержит обобщенную информацию о детали без излишней детализации.

Код состоит из отдельных фрагментов, описывающих тот или иной признак. Каждый фрагмент имеет фиксированное количество разрядов. Заранее оговаривается, как кодируется признак – цифровым или символьным кодом. Конкретный код каждого признака устанавливается, как правило, по-разному в каждой конкретной АСТПП.

Значение класса детали обозначают в соответствии со Всесоюзным технологическим классификатором деталей машиностроения и приборостроения: тела вращения – код 71; корпусные детали – код 72 и т.д.

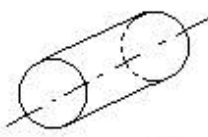
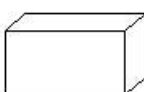
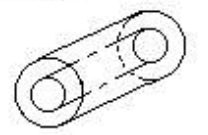
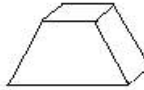
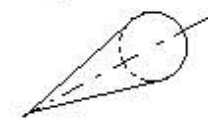
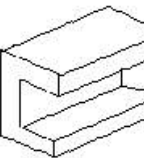
Следующий фрагмент кода – обрабатываемая поверхность – может быть закодирован, например, следующим образом.

Сначала кодируется основная форма, как это показано в табл. 5. Элементы основной формы определяют форму детали, ее структуру и габаритные размеры.

Следующий этап – кодирование элементов наложения, т.е. различных поверхностей, образованных в результате последующей обработки поверхностей основной формы или поверхностей наложения (к таким относятся фаски, грани, резьбы, элементы зубчатых зацеплений, отверстия и т.д.). Например, кодирование резьб может быть осуществлено следующим образом: метрическая внутренняя – код 010, метрическая наружная – код 110, трапециидальная внутренняя – код 020, трапециидальная наружная – код 120 и т. д.

Аналогично кодируется вид заготовки, например: литье в разовые формы – код 100, прокат круглый 211, прокат квадратный 212, прокат шестигранный 213, прокат трубный 216, штамповка 310 и т.д.

Таблица 5

Эскиз	Код	Эскиз	Код
	001		010
	002		011
	006		203

Рассмотрим пример построения кода детали. В качестве детали будем использовать трубу с внутренней резьбой (рис. 24).

Полученный код (71 002 010 216) расшифрован в табл. 6.

Таблица 6

Код	71	002	010	216
Расшифровка	Тело вращения	Труба	Внутренняя метрическая резьба	Заготовка: прокат трубный

### Кодирование технологических процессов

Кроме кодирования деталей в АСТПП важное место занимает кодирование технологических операций и переходов.

Один из вариантов кодирования: значения кодов переходов возрастают в соответствии с традиционной в машиностроении последовательностью их применения при обработке деталей.

Пример кодирования приведен в табл. 7.

Таблица 7

Наименование операции	Код операции	Наименование перехода	Код перехода
Отрезная	001	Отрезать заготовку	001
Слесарная	002	Заправить концы прутка	002
Правильная	003	Править прутки	003
Торцефрезерная	005	Фрезеровать торец № 1;	005
		фрезеровать торцы № 1 и № 2	006
Токарная черновая	010	Точить торец начисто;	010
		наметить центр отверстия;	011
		сверлить отверстие;	012
		расточить отверстие начерно	018

### 3.2.5 Автоматизация метода нового планирования ТПП

Автоматизация этого метода наиболее трудоемка, т.к. при его использовании осуществляется проектирование и документирование ТП на основе введенных данных.

По исходным данным (описанию детали и программе выпуска) осуществляется выбор заготовки, построение технологического маршрута, выбор оборудования, осуществляются временные расчеты.

Рассмотрим отдельные задачи метода нового планирования.

#### **Выбор вида заготовки и методов ее изготовления**

Виды заготовок: отливки; прокат; поковки; штамповки; сварные заготовки.

В качестве критериев оптимизации выбора заготовок используют:

- себестоимость изготовления заготовки  $C_3 \rightarrow \min$ ;
- себестоимость механической обработки заготовки для получения детали  $C_m \rightarrow \min$ ;
- стоимость отходов металла  $C_o \rightarrow \min$ .

Алгоритм выбора оптимального метода получения заготовки состоит из следующих шагов:

- выбор возможных видов заготовки по материалу детали. В зависимости от вида материала (сталь, чугун, сплавы и т.д.) выбираются методы получения заготовок – отливки, штамповки, прокат, поковки;
- выбор возможных методов изготовления заготовок исходя из серийности детали (единичная, серийная, крупносерийная, массовая); конструктивной формы детали (цилиндрическая, дисковая, пространственная, корпусная и т.д.); массы и размеров детали;
- определение технических характеристик для выбранных видов заготовок (точность, коэффициент использования материала и др.);
- определение себестоимости изготовления заготовки;
- определение себестоимости механической обработки заготовки;
- определение стоимости отходов материала;
- выбор оптимального метода изготовления заготовки для конкретных условий производства.

#### **Выбор технологических баз**

Алгоритм выбора технологических баз заключается в следующем. После ввода конфигурации детали осуществляется автоматический расчет площадей всех поверхностей детали и их ранжирование в порядке убывания. В качестве основной базы пользователю предлагается поверхность с наибольшей площадью. Если пользователя устраивает данный вариант, то осуществляется переход к выбору вспомогательных баз, если нет – пользователю предлагается следующая по размеру площади поверхность.

Выбор вспомогательных баз осуществляется аналогично из поверхностей, оставшихся после выбора основной базы.

#### **Проектирование технологического маршрута**

Данная задача - главная и наиболее трудная. В методе нового планирования используют различные диалоговые подсистемы формирования технологического маршрута.

Исходная информация о детали:

- общие сведения;
- сведения о заготовке (поступают из подсистемы выбора заготовки);
- описание наружных и внутренних поверхностей;
- допустимые отклонения.

Вся исходная информация кодируется.

База данных подсистемы – наборы последовательностей технологических операций; значения параметров для расчета режимов резания и времени обработки.

В диалоговом режиме осуществляется подбор технологических операций, расчет и оптимизация режимов резания, расчет затрат времени на изготовление детали, расчет какого-либо критерия оптимальности (например, себестоимости изготовления детали), оптимизация технологического маршрута по выбранному критерию.

#### **Проектирование технологических операций**

Каждая технологическая операция, выбранная на этапе проектирования технологического маршрута, проектируется в виде последовательности переходов. Одну и ту же операцию возможно реализовать различной последовательностью отличающихся переходов. Выбор наилучшего варианта осуществляется по критериям: себестоимость операции; время выполнения операции и другим.

#### **Выбор основного оборудования**

Оборудование для выполнения операций выбирается в зависимости от намеченного состава операций, габаритов и конфигурации детали, требуемой точности обработки, программы выпуска деталей.

Состав операции (т.е. перечень поверхностей, обрабатываемых на операции) зависит от возможностей оборудования, и наоборот, оборудование выбирается в зависимости от состава операции, поэтому эти задачи решаются параллельно.

База данных о станках содержит следующую информацию: код оборудования в соответствии с классификатором;

мощность станка; максимальные размеры сечения резцов, которые можно установить в резцедержателе (для токарного станка); максимальное количество инструментов, которые можно одновременно установить на станке; числа оборотов и др.

Выбор оборудования обычно оптимизируется по критерию стоимости.

### **Выбор инструмента**

Выбор режущего инструмента осуществляется для каждого технологического перехода.

Исходные данные:

- геометрия детали;
- сведения о заготовке;
- технологические характеристики применяемого оборудования.

Инструмент выбирается из справочной базы, охватывающей все его разновидности.

Последовательность выбора инструмента следующая:

- по коду технологического перехода определяется код группы инструмента;
- по модели станка выбирается код подгруппы инструмента;
- уточняются размеры и другие характеристики инструмента по размерам и форме удаляемого металла, чистоте обработки, материалу заготовки и т.д.
- ищется нужный инструмент в базе данных (по сформированным размерам и другим характеристикам).

### **Оптимизация проектирования сборочных процессов**

Сборочные работы являются многовариантными как по возможному составу и последовательности операций техпроцесса, так и по составу применяемой оснастки, оборудования, инструмента.

В качестве критериев оптимизации используются:

- трудоемкость процесса сборки;
- технологическая себестоимость;
- цикл сборки (время);
- затраты на сборочную оснастку.

Последовательность проектирования:

- выбор схемы базирования сборочной единицы;
- выбор оптимальной последовательности установки элементов сборочной единицы;
- выбор состава и последовательности выполнения операций соединения, доводочных работ;
- выбор состава оснастки, инструмента, оборудования;
- расчет технико-экономических показателей;
- выбор оптимального варианта технологического процесса сборки;
- вывод документации.

## **3.3 Автоматизация технологической подготовки производства при использовании станков с ЧПУ**

### **3.3.1 Основные понятия**

Технологическая подготовка производства для станков с ЧПУ состоит из трех этапов.

1 этап – разработка маршрутной технологии.

2 этап – геометрические расчеты и разработка управляющей программы.

3 этап – подготовка станка к работе и отладка готовой программы непосредственно на станке с ЧПУ.

Первый этап совпадает с ТПП для обычного производства; второй и третий этапы рассмотрим подробнее.

Геометрические расчеты – описание обрабатываемых поверхностей для целей последующего программирования.

Геометрические расчеты включают в себя снятие координат с чертежа и задание базовой и опорных точек.

Базовая точка – такая, куда выводится инструмент перед началом и после завершения обработки.

Опорная точка – в которой осуществляется изменение направления движения инструмента.

По степени сложности геометрические расчеты могут быть классифицированы следующим образом.

Расчет перемещений по контуру:

- прямолинейных плоских;
- криволинейных плоских;
- прямолинейных объемных;
- криволинейных объемных;

Расчет перемещений по эквидистанте:

- прямолинейных плоских;
- криволинейных плоских;
- прямолинейных объемных;
- криволинейных объемных.

### **3.3.2 Геометрические расчеты при составлении программ ЧПУ**

В программе управления ЧПУ последовательно задается номер инструмента, скорость вращения шпинделя, величина

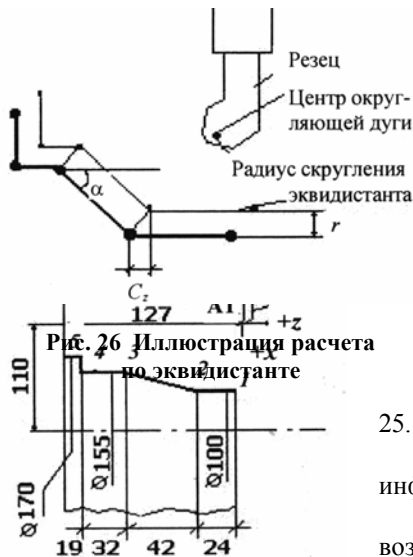


Рис. 25 Чертеж детали типа тела вращения: A1 – базовая точка отсчета; 1, 2, 3, 4, 5 – опорные точки траектории вершины резца

перемещения по осям X, Y, Z.

Величина перемещения задается от базовой точки отсчета; на эту точку в начале работы выводится инструмент.

Геометрические расчеты необходимы для выявления траектории движения инструмента, подразделения ее на элементарные участки, определения координат концов элементарных участков, называемых опорными точками, и вычисления приращения координат между всеми соседними опорными точками.

### Расчет перемещений по контуру

Рассмотрим пример для токарного станка, у которого перемещение инструмента (резца) возможно только по осям X и Z.

В качестве примера рассмотрим деталь чертеж которой приведен на рис.

25.

Из чертежа геометрическая информация записывается в карту подготовки информации, приведенную в табл. 8.

В графу 1 табл. 8 заносятся номера базовой и опорной точек. Точка "0" – возвращение инструмента в базовую точку.

Таблица 8

		Завод		Цех		Карта подготовки информации		Модель станка	
		Операционный чертеж		Наименование детали		Оси координат		Цена импульса, мм	
								$\Delta Z = 0,01; \Delta X = 0,01$	
№	Расчет до баз. перехода	Координата Z		Расчет до оси шпинделя	Координата X		Коррекция		
		Приращения			Приращения		N	P	
		мм	имп		мм	имп			
A1	127			110					
1	117	-10	-1000	50	+60	+5950	01x	+50	
2	93	-24	-2400	50	0	0			
3	51	-42	-4200	77,5	-27,5	-2750			
4	19	-32	-3200	77,5	0	0			
5	19	0	0	85	-7,5	-750			
0	127	+108	+10800	110	-25	-2450	01x	-50	

В графу 2 заносятся расстояние до начала координат по Z (начало координат на оси шпинделя у его края).

В графы 3,4 заносятся перемещения по оси Z в миллиметрах и в импульсах.

Графы 5 – 7 – аналог граф 2 – 4 для оси X.

Графы 9 – коррекция. Применяется для компенсации погрешностей размерной настройки инструмента и для поднастройки при износе резца предусмотрено применение корректоров.

При разработке программы путь A1-1, выводящий резец на позицию для обработки (в нашем примере  $s = (A1 - 1) = 60$  мм по координате +X), разделим на две части:

S1 = 59,5 мм – постоянная часть;

S2 = 0,5 мм – переменная.

Постоянную часть перемещения записывают в программу непосредственно (графа 7 табл. 8), а вместо переменной части записывают номер (адрес) корректора (графа 8 табл. 8).

### Расчет перемещений по эквидистанте

В общем случае при обработке конических или фасонных поверхностей высокой точности необходимо учитывать скругление при вершине резца. В этом случае программируют траекторию центра скругляющей дуги – эквидистанту. Координаты опорных точек эквидистанты отличаются от координат соответствующих точек контура на величины  $C_z$  и  $r$  (рис. 26).

При проведении расчетов

$r$  – задано;  $C_z$  – вычисляется по формуле

$$C_z = r \operatorname{tg}(\alpha / 2).$$

### Линейная аппроксимация дуг

Для станков с линейным интерполятором программируются только прямоугольные перемещения инструмента. При обработке фасонной поверхности криволинейный участок заменяют последовательностью хорд и программируют перемещение по каждой хорде.

Пример, аппроксимация дуги окружности (рис.

Задается шаг аппроксимации  $\Delta\varphi$ ; дуга делится на части, равные или меньше  $\Delta\varphi$ . Координаты получившихся опорных точек (от- по формулам:

$$X_i = R \cos(\Delta\varphi(i-1)),$$

$$z_i = R \sin(\Delta\varphi(i-1)).$$

Далее строится программа для перемещения по обычным методом.

В более сложных случаях обработки интерполятором

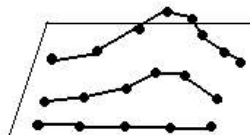


Рис. 28 Полосы стрингеров

аппроксимации этих точек кривыми. Такие кривые называются стрингерами (рис. 28).

Набор кривых (полосы стрингеров) позволяет запрограммировать движение инструмента (в данном случае фрезы).

В автоматизированных системах ТП станков с ЧПУ применяются специальные методы геометрического моделирования. При этом создается библиотека геометрических определений (подпрограмм) таких элементов, как точки, прямые линии, окружности и т.д. Эти геометрические определения задаются и хранятся под произвольными именами, например: ОКР – окружность, LINE – линия и т.д. Программисту при этом необходимо ввести лишь параметры, служащие для конкретизации геометрического элемента. Например, для окружности – координаты центра и радиус; для прямой – координаты точек начала и конца. Сложный профиль обработки программируется последовательным заданием выполнения элементов из библиотеки.

Рассмотрим теперь подробнее 3 этап – подготовку станка к работе и отладку готовой программы непосредственно на станке с ЧПУ.

В соответствии с сопроводительной информацией подбирается и налаживается режущий инструмент, технологическая оснастка. Производится наладка станка: заготовка устанавливается на стол в системе координат. Инструменты, предварительно настроенные на размер, закрепляются в соответствующих ячейках, зафиксированных в программе. Первый пуск программы осуществляется в присутствии технолога или программиста. Сначала станок работает по программе без заготовки, затем обрабатывается первая заготовка. Обработка идет в режиме покадрового считывания. Если обработке подлежит сложная и дорогостоящая заготовка, отладка программы производится на модели (деревянной или пластмассовой).

### 3.3.3 Автоматизация ТПП станков с ЧПУ

Автоматизированные системы ТПП включают решение следующих задач, отсутствующих в ТПП обычных производств:

– автоматизация геометрических расчетов. Программно осуществляются расчеты, особенно сложные для криволинейных поверхностей и расчетов перемещений по эквидистанте;

– автоматизация программирования. Для простых задач – например, для сверлильных станков с ЧПУ – вводится информация о координатах, диаметрах и глубинах отверстий, после чего программа формируется автоматически. Для более сложных задач программа формируется в диалоге с технологом. Далее осуществляется синтаксический анализ правильности программы – компьютер ищет и указывает ошибки, технолог – исправляет. Следующий этап – кодирование программы в коды требуемого станка и вывод перфоленты (или запись на магнитную ленту или гибкий диск) – осуществляется автоматически;

– графическое моделирование траектории движения инструмента для тестирования программ ЧПУ. Данная задача ТПП станков с ЧПУ может быть решена только с использованием вычислительной техники. Построение траектории движения инструмента и вывод ее на экран дисплея или графопостроителя позволяет провести тестирование программы ЧПУ на этапе ее разработки и значительно снизить время на наладку станка с ЧПУ.

При решении задач пространственной обработки, для контроля получаемых программ ЧПУ на графопостроителе (или графическом дисплее), например, для определения глубины сверления, движения фрезы и т.д., необходимо построить и вычислить значения сечений в двух или трех проекциях. Это требует много времени. Кроме того, при решении задачи одновременной обработки по нескольким направлениям часто бывает невозможно однозначно восстановить образ детали по чертежам ее проекций, а значит, и невозможно проверить правильность программы ЧПУ.

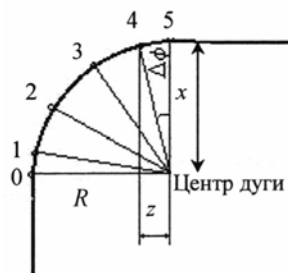


Рис. 27 Аппроксимация дуги окружности

27).

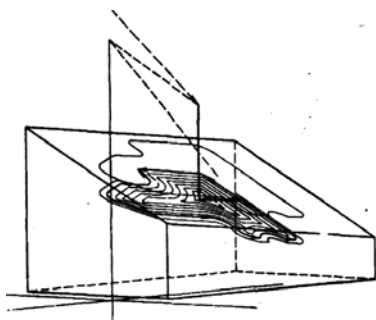
на части, равные или меньше  $\Delta\varphi$ . носительно центра дуги) вычисляются

прямым между опорными точками

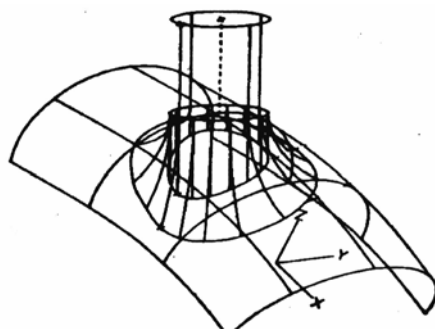
поверхностей на станках с нелинейным используют более сложные методы точками с последующим соединением по одной из координат (метод Кунса).



В этом случае используется изометрическое представление траектории движения инструмента (рис. 29).



**Рис. 29** Траектория движения инструмента в изометрии



**Рис. 30** Сопряжение поверхностей инструментом

При этом моделируется возможность поворота деталей (имитация изменения точки наблюдателя) для возможности удостовериться в правильности полученной детали в случае ее сложной формы (например, дважды искривленные фигуры – лопатки турбин и т.д.).

Следующий этап – составление программ сопряжения поверхностей, обрабатываемых различным

инструментом. Получение чертежей в этом случае также выполняется в изометрии

и разным цветом (рис. 30).

Для проверки правильности программ сверлений и внутренней обработки, разрабатываются программы получения сечений.

### 3.4 Технологическая подготовка гибких производственных систем

Гибкие производственные системы (ГПС) представляют собой комплекс технологического оборудования, промышленных роботов, транспортных систем, автоматических складов и системы управления, обеспечивающий производство различных изделий по различным технологиям. В качестве примеров могут быть рассмотрены ГПС механической обработки на базе станков с ЧПУ; многопроцессные гальванические линии; многономенклатурные химические производства (красителей, химикатов – добавок).

Технологическая подготовка гибкого производства кроме традиционных задач включает планирование сменно-суточных заданий гибким производственным модулям, в которых указывается, в какое время, на каком оборудовании, по каким технологиям будут изготавливаться детали, изделия, изготовление которых предусмотрено плановым заданием.

Брак, сбой и поломки оборудования, несвоевременные поставки определяют изменяющуюся внешнюю по отношению к ГПС среду. Таким образом, ГПС функционирует в условиях воздействия случайных факторов. Это приводит к необходимости перераспределения изделий по производственным подразделениям для их изготовления в заданные сроки, что в свою очередь требует возврата в систему ТПП для корректировки технологических процессов и планов-графиков управления производственными системами. Время корректировки и эффективность прямой и обратной связей между системой ТПП и ГПС определяет скорость перестройки работы ГПС и потери, возникающие при этом.

С течением времени на предприятии изменяются технология, номенклатура выпускаемых изделий. Это требует пересмотра состава и структур производственных подразделений в ГПС. Это еще одна задача ТПП.

Динамичность производства, которая характерна для предприятий с единичным и серийным производством, приводит к резкому возрастанию объема работ по ТПП. В период, когда осуществляется ТПП нового изделия, необходимо проектировать до 10 тысяч управляющих программ ЧПУ. Анализ показывает, что трудоемкость проектных работ составляет на предприятиях единичного и серийного производства 50 – 90 % всех затрат на изготовление изделия, т.е. производительность производства все в большей мере становится зависимой не от производительности рабочих мест, а от производительности проектных работ, в том числе ТПП.

В общем случае ТПП ГПС включает следующие этапы:

- технологический анализ производства;
- группирование объектов производства;
- разработка технологического маршрута;
- разработка технологического процесса;
- выбор состава оборудования;
- выбор компоновочной схемы ГПС;
- проектирование и изготовление автоматизированной технологической оснастки;
- разработка управляющих программ для устройств управления, ЧПУ и т.д.;
- разработка календарных планов;
- внедрение.

Рассмотрим подробнее этапы.

Технологический анализ производства. Анализируется оборудование ГПС, возможные технологические операции и переходы, системы команд устройств управления и ЧПУ, и т.д.

Группирование объектов производства. Детали и изделия группируются по технологическим признакам для разработки групповых технологий. Данный этап аналогичен ТПП обычного производства.

Разработка технологического маршрута, разработка технологического процесса, выбор состава оборудования аналогичны этапам ТПП обычного производства.

Выбор компоновочной схемы ГПС. Компоновочная схема включает комплекс технических средств, обеспечивающий проведение технологического процесса, их расположение, а также схему связей, которые определяют пути движения изделий

и их составных частей в процессе производства.

Поскольку на гибкой линии одновременно может обрабатываться несколько изделий, то используются три класса концентрации операций: выполнение операций последовательно, параллельно и параллельно-последовательно.

В качестве критериев при решении задачи компоновки используют:

- затраты на изготовление партии деталей  $Z \rightarrow \min$ ;
- производительность линии  $PR \rightarrow \max$ ;
- трудоемкость изготовления деталей  $TR \rightarrow \min$ ;
- количество станков (оборудования), используемых для производства детали  $K \rightarrow \min$ .

Могут быть и другие критерии.

Задача компоновки – типичная многокритериальная задача. Наиболее распространенный подход для ее решения – метод главного критерия. В качестве главного критерия используют в большинстве случаев  $PR$  при ограничениях на  $Z$ , или  $Z$  при ограничениях на  $PR$ .

Проектирование и изготовление автоматизированной технологической оснастки – трудноформализуемая задача.

Разработка управляющих программ – для ЧПУ рассмотрена выше. При разработке управляющих программ для устройств управления используются языки высокого уровня и методы машинного моделирования.

Разработка календарных планов. Задача оптимального планирования чрезвычайно трудноразрешима. Построение графика поступления детали на обработку и графика их обработки осуществляется, как правило, комбинаторно-эвристическими методами и требует больших ресурсов памяти и быстродействия ЭВМ. При этом оптимальное решение удается получить далеко не всегда.

Существенное усложнение в данную задачу вносит необходимость внеплановой обработки деталей. В этом случае необходимо оперативно составить новый график с учетом изменения; на это обычно времени нет; оборудование простаивает или работает не оптимально.

В некоторых случаях используют принципиально другой подход к данной задаче – метод ситуационного управления. В этом случае график не составляется. Поступающая на обработку по любому возможному технологическому процессу заготовка или направляется на гибкую линию, либо, если оборудование или транспорт заняты, ставится в очередь в накопителе. При перемещении обрабатываемой детали по гибкой линии системой управления непрерывно анализируется состояние всех ее звеньев. При этом обслуживаются следующие виды заявок:

- заявки от оборудования, завершающего обработку очередной детали (или партии деталей);
- заявки на транспортное обслуживание. Очереди таких заявок возникают, когда интенсивность поступления заявок превышает интенсивность их обслуживания.

Выбор заявки из очереди может осуществляться различными методами:

- фиксированного приоритета FIFO (First in – first out);
- ситуационного приоритета – в этом случае первой из очереди берется деталь наиболее важная (приоритеты определяются заранее) или используется наименее загруженное оборудование и т.д.

При использовании метода ситуационного управления существенно упрощаются программы управления и ускоряются расчеты.

### **3.5 Система автоматизированного проектирования технологических процессов "КАРУС"**

#### **3.5.1 Общие сведения**

Система автоматизированного проектирования технологических процессов "КАРУС" разработана фирмой "АЛТИМ", г. Краснодар.

Принцип действия: гибкое использование диалоговых и автоматизированных процедур принятия решений. В процессе проектирования технологического процесса система помогает технологу выбрать заготовку, создать маршрут обработки (последовательность операций); перечень переходов к операциям.

Система самостоятельно автоматизированными процедурами рассчитывает массу заготовки; выбирает необходимое оборудование; рассчитывает межоперационные припуски и размеры; выбирает приспособления и формирует набор режущего, измерительного и вспомогательного инструмента к операции; рассчитывает режимы обработки и нормы времени для одно- и многоинструментальной обработки.

Все выходные результаты автоматизированных процедур определяются содержанием легко изменяемой базы данных и не зависят от программного обеспечения. Технолог может оперативно изменять любые принятые системой решения при проектировании технологии, хранить, редактировать и распечатывать ранее спроектированные технологические процессы.

Имеются модификации системы для:

- механической обработки;
- сборочных работ;
- холодной штамповки;
- термообработки.

Имеются также программы-спутники:

- расчет норм расхода материалов;
- архив технологических процессов;
- формирование ведомости деталей к типовому техпроцессу;
- связь с графической системой для построения операционных эскизов;
- технологический и конструкторский классификаторы деталей.

### 3.5.2 Информационное обеспечение

Информационным обеспечением проектирования технологических процессов являются:

- информация, вводимая пользователем с экрана;
- база технологических данных;
- информационная модель детали и технологического процесса, формируемая при проектировании.

Входная информация поступает в систему в процессе диалоговой работы пользователя и системы. Пользователь вводит информацию, выбирая из предложенного "меню", подтверждая или изменяя ее. С клавиатуры вводится ограниченное число данных о детали и информация, отсутствующая в базе данных.

Все этапы информационного взаимодействия поддерживаются помощью, выводимой на экран в любое время по запросу пользователя. Работа с системой не требует специальных навыков работы с вычислительной техникой.

#### 3.5.3 База данных

База данных (БД) имеет файловую структуру и управляется специальной системой управления базой данных (СУБД). Выбор типа и структуры БД определяется требованиями к компактному представлению больших объемов технологической информации фактического, логического и ссылочного характера, включая базы технологических знаний.

Структура принятой базы данных обеспечивает развитие системы до уровня автоматизированного проектирования технологических процессов на основе конструкторских технологических описаний деталей.

Выходные результаты проектирования определяются входной информацией и содержанием базы данных. Любые изменения в производстве можно в полной мере отразить в базе данных, не изменяя программного обеспечения. Этим достигается гибкость системы при внедрении и эксплуатации. Настройка системы при внедрении выполняется путем изменения базы данных. Подсистема "Администратор базы данных" позволяет просматривать, добавлять, удалять, редактировать информацию в базе данных с контролем действий на экране.

#### 3.5.4 Лингвистическое обеспечение проектирования технологических процессов

При проектировании технологического процесса взаимодействие пользователя-технолога и системы выполняется в текстовых терминах, принятых в области обработки материалов. Основными формами взаимодействия являются языки заполнения экранных шаблонов, выбора из меню, альтернативы, набор функциональных клавиш. С помощью этих средств управления в системе реализована стратегия двустороннего управления проектированием "равные партнеры". Все термины при создании технологических процессов используются в общепринятом текстовом виде.

Тексты сообщений запросов, элементов шаблонов и меню программно независимы и легко могут быть изменены как в процессе внедрения, так и во время эксплуатации.

Интерфейс пользователя для проектирования технологических процессов рассчитан на взаимодействие системы с наиболее массовой категорией пользователей-технологов, не владеющих навыками работы на ЭВМ.

#### 3.5.5 Лингвистическое обеспечение редактирования базы данных

Модификацию базы данных требуется выполнять при установке нового оборудования, добавлении новых, ранее не применявшихся в САПР ТП операций, переходов, приспособлений, инструментов, изменении содержания таблиц норм времени, припусков, данных для расчета режимов резания, а также модификации элементов базы данных, и связей между ними, отражающих изменения в производстве.

Лингвистическое обеспечение этой части системы сохраняет все характерные черты реализации, описанные выше. Вместе с тем при редактировании базы данных дополнительно используются технологические понятия в виде цифровых кодовых эквивалентов. Контроль результатов редактирования базы данных в наиболее часто используемых случаях выполняется в текстовой форме представления понятий, позволяющей сочетать высокую производительность редактирования базы данных с высокой производительностью контроля ее изменений. Все тексты понятий изменены на уровне пользователя. При этом в качестве форм взаимодействия используются шаблоны и меню.

Формулирование технологических правил (алгоритмов) выполняется на основе правил ЕСЛИ-ТО в установленной шаблонной форме.

#### 3.5.6 Проектирование технологических процессов

Работа начинается с подготовки чертежа. Подготовка чертежа зависит от установки режимов проектирования. Если в настройке системы включен режим "АВТОКОНКРЕТИЗАЦИЯ", то подготовка чертежа для проектирования сведена к проставлению номеров всех обрабатываемых поверхностей детали в произвольном порядке. Единственное необходимое условие – номера поверхностей детали не должны совпадать.

Номер поверхности запрашивается при конкретизации переходов и используется для хранения и поиска размерных и точностных характеристик поверхностей деталей.

Следующий этап – ввод общих данных о детали и технологическом процессе. Ввести общие данные в систему технологу предлагается в специальном экранном шаблоне с расположением граф и полей, близких к их расположению в маршрутной карте. Технолог с клавиатуры наполняет содержанием нужное ему поле или изменяет его значение, установленное по умолчанию из базы данных.

При заполнении полей "Код материала", "Наименование и марка материала", "Вид заготовки", "Размеры заготовки" предоставляется возможность выбора из соответствующих меню. Размеры заготовки вводятся по запросам системы в зависимости от выбранного вида. Масса заготовки и коэффициент использования материала рассчитываются по формулам.

В системе используется предварительная подготовка значений полей шаблона по умолчанию, хранящихся в базе данных.

После ввода общих данных о детали система предлагает технологу-пользователю составить маршрут обработки. С этой целью на экран поочередно выводятся сначала "Меню видов операций", а затем "Меню операций", соответствующих виду операции. Маршрут обработки формируется пользователем путем выбора операций из меню.

При составлении маршрута пользователь имеет возможность работать и в режиме выбора операций, и в режиме редактирования маршрута. В режиме редактирования можно добавлять, удалять, переставлять и заменять ранее выбранные операции.

По окончании формирования маршрута для каждой операции последовательно выполняется автоматизированный выбор оборудования и инструкций по технике безопасности. Принятые решения система представляет на экране в виде шаблона для редактирования. Технолог-пользователь может либо согласиться с решениями системы, либо отредактировать их.

В случае недостатка информации для автоматизированного выбора система запрашивает необходимые ей данные, которые пользователь вводит с клавиатуры.

При желании технолог может прервать автоматизированный выбор оборудования и сделать его из меню, предлагаемых системой и определяемых содержанием базы данных. Имеется возможность ввода оборудования в маршрут с клавиатуры.

Выбор режимов работы выполняется с помощью функциональных и служебных клавиш, информация о которых содержится в верхней и нижней строках экрана.

При необходимости технолог во время работы всегда может получить помощь системы в виде подсказки или подробных пояснений. Для этого достаточно нажать специальную клавишу и на экране появится информация, необходимая технологу в текущем режиме работы с системой.

Формирование маршрута обработки заканчивается после подтверждения пользователем решений, принятых автоматизированным способом или в процессе диалогового взаимодействия с системой в режиме редактирования. Если пользователь не подтверждает принятые системой решения, проверка и редактирование результатов может быть выполнена по окончании проектирования технологического процесса при просмотре результатов проектирования.

Следующий этап – проектирование переходов.

После окончания формирования маршрута система последовательно предлагает технологу меню переходов для каждой операции. В состав меню могут входить подменю – "МАКРО-переходы". Под "МАКРО-переходом" следует понимать поименованную группу переходов, объединенных по их технологическому назначению (например, "ТОКАРНЫЕ ПЕРЕХОДЫ", "ОПЕРАЦИЯ РИХТОВКИ ВАЛА" и т.п.). "МАКРО-переходы", входя в состав меню переходов, позволяют формировать многоуровневые меню (до пяти уровней вложенности "МАКРО").

Из предложенных "меню" технолог выбирает необходимые ему переходы или одновременно группы переходов в нужной последовательности. Выбор перехода выполняется либо указанием порядкового номера перехода "меню", либо выделением подсвеченной строкой курсора, управляемой с клавиатуры.

Выбранные переходы переносятся в окно экрана с содержанием текущей операции.

В процессе формирования содержания текущей операции технолог может работать и в режиме выбора переходов, и в режиме редактирования. В режиме редактирования технолог имеет возможность добавить новые переходы из "меню", удалить переходы из сформированного набора, заменить порядок их следования. При необходимости текст перехода можно набрать непосредственно с клавиатуры.

После окончания формирования перечня переходов для текущей операции, последовательно выполняется конкретизация переменных компонентов в текстах переходов. При конкретизации система может запрашивать номер поверхности, которая обрабатывается в переходе. Если номер обрабатываемой поверхности вводится в маршрут впервые, то система запрашивает размерные характеристики поверхности и необходимые точностные параметры с чертежа детали. Однажды введенная в систему информация о поверхности запоминается и в дальнейшем не запрашивается и автоматически подставляется в переход с одновременным расчетом припусков на обработку. Возможен отказ от ввода номеров поверхностей.

В этом случае система будет запрашивать необходимые размерные и точностные характеристики поверхностей детали для каждого перехода операции.

После ввода в переход размерных характеристик обрабатываемой поверхности система на основе информации в базе данных автоматизированным способом определяет или рассчитывает припуски на обработку, размерные и точностные характеристики детали, которые необходимо достигнуть в переходе. Технолог или подтверждает результаты автоматизированного выбора и расчета или изменяет их.

Переходы конкретизируются последовательно, начиная с первого в операции, или в произвольном порядке. На любом этапе проектирования технолог имеет возможность приостановить работу с выключением ЭВМ, а затем продолжить ее. В любое время результаты проектирования можно распечатать на печатающем устройстве.

По окончании процесса формирования маршрута и содержания операции выполняется выбор приспособлений и оснастки, осуществляемый автоматизированным способом. Если в базе данных не хватает информации для автоматизированного выбора оснастки, система запрашивает необходимые ей данные. При необходимости технолог может выбрать оснастку из "меню" или ввести ее обозначения с клавиатуры.

Так как выбор оснастки занимает до 50 % времени создания технологического процесса обычным способом, автоматизация только этого этапа позволяет значительно поднять производительность проектирования.

Следующий этап – расчет режимов резания и нормирование.

В системе "КАРУС" реализованы два варианта расчета норм времени:

- автоматизированный расчет режимов резания и основного времени на каждый переход обработки резанием и табличный (или расчет по формуле) выбор подготовительно-заключительного и вспомогательного времени;
- автоматизированный выбор неполного штучного времени, подготовительно-заключительного времени и времени на установку и снятие детали из таблиц поэлементных табличных нормативов на каждый переход.

Программное обеспечение позволяет на полной базе данных выполнять нормирование автоматизированным способом. В системе имеются средства для точной настройки нормирования на конкретные производственные условия предприятий и организаций.

Расчет параметров обработки выполняется на основе "Общемашиностроительных нормативов режимов резания". САПР ТП "КАРУС" позволяет рассчитывать нормы времени и режимы резания для многоинструментальной обработки поверхностей.

По окончании автоматизированного расчета режимов резания технолог имеет возможность просмотреть и отредактировать результаты проектирования.

Конечным этапом проектирования технологических процессов является комплексное редактирование их в специальном экранном шаблоне.

Система "КАРУС" предоставляет технологу полный набор возможностей для редактирования техпроцесса:

- добавление, удаление, изменение последовательности операций в маршруте;
- изменение номеров цехов, участков и рабочих мест;
- добавление, удаление, замена оборудования;
- добавление, удаление, изменение последовательности переходов в операции, редактирование текстов переходов;
- добавление, удаление, замена оснастки для переходов, редактирование обозначения оснастки;
- корректировка режимов резания и нормативов времени.

Последний этап – формирование и вывод технологических документов. По окончании проектирования технологического процесса технолог имеет возможность вывести его в форме технологических документов. С этой целью система предлагает технологу для выбора меню с перечнем необходимых ему выходных документов. Результаты проектирования выводятся системой на выбранные формы выходных документов. Формы можно распечатать на печатающем устройстве или записать в виде файла на магнитном диске.

В САПР ТП "КАРУС" технологические документы выводятся с горизонтальными или вертикальными полями для подшивки.

Выходные документы с горизонтальным расположением поля подшивки:

- титульный лист по ГОСТ 3.1103-84, форма 2;
- маршрутная и маршрутно-операционная карты по ГОСТ 3.1118-82;
- операционная карта по ГОСТ 3.1404-86;
- контрольная карта по ГОСТ 3.502-85;
- карта слесарно-сборочных работ по ГОСТ 3.1407-86;
- ведомость оснастки по ГОСТ 3.1122-84;
- комплектовочная карта по ГОСТ 3.1123-84.

Состав технологических документов может быть изменен пользователями во время эксплуатации.

### 3.5.7 Дополнительные программные модули САПР ТП "КАРУС"

В состав САПР ТП "КАРУС" могут входить программные модули, расширяющие ее функциональные возможности:

- подсистема для построения операционного эскиза ("ЭСКИЗ");
- подсистема создания и вывода на экран графического образа ("СЛАЙД"), например, получение на экране в виде справки образа инструмента при его выборе из "меню" и т.п.;
- формирования ведомости деталей к типовому техпроцессу ("РЕДТИП");
- электронный архив для хранения выходных форм технологического процесса в архивированном виде ("АРХИВ");
- технологический и конструкторский классификаторы ("ТКД", "ККД").

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рыжов Э. В., Аверченков В. И. Оптимизация технологических процессов механической обработки. Киев: Наук. думка, 1989. 192 с.
- 2 Гордон А. М., Сергеев А. П., Смоленцев В. П. и др. Автоматизированное проектирование технологических процессов. Воронеж; ВГУ, 1986. 196 с.

- 3 Горанский Г. К. Кодирование информации о машиностроительных деталях в автоматизированных системах технологического проектирования. Минск: БелНИИТИ, 1989. Вып. 2., 184 с.
- 4 Формирование универсальной базы данных о деталях и технологии их обработки: Метод. рекомендации М.: ЭНИМС, 1989. 52 с.
- 5 Шпур Г., Краузе Ф. Л. Автоматизированное проектирование в машиностроении. М.: Машиностроение, 1988. 648 с.
- 6 Ямпольский Л. С., Калии О. М., Ткач М. М. Автоматизированные системы технологической подготовки робототехнического производства. Киев: Вища шк., 1987. 271 с.
- 7 С. П., Куликов А. Д., Миляев О. Н. и др. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Митрофанов Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
- 8 Каштальян И. А., Бохан С. Г., Присевок А. Ф. САПР технологических процессов: Конспект лекций. Минск: БПИ, 1987. 66 с.
- 9 Ткачева О. Н. Современные автоматизированные системы проектирования технологических процессов в машиностроении. М.: НИИмаш, 1984. 71 с.
- 10 Автоматизированные системы технологической подготовки производства для гибких производственных систем механической обработки: Метод. рекомендации. М.: ВНИИТЭМР, 1985. 108 с.
- 11 Сорокин А. И. Перспективные методы разработки систем автоматизированного проектирования станочных приспособлений. М.: ВНИИТЭМР, 1990. 64 с.
- 12 Ламин И. И., Бухтеева И. В., Самойлов И. И. и др. Проектирование автоматизированных сборочных процессов на основе оптимальных значений показателей эффективности производства. М.: ВНИИТЭМР, 1989. 56 с.
- 13 Челищев Б. Е., Боброва И. В., Гонсалес-Сабатер А. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении. М.: Машиностроение, 1987. 264 с.
- 14 Зарубин В. М., Капустин Н. М., Павлов В. В. и др. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. М.: Машиностроение, 1979. 247 с.
- 15 Капустин Н. М., Павлов В. В., Козлов Л. А. и др. Диалоговое проектирование технологических процессов. М.: Машиностроение, 1983. 255 с.
- 16 Фрумин Ю. Л. Комплексное проектирование инструментальной оснастки. М.: Машиностроение, 1987. 344 с.
- 17 Горанский Г. К., Бендерова Э. И. Информационное обеспечение АСТПП, унификация и классификация деталей и элементов технологических процессов. Минск: БелНИИТИ, 1989. Вып. 3. 104 с.
- 18 Адмиров Ю. Д. Технологичность конструкций изделия: Справочник. М.: Машиностроение, 1990. 768 с.
- 19 Гырдымов Г. П., Зильбербург Л. И., Савченко И. Д. и др. Автоматизация технологической подготовки заготовительного производства. Л.: Машиностроение, 1990. 350 с.
- 20 Тетерин Г. П., Полухин П. И. Основы оптимизации и автоматизации проектирования технологических процессов горячей объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1979. 284 с.
- 21 Тетерин Г. П., Алиев Ч. А. Система автоматизированного проектирования технологии горячей объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1987. 222 с.
- 22 Аникин А. Д. Автоматизация проектирования штампов для холодной листовой штамповки. Л.: Машиностроение, 1986. 192 с.
- 23 Григорьев Л. Л. Автоматизированное проектирование в холодной листовой штамповке. Л.: Машиностроение, 1984. 280 с.
- 24 Баранчукова И. М., Гусев А. А., Крамаренко Ю. Б. и др. Проектирование технологии. М.: Машиностроение. 1990. 416 с.
- 25 Петросов А. В. Система технологической подготовки производства деталей типа тел вращения на автоматизированных участках. М.: Машиностроение, 1982. 113 с.
- 26 Сафраган Р. Э. Автоматизированная подготовка программ для станков с ЧПУ: Справочник. Киев: Техніка, 1986. 191 с.
- 27 Горанский Г. К. Методика выбора металлорежущих станков, инструментов и режимов резания в автоматизированных системах технологического проектирования. Минск: БелНИИТИ, 1990. Вып. 6. 64 с.
- 28 Горанский Г. К. Методика выбора универсальных станочных приспособлений в АСТПП. Минск: БелНИИТИ, 1990. Вып. 7. 44 с.
- 29 Таратынов О. В., Земсков Г. Г., Тарамыкин Ю. П. и др. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ: Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1991. 423 с.
- 30 Фещенко А. И., Гордон А. М., Смоленцев В. П. и др. Автоматизированное проектирование средств технологического оснащения. Воронеж: Центр.-Чернозем кн. изд-во, 1990. 94 с.
- 31 Другакова М. Н., Ракович А. Г. Создание программных средств САПР приспособлений. Минск.: Навука і тэхніка, 1991. 88 с.
- 32 Классификатор технологических переходов машиностроения и приборостроения. 1 89 187. Минск: Изд-во стандартов. 1991. 120 с.
- 33 Станочные приспособления. Детали и узлы: Сборник ГОСТов. Ч. 7 -М.: Изд-во стандартов. 1985. 191 с.
- 34 Гжиров Р. И., Серебrenицкий П. П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. Л.: Машиностроение, 1990. 588 с.
- 35 Схиртладзе А. Г., Новиков В. Ю. Станочные приспособления. М.: Высш. шк., 2001. 110 с.
- 36 Медведев В. А., Вороненко В. П., Брюханов В. Н. и др. Техно-логические основы гибких производственных систем. М.: Высш. шк., 2000. 255 с.
- 37 Никифоров А. Д., Ковшов А. Н., Назаров Ю. Ф. Процессы управления объектами машиностроения. М.: Высш. шк., 2001. 455 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	3
Глава 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ	5
1.1 Понятие технологического процесса . . . . .	5
1.2 Основные технологические процессы в машиностроении	5
1.2.1 Получение заготовки . . . . .	5
1.2.2 Механическая обработка . . . . .	6
1.2.3 Технология сборочных процессов . . . . .	9
1.3 Трудоемкость технологических операций . . . . .	11
1.4 Базирование и базы в машиностроении . . . . .	13
1.5. Основное оборудование машиностроительных производств	14
1.5.1 Металлорежущие станки . . . . .	14
1.5.2 Станки с числовым программным управлением . . . . .	17
1.5.3 Прочее оборудование машиностроительных производств	18
1.6 Технологическая оснастка . . . . .	18
Глава 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА	20
2.1 Основные понятия . . . . .	20
2.2 Нормативные документы единой системы технологической подготовки производства . . . . .	20
2.3 Разработка технологических процессов . . . . .	21
2.4 Методы реализации ТПП . . . . .	23
2.5 Технологическая документация . . . . .	27
2.5.1 Формы и правила оформления маршрутных карт . . . . .	28
2.5.2 Пример заполнения маршрутной карты . . . . .	31
Глава 3 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВ- КИ ПРОИЗВОДСТВА . . . . .	33
3.1 Общие положения . . . . .	33
3.2 Автоматизация методов ТПП . . . . .	34
3.2.1 Автоматизация метода управления ТПП . . . . .	34

3.2.2 Автоматизация метода вариантного планирования	35
3.2.3 Автоматизация метода адаптивного планирования	36
3.2.4 Классификация и кодирование деталей и технологий их обработки . . . . .	37
3.2.5 Автоматизация метода нового планирования ТПП	40
3.3 Автоматизация технологической подготовки производства при использовании станков с ЧПУ . . . . .	43
3.3.1 Основные понятия . . . . .	43
3.3.2 Геометрические расчеты при составлении программ ЧПУ . . . . .	44
3.3.3 Автоматизация ТПП станков с ЧПУ . . . . .	47
3.4 Технологическая подготовка гибких производственных систем . . . . .	49
3.5 Система автоматизированного проектирования . . . . .	
технологических процессов "КАРУС" . . . . .	51
3.5.1 Общие сведения . . . . .	51
. . . . .	52
3.5.2 Информационное обеспечение . . . . .	53
3.5.3 База данных . . . . .	
3.5.4 Лингвистическое обеспечение проектирования технологических процессов . . . . .	53
3.5.5 Лингвистическое обеспечение редактирования базы данных . . . . .	56
3.5.6 Проектирование технологических процессов . . . . .	
3.5.7 Дополнительные программные модули САПР ТП "КАРУС" . . . . .	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .	

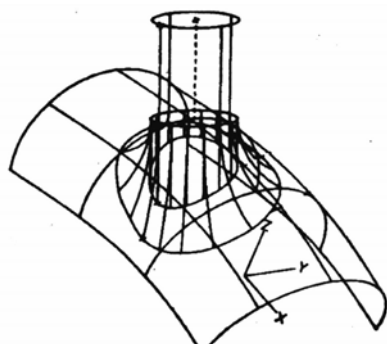
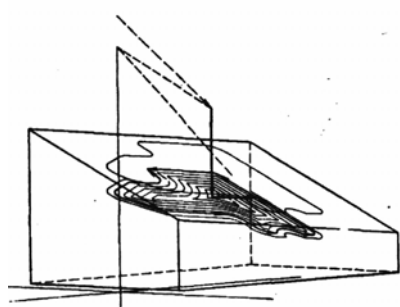




Таблица 3

M 01	Лист Б5 1500×6000 ГОСТ 19903-74/ СтЗкп ГОСТ 14637-79														
M 02	КОД	ЕВ	МД	ЕН	Н.Расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ					
		166	100.2	1				5×1140×2240	1						
A	ЦЕХ	УЧ	РМ	ОПЕР	КОД, НАИМЕНОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ				ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОКУМЕНТА						
B	КОД, НАИМЕНОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ				СМ	ПРОФ.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К/ШТ	Т/ЛЗ	Т/ШТ
A 03 04	10			005	Транспортная										
A 05 B 06 O 07 T 08 09	10	2	5	010	Отрезная				ИОТ № 0015						
A 10 11	СЦТП-16; Кран Q=5 т				2		2	СП/2	2	1					
A 12 B 13 O 14 15	1. Разметить и отрезать заготовки в размеры 1140 (-2,0)×2240 (-4,0) согласно чертежу. 00-ПВ-818 СТРОП; комплект разметочного инструмента СТП 1511.03.147-82.														
A 18 B 19 O 20 T 21 22	2			015	Маркировочная				25000.00114						
A 23 B 24 O 25 26 T 27	2			020	Контрольная				ИОТ № 00195						
	Стол контрольный 1. Обязательный контроль первой детали в партии; контроль ОТК 100 %. Проверить размеры 1140 (-2,0)×2240 (-4,0) согласно чертежу. УП-1-400 Угольник ГОСТ 3749-77; ЗКП2-ЗБНТ/1 Рулетка ГОСТ 7502-80.														
A 18 B 19 O 20 T 21 22				2		025	Гибочная				ИОТ № 00161				
A 23 B 24 O 25 26 T 27	И1330А				2		3	СП/Н	2	1					
	1. Разметить и гнуть заготовку, выдерживая размеры 50 (±0,8); 500 (±2,0); 1135 (±3,0); согласно чертежу. 00-ПВ-818 СТРОП; комплект разметочного инструмента СТП 1511.03.157-82.														
A 18 B 19 O 20 T 21 22	2			030	Контрольная				ИОТ № 00195						
A 23 B 24 O 25 26 T 27	Стол контрольный 1. Обязательный контроль первой детали в партии; контроль ОТК 100 %. Проверить размеры 50 (±0,8); 500 (±2,0); 1135 (±3,0) согласно чертежу. ШЦ-1-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-80; ЗПК2-ЗБНТ/1 Рулетка ГОСТ 7502-80.														
МК	Маршрутная карта														