

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

## Технологические инновации в машиностроении с элементами программирования станков с ЧПУ

Краткий курс лекций

для студентов III курса

Направление подготовки  
35.03.06 Агроинженерия

Профиль подготовки  
Инновационная агротехника

Саратов 2016

УДК

ББК

Р

Р99                    **Технология машиностроения:** краткий курс лекций для студентов III курса направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / В.В. Чекмарев // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ».-Саратов, 2016.-58 с.

ISBN ...

Краткий курс лекций по дисциплине «Технология машиностроения» составлен в соответствии с программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия». Краткий курс содержит теоретический материал по основным вопросам технологии машиностроения, направлен на формирование у студентов знаний об основных закономерностях при осуществлении выбора заготовок, методов формирования новых поверхностей на деталях машин с требуемыми эксплуатационными характеристиками, выбора металлорежущего оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента, основ проектирования технологических процессов механической обработки деталей машин. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих специалистов сельскохозяйственного производства.

УДК 54

ББК 54

© Чекмарев В.В., 2014

ISBN...

© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2014

## Введение

Современные методы и организационные формы ремонта машин базируются на принципах специализации и концентрации ремонтных работ и выполняются на предприятиях, оснащенных современным технологическим оборудованием. Освоение курса «Технология машиностроения» позволит инженеру применять на ремонтных предприятиях передовую технологию машиностроительных заводов, что положительно скажется на качестве ремонта и экономике ремонтных предприятий.

Вы на предыдущих курсах изучили дисциплины «Технология конструкционных материалов», «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения». В ходе изучения дисциплины мы рассмотрим вопросы разработки технологических процессов изготовления типовых деталей и сборки сельскохозяйственных машин.

**Технология машиностроения — наука о производстве машин — изучает технологические процессы, применяемые на машиностроительных заводах при изготовлении машин требуемого качества, в установленном программой количестве и при наименьшей себестоимости.**

Сельскохозяйственное машиностроение — отрасль машиностроения, поэтому в изучаемом курсе будут рассмотрены как общие вопросы технологии машиностроения, так и особенности технологии сельскохозяйственного машиностроения. Технология машиностроения рассматривает методы разработки и построения рациональных технологических процессов, выбор способа получения заготовки, подбор технологического оборудования, инструмента и приспособлений, назначение режима резания и установление технически обоснованных норм времени.

Применение тщательно разработанной и технически обоснованной технологии повышает технологическую дисциплину, обеспечивая заданное качество продукции при высокой экономической эффективности производства.

## Лекция №1 Теоретические основы технологии машиностроения

### 1.1. Изделия машиностроительного производства

**Изделием машиностроительного производства называется предмет (набор предметов), являющийся продуктом конечной стадии производства завода, цеха, участка, линии.**

Различают изделия основного и вспомогательного производств. К изделиям основного производства относится продукция, предназначенная для поставки заказчикам или для реализации торговыми организациями. К изделиям вспомогательного производства относится продукция, предназначенная только для собственных нужд предприятия.

**Единая система конструкторской документации (ЕСКД) устанавливает следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.** Деталью называется изделие (или часть изделия), изготовленное или подлежащее изготовлению из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. Таким образом, **деталь — это изделие или первичный элемент сложного изделия, характеризующийся отсутствием в нем разъемных и неразъемных соединений.**

**Сборочная единица** представляет собой изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии-изготовителе сборочными операциями: свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой и т. п. Примерами сборочных единиц служат автомобиль, станок, редуктор, карбюратор и т. д.

**Комплексом** называются два и более специфицированных (имеющих спецификацию) изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Примерами комплексов могут служить: поточная линия станков, доильная установка и т. п.

**Комплект** образуют два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Примеры: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры и т. п.

Сборочная единица первого порядка может состоять из нескольких простых сборочных единиц второго порядка и т. д.

В сельском хозяйстве в зависимости от сложности и назначения изделия применяются термины: машина (комбайн, трактор), агрегат (аппарат), орудие (рабочий орган).

### 1.2. Производственный и технологический процессы

В машиностроении различают **производственный и технологический процессы.**

**Производственный процесс представляет собой совокупность всех действий людей и орудий производства, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в изделия.** Производственный процесс включает: подготовку средств производства, организацию и обслуживание рабочего места, настройку станков, подготовку инструмента и приспособлений, получение и хранение

материалов и полуфабрикатов, изготовление деталей, сборку узлов и изделий, транспортировку на всех стадиях производства, технический контроль, окраску и упаковку готовой продукции, планирование, нормирование и учет.

**Технологический процесс** — часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства.

**Технологический процесс механической обработки** — часть производственного процесса, содержащая действия по изменению размеров, формы и свойств обрабатываемой заготовки и последующему их контролю. Технологический процесс делится на технологические операции, которые состоят из переходов. Переходы могут быть технологическими и вспомогательными. В свою очередь, технологические переходы содержат рабочие и вспомогательные ходы. В операции выделяют установовы и позиции

**Технологической операцией** называется законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

**Технологический переход** — законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и обрабатываемых поверхностей.

**Вспомогательный переход** — законченная часть технологической операции, состоящая из действий, не сопровождаемых изменением формы, размеров и шероховатости поверхности (установка заготовки, смена инструмента и т. д.).

**Рабочий ход** — часть технологического перехода, сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки и заключающаяся в однократном перемещении инструмента относительно заготовки.

**Вспомогательный ход** — часть технологического перехода, не сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки и заключающаяся в перемещении инструмента относительно заготовки.

**Установ** — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении заготовки.

**Позиция** — фиксированное положение заготовки совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования.

### 1.3. Типы и организационные формы машиностроительного производства

**В машиностроении различают три типа производства: единичное (индивидуальное), серийное и массовое.**

Серийное производство, в свою очередь, подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операции  $K_{з.о}$ , определяемым по формуле

$$K_{з.о} = O/P,$$

где  $O$  - число различных операций;

$P$  - число рабочих мест, на которых выполняются различные операции. Значение коэффициента закрепления операции  $K_{з.о}$  принимается для планового периода, равного одному месяцу.

Для различных типов производств коэффициент закрепления операций имеет следующие значения:

**массовое -  $K_{з.о} = 1$ ;**

**крупносерийное производство -  $K_{3,0} \leq 10$ ;**  
**среднесерийное производство -  $10 < K_{3,0} \leq 20$ ;**  
**мелкосерийное производство -  $20 < K_{3,0} \leq 40$ ;**  
**единичное производство -  $K_{3,0} > 40$ .**

**Единичное и мелкосерийное производства характеризуются выпуском изделий в малых, редко повторяющихся или вовсе не повторяющихся количествах при широкой номенклатуре выпускаемых изделий.** В этих условиях применяются преимущественно универсальное оборудование, нормализованный режущий инструмент и универсальная технологическая оснастка. Оборудование в цехах располагается по групповому признаку (т. е. с разбивкой на участки токарных, фрезерных, строгальных станков и т. д.). Для выполнения производственной программы требуются рабочие высокой квалификации с универсальными навыками. В сельскохозяйственном машиностроении единичное и мелкосерийное производства имеют место при изготовлении опытных образцов машин.

**Среднесерийное производство характеризуется установившейся номенклатурой выпускаемой продукции, повторяющимися сериями изготавливаемых изделий.**

При серийном производстве возможны частичная специализация оборудования и применение автоматов и полуавтоматов, обладающих возможностью их переналадки при переходе от одних изделий к другим.

**Крупносерийное и массовое производства характеризуются выпуском в больших количествах определенных изделий ограниченной номенклатуры. Выпуск продукции происходит непрерывно.** При изготовлении нескольких моделей или конструкций изделий они выпускаются параллельно или одновременно.

Оборудование устанавливается в последовательности выполнения операций технологического процесса. Массовое и крупносерийное производства отличаются широким применением автоматических станков и линий, высокой степенью автоматизации всех производственных процессов и применением специальной оснастки (приспособлений, вспомогательного режущего и измерительного инструмента). Квалификация рабочих на операционных работах может быть невысокой, но настройку станков производят квалифицированные рабочие—наладчики.

В массовом производстве обеспечивается низкая себестоимость продукции. При строгой технологической дисциплине достигаются единообразие, точность и высокое качество выпускаемых изделий.

**Каждому типу производства соответствуют определенная форма его организации и система расположения технологического оборудования.**

**Для единичного и мелкосерийного производства наиболее характерна расстановка оборудования по группам станков.** В этом случае организуются участки токарных, фрезерных, шлифовальных и других станков, на которых выполняются соответствующие операции. Заготовки в процессе обработки переходят с одного участка на другой.

**При серийном производстве целесообразно применять предметную форму организации** (участки обработки валов, шестерен, втулок). В этом случае каждый участок предназначен для изготовления одной или нескольких однотипных деталей. Станки располагаются в последовательности выполнения технологических операций, а детали на станках обрабатываются партиями. После завершения обработки партия

заготовок поступает к следующему станку, на резервную площадку или промежуточный склад. Контроль деталей осуществляется партиями.

**Для крупносерийного и массового производства** наиболее характерна **прямоточная форма** организации, при которой станки располагаются в последовательности выполнения технологических операций. При этом станки закрепляются за определенными операциями. Обработка ведется таким образом, что заготовки со станка на станок поступают не партиями, а поштучно. Транспортирование деталей от одного рабочего места к другому производится различными немеханизированными транспортными устройствами (рольганги, наклонные лотки) без создания принудительного такта. При этой форме организации штучное время отдельных операций не согласовано с тактом поточной линии, поэтому у отдельных рабочих мест могут создаваться заделы промежуточных заготовок.

**Наиболее производительной является непрерывно-поточная форма** организации, используемая в массовом производстве, когда заготовки перемещаются по рабочим местам в соответствии с технологическим процессом, причем штучное время обработки на всех операциях согласовано с тактом поточной линии, поэтому обрабатываемые заготовки непрерывным потоком перемещаются с одного рабочего места на другое. Работа поточной линии должна быть построена так, чтобы выпуск продукции происходил равномерно с обеспечением заданного такта выпуска. Такт выпуска - промежуток времени (мин), через который с линии должно выпускаться очередное изделие (деталь, сборочная единица):

$$\tau = 60F_d/N,$$

где  $F_d$ —действительный фонд времени работы оборудования за рассматриваемый период времени (год, месяц, смена), ч;  $N$ — количество изделий, выпускаемых с поточной линии за рассматриваемый период времени. В общезаводском плане работа всех поточных линий и участков подчинена заданному такту выпуска изделия завода.

**Такт выпуска — основная расчетная величина для операций, выполняемых на поточной линии. Технологический процесс должен быть построен так, чтобы штучное время каждой операции было равно или кратно такту выпуска.** Станочное оборудование на потоке должно быть загружено не менее чем на 70%. Недогрузка рабочих мест устраняется применением многостаночного обслуживания. На поточных линиях выполняются не только операции механической обработки или сборки, но и термическая обработка, лужение, окраска, мойка, упаковка и т. д.

Чтобы исключить возможные перебои на поточной линии, предусматриваются межоперационные заделы с запасами, позволяющими устранить неритмичность работы поточной линии (накопители и т. п.). **Высшая форма поточно-массового производства — автоматическая линия**, включающая ряд технологически связанных станков с автоматизированным процессом обработки, управления, перемещения и контроля.

### Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается производственный процесс от технологического?
2. Какие бывают типы производства в зависимости от программы?

3. Что такое такт выпуска?.

### Список литературы

#### Основная

1. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

#### Дополнительная

1. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
2. **Горбачевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
3. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.- М. «Машиностроение, 1960.

## Лекция №2

### Технологические характеристики типовых заготовительных процессов

#### 2.1. Виды заготовок и их характеристика

**Заготовки — это отрезки проката, поковки, штамповки, отливки из металла или другого конструкционного материала, предназначенные для изготовления деталей путем механической обработки.**

Различают исходные заготовки, подготовленные к выполнению операций механической обработки, и промежуточные заготовки, находящиеся на любой стадии технологического процесса обработки. После завершения всего маршрута обработки заготовки превращаются в детали.

**Выбор заготовки заключается в установлении метода ее изготовления, расчете или выборе припусков на обработку и определении размеров заготовки.**

Метод изготовления заготовки определяется формой и размерами детали, технологическими свойствами материала, его температурой плавления, структурной характеристикой (направление волокон и размеры зерна). При выборе заготовки учитываются сортамент материала (прокат), имеющееся оборудование, производственная программа, тип производства, степень его механизации и автоматизации. Оптимальный вариант изготовления заготовки устанавливается на основании технико-экономических расчетов. Повышение точности заготовок (уменьшение припусков) позволяет экономить металл, снижать стоимость и трудоемкость механической обработки, но при этом может возрасти стоимость изготовления исходных заготовок. При малой производственной программе применение некоторых технологических процессов изготовления заготовки (горячая штамповка и др.) может оказаться экономически нецелесообразным в связи с высокой стоимостью технологического оборудования и оснастки.

**Заготовки из серого или ковкого чугуна изготавливаются в виде отливок.**

Стальные заготовки изготавливаются из горячекатаного проката различных размеров и профиля либо из холодноотянутой стали. Для получения заготовок используются такжековка, штамповка или литье.

Заготовки из цветных металлов и сплавов изготавливаются из проката, отливаются или штампуются.

Заготовки в виде отливок применяются для деталей сложной формы. Сварные заготовки используются при невозможности или экономической нецелесообразности изготовления цельных. Детали кабин тракторов и автомобилей, кожуха и т. п. изготавливаются из листового материала холодной штамповкой с последующей сваркой. Разрезка проката на заготовки может производиться газопламенными резаками, на ленточных или дисковых пилах, приводных ножовках и пресс-ножницах, на токарных, револьверных и фрезерных станках. На фрикционных (беззубых) пилах разрезается профильный прокат, не имеющий большой сплошной площади сечения (уголки, двутавры, швеллеры). На круглых заготовках большого диаметра фрикционная пила обычно заклинивается. Применяются также отрезные станки с тонкими отрезными шлифовальными кругами. Профильный прокат (уголки, швеллеры и т. п.) может быть разрезан на пресс-ножницах методом рубки.

**Перед поступлением на механическую обработку** исходные заготовки подвергаются очистке, правке и термической обработке в зависимости от методов их изготовления и предъявляемых требований. Отливки очищаются от формовочной

земли и стержней, затем удаляются литники, выпоры, отрезаются прибыли, зачищаются заусенцы и случайные приливы. Очистка производится на стационарных и переносных шлифовально-обдирочных станках, зубилами, стальными щетками. Для механизации процесса очистки применяются дробеструйные установки, вращающиеся (галтовочные) барабаны. Заготовка, полученная горячей штамповкой, в месте разъема штампа обычно имеет облой, который обрезается или вырубается в штампах на обрезных кривошипных прессах. После обрезки производится термическая обработка и правка в горячем или холодном состоянии. Термическая обработка с целью получения заданных микроструктуры и механических свойств включает нормализацию, улучшение и другие процессы.

Штамповки очищаются от окалины и заусенцев дробеструйной обработкой, травлением, галтовкой во вращающихся барабанах. Для получения точных размеров некоторые штампованные заготовки проходят калибровку и чеканку в холодном или горячем состоянии. Перед этой операцией производится отжиг или нормализация и очистка от окалины. На чеканку дается припуск от 0,2 до 0,8 мм на сторону в зависимости от площади чеканки. Длинные заготовки из проката правят вручную, на прессах или на специальных многороликовых правильно-калибровочных станках за 1—2 хода.

## **2.2. Исходные данные для выбора заготовки**

При выборе вида и метода изготовления заготовки учитываются конструкция и материал детали, ее форма и размеры, тип производства и имеющееся оборудование.

Наиболее целесообразна исходная заготовка, требующая наименьших затрат при изготовлении детали с учетом всех технологических операций обработки и необходимого качества детали. Форма и размеры заготовки должны быть возможно близкими к форме и размерам готовой детали с тем, чтобы свести к минимуму механическую обработку. Отливки применяются при изготовлении фасонных деталей сложной формы из серого и ковкого чугуна, литой стали, бронзы, алюминиевых сплавов. Литьем получают заготовки блоков цилиндров, головок цилиндров, гильз, поршней, деталей карбюраторов, поршневых колец, корпусов коробок передач, картеров и т. п.

Отливки изготавливаются в песчаных, земляных и оболочковых формах, в металлических формах, литьем по выплавляемым моделям, центробежным способом и под давлением. При отливке автотракторных деталей обычно применяется машинная формовка по металлическим моделям или используются оболочковые формы.

Прокат (в основном круглого сечения) служит для изготовления осей, валов, крепежных и других деталей. Прокат является также исходным материалом для поковок и штамповок. При достаточно большой программе могут быть использованы такие сложные виды прокатки, как периодическая и поперечно-винтовая.

Свободная ковка производится на кузнечных молотах и гидравлических прессах. Свободной ковкой изготавливаются заготовки для выполнения различных единичных заказов.

В серийном и массовом производствах применение свободнойковки нерационально, так как производительность этого способа невелика, а припуски на обработку максимальные.

Ковка в закрытых штампах (горячая штамповка) широко применяется в автотракторостроении для изготовления ответственных стальных деталей: шатунов,

шестерен, коленчатых и распределительных валов, клапанов и т. п. С помощью горячей штамповки можно получить заготовки с высокими механическими свойствами и с минимальными припусками на механическую обработку.

Листовая холодная штамповка применяется для изготовления деталей кабин тракторов и автомобилей, баков, щитков. Из листа вырубают заготовки сегментов и вкладышей ножей сенокосилок и жаток зерноуборочных машин, звенья втулочно-роликовых цепей и т. п.

### 2.3. Припуски на механическую обработку

Чтобы обеспечить возможность обработки поверхности детали снятием стружки, при назначении размеров заготовки учитывают припуски на обработку. **Припуском называется слой металла, предусмотренный на заготовке и подлежащий удалению при механической обработке для получения готовой детали.** Металл, оставленный в выемках, пазах и отверстиях отливок и поковок, образует напуск, также удаляемый при обработке. Величина припуска зависит от размеров детали, вида заготовки, материала и требуемой точности изготовления детали. **Припуск должен быть минимальным, но достаточным для получения детали заданных размеров и качества.**

Различают **общий и операционные припуски на обработку.** **Общим припуском называется слой металла, необходимый для выполнения всех технологических операций по обработке рассматриваемой поверхности; он представляет собой сумму операционных припусков и равен разности размеров исходной заготовки и готовой детали.** Операционным припуском называется слой металла, предназначенный для снятия при выполнении одной технологической операции (перехода).

**Припуски могут быть симметричные и асимметричные.** Симметричные назначаются для обработки наружных и внутренних поверхностей тел вращения, асимметричные — для обработки поверхностей призматических деталей.

Различают также номинальный, минимальный и максимальный припуски. Минимальный припуск определяет минимально необходимую толщину слоя металла для выполнения данной операции и является исходной величиной при расчете припусков.

### 2.4. Методы определения припусков

**Припуск на обработку может быть определен расчетно-аналитическим или опытно-статистическим методом.** При расчетно-аналитическом методе рассчитываются минимальные операционные припуски в соответствии с технологическим маршрутом обработки. Для определения минимального операционного припуска (на диаметр) для тел вращения (валы, отверстия) используется формула

$$z_{i \min} = 2 R z_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \Delta_{yi}^2},$$

где  $R z_{i-1}$  - высота неровностей, образованных при выполнении предыдущего технологического перехода или операции;

$T_{i-1}$  - глубина дефектного слоя, образованного при предыдущем технологическом переходе или операции;

$\rho_{i-1}$  — пространственная погрешность, образованная при выполнении предыдущего технологического перехода или операции;

$\Delta_{yi}$  — погрешность установки, образующаяся при выполнении данной технологической операции.

Параметры  $\rho_{i-1}$  и  $\Delta_{yi}$  являются векторами, и при обработке цилиндрических поверхностей их направление заранее неизвестно. В связи с этим они рассматриваются как случайные величины, и их суммарное влияние вычисляется с учетом вероятностного характера.

Для одностороннего припуска (плоская поверхность) минимальный операционный припуск определяется по формуле

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}^2 + \Delta_{yi}^2$$

Здесь учтена возможность определения направлений векторов  $\rho_{i-1}$  и  $\Delta_{yi}$ , которые при расчете вводятся в формулу с соответствующим знаком. Значение высоты неровностей  $Rz_{i-1}$  устанавливается с учетом вида и метода выполнения предыдущей операции.

Дефектным слоем считают поверхностный слой металла, у которого структура, химический состав, механические свойства, поверхностные остаточные напряжения отличаются от параметров основного металла. Учитывая хрупкое разрушение чугуна при резании и отсутствие наклепа на обработанной поверхности, дефектный слой  $T_{i-1}$  учитывается только для первой операции в связи с необходимостью снятия литейной корки. Для различных видов обработки глубина дефектного слоя находится в пределах (мкм):

прокат.....	200-300
лезвийная обработка резанием (точение, фрезерование, сверление)...	30-60
предварительное шлифование.....	15-30
чистовое шлифование .....	5-10

Значения величин  $\rho_{i-1}$  и  $\Delta_{yi}$  назначаются по данным справочников.

При определении припусков опытно-статистическим методом общий и операционные припуски назначаются исходя из опыта обработки деталей данного класса в условиях рассматриваемой отрасли производства. При этом учитываются материал, размеры детали, тип производства и требуемая точность обработки. Припуски для разных заготовок при различных видах механической обработки приводятся в ГОСТ, заводских нормативных материалах и справочниках. Так, для заготовок из проката в зависимости от их размеров общий припуск на диаметр лежит в пределах от 1 до 8 мм, для заготовок, полученных горячей штамповкой, — от 1,5 до 6 мм на сторону, для отливок из чугуна и стали — от 3 до 8 мм на сторону. Операционные припуски на механическую обработку (на диаметр) лежат в пределах: при черновом обтачивании заготовки из проката диаметром до 120 мм — от 1 до 2,5 мм, заготовки-штамповки — от 1,5 до 3 мм; при чистовом обтачивании после черного — от 0,5 до 1 мм; при наружном шлифовании в центрах — от 0,2 до 0,5 мм.

## 2.5. Проектирование заготовок

При проектировании заготовок исходными данными являются форма и размеры готовой детали, ее материал и технические требования к точности изготовления и термической обработке. Прежде всего устанавливается способ изготовления заготовки.

К чертежу готовой детали присоединяют общие припуски на все поверхности, в результате чего получают исходную заготовку до выполнения механической обработки.

Графический метод построения общего припуска дает ясное представление о его составляющих элементах — операционных припусках и допусках. На рисунке 1 показана схема расположения полей операционных припусков и допусков на обработку вала. При построении схемы в качестве исходных данных взяты предельные размеры готовой детали, которые должны быть получены на последней технологической операции (шлифование). Для вала к наибольшему предельному размеру детали  $B_4$  прибавляют наименьший припуск на обработку при шлифовании  $Z_{3min}$ . Так получают наименьший размер заготовки после чистового обтачивания. Прибавив допуск  $b_3$ , получают наибольший размер  $B_3$ , который принимают за номинальный операционный размер заготовки под шлифование с допуском  $b_3$  в системе вала. К размеру  $B_3$  добавляют наименьший припуск на чистовое обтачивание  $Z_{2min}$  и допуск  $b_2$  на черновое обтачивание, в результате чего получают размер  $B_2$  — номинальный операционный размер заготовки под чистовое обтачивание. Прибавив наименьший припуск под черновое обтачивание  $Z_{1min}$ , получают наименьший размер исходной заготовки  $B_{1min}$ . Для получения номинального размера исходной заготовки к

$B_{1min}$  прибавляют поле отрицательной части симметричного допуска на ее изготовление (штамповка, прокат). Номинальный операционный припуск  $z_0$  равен разности номинальных значений операционных размеров на предшествующей  $B_{i-1}$  и на рассматриваемой  $B_i$ ; операциях. Номинальное значение общего припуска  $z_0$  определяется разностью между номинальными размерами исходной заготовки и готовой детали. Максимальный операционный припуск  $z_{max}$  равен сумме номинального припуска и допуска на получаемый размер, например  $z_{3max} = z_3 + b_4$ .

Рис. 1. Схема расположения полей операционных припусков и допусков при обработке вала.

Условные обозначения:

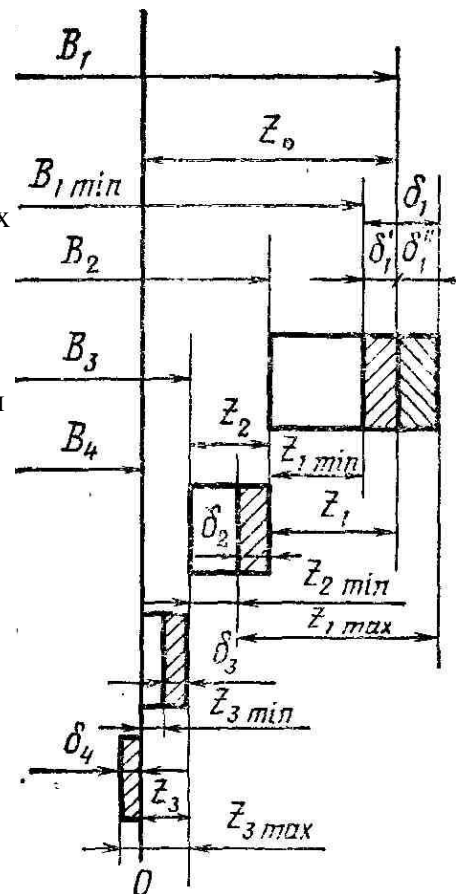
$B_1, B_2, B_3, B_4$  - номинальные значения операционных размеров соответственно заготовок под черновое и чистовое обтачивание, шлифование и готовой детали;

$b_1, b_2, b_3, b_4$  - допуски на указанные размеры;

$Z_1, Z_2, Z_3$  - номинальные значения припусков соответственно на черновое и чистовое обтачивание и шлифование;

$z_0$  — общий номинальный припуск;

$Z_{max}$  и  $Z_{min}$  - максимальное и минимальное значения операционного припуска.



Исключение составляет максимальный припуск на первую операцию обработки проката, штамповки, отливки, имеющий симметричный допуск, который равен

$$Z_{1 \max} = z_1 + \delta_2 + \delta_1.$$

При назначении режимов резания учитывается максимальный припуск. Допуск на припуск равен

$$\delta_z = Z_{\max} - Z_{\min}$$

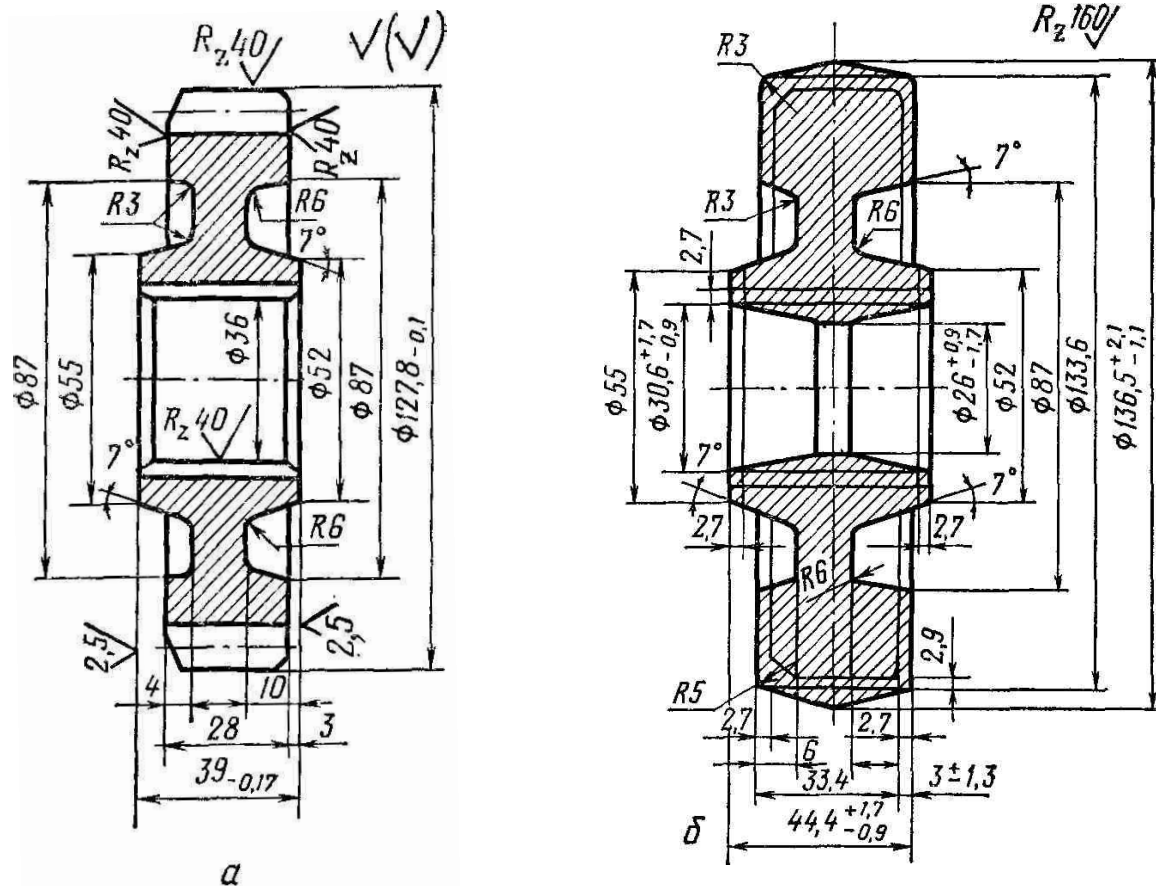


Рис. 2. Цилиндрическое зубчатое колесо трактора:

а — деталь; б — заготовка.

Значение операционного допуска принимается с учетом экономической точности используемого метода обработки на данной операции. Окончательные размеры заготовки устанавливаются с учетом общих припусков и допусков на изготовление заготовки, на которой предусматриваются необходимые радиусные переходы, формовочные уклоны и т. д. Размеры округляются с необходимой степенью точности, желательно с учетом использования рядов нормальных размеров.

При проектировании отливок должны быть уточнены способ формовки, расположение разъема формы, литников, выпоров. Для штамповок необходимо уточнить место разъема штампа, расположение облоя и его размеры.

**Проектирование заготовок выполняется в такой последовательности:**

1. определяется вид исходной заготовки (прокат, штамповка, отливка);

2. разрабатывается технологический маршрут механической обработки заготовки;
3. определяются (рассчитываются) операционные и общий припуски на все обрабатываемые поверхности;
4. на чертеже детали вычерчиваются общие припуски на обработку каждой поверхности;
5. назначаются предварительные размеры заготовки и допуски на них;
6. корректируются размеры заготовки с учетом метода ее изготовления, устанавливаются напуски, формовочные уклоны, радиусы, технологические приливы и т. д.;
7. оценивается технологичность заготовки и в случае необходимости вносятся соответствующие коррективы.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие Вы знаете виды заготовок?
2. Какую заготовку принимают для чугунных изделий?
3. По какой формуле рассчитывают симметричный припуск?
4. Перечислите основные группы материалов, применяемых для изготовления режущего инструмента.
5. В какой последовательности производится проектирование заготовок?

### **Список литературы**

#### Основная

1. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

#### Дополнительная

1. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
2. **Горбачевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
3. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.- М. «Машиностроение, 1960.

## Лекция №3 Точность механической обработки

### 3.1. Погрешности обработки и их классификация

**Точностью обработки** называется степень приближения действительных значений размеров и геометрических параметров деталей к номинальным значениям, указанным в чертежах.

**Погрешностью обработки** называется разность между действительным и номинальным значениями размера или геометрического параметра.

Необходимые качества машины обеспечиваются изготовлением деталей и выполнением сборки с заданной точностью. Точность устанавливают, исходя из назначения деталей и сборочных единиц.

Причинами отклонения указанных параметров от номинальных значений и возникновения погрешностей обработки являются: неточность технологического оборудования, износ режущего инструмента, силовые и тепловые деформации системы СПИД (станок — приспособление — инструмент — деталь), неоднородность физико-механических свойств материала заготовок, остаточные напряжения, различные значения снимаемого припуска.

**Точность изготовления детали** оценивается следующими параметрами: **точностью размеров (размерная точность), отклонениями формы (геометрическая точность), точностью взаимного расположения поверхностей (пространственная точность)**. Точное изготовление детали обеспечивает создание требуемых зазоров в подвижных сопряжениях и натягов в неподвижных, что необходимо для нормальной работы машины.

**Размерная точность регламентируется допусками**, определяемыми отклонениями, указанными на чертеже. Допуском называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами (или разность между верхним и нижним отклонениями).

**Точность формы** зависит от допускаемых значений отклонений формы (неплоскостность, выпуклость, вогнутость, нецилиндричность, овальность, конусность и т. д.).

**Точность взаимного расположения поверхностей** определяется допускаемыми значениями отклонений от базовой поверхности или от номинального расположения, указанного на чертеже (отклонение от параллельности, от перпендикулярности, торцовое или радиальное биение, несоосность и т. д.).

**Погрешности механической обработки подразделяются на систематические постоянные; систематические, изменяющиеся закономерно; случайные; грубые.** Систематические постоянные погрешности создаются погрешностями станка (например, смещением оси шпинделя по отношению к направляющим станины), погрешностями приспособления (например, биением оправки, погрешностями расположения отверстий в кондукторе, смещением упорных штифтов), погрешностями режущего и мерительного инструмента и т. д.

**Систематические погрешности, изменяющиеся закономерно, вызываются** непрерывным износом режущего инструмента или станка, изменением температуры и др.

**Под случайными погрешностями** понимаются непостоянные по значению и знаку погрешности, причину возникновения которых установить заранее не представляется возможным.

**Грубые погрешности** (или промахи) могут возникнуть как результат неправильной установки режущего инструмента либо неправильного использования мерительного инструмента и т. д.

При изготовлении деталей ошибки суммируются. Систематические постоянные погрешности суммируются алгебраически с учетом их знака, случайные погрешности суммируются по правилу квадратного корня:

$$\Delta = \pm \sqrt{K_1 \Delta_1^2 + K_2 \Delta_2^2 + K_3 \Delta_3^2 + \dots + K_m \Delta_m^2},$$

составляющие погрешности обработки, возникающие под действием различных технологических факторов;

где  $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_m$  — коэффициенты, зависящие от закона распределения составляющих погрешностей.

$K_1, K_2, K_3, \dots, K_m$  — при нормальном законе распределения  $K=1$ , при экспоненциальном (равной вероятности)  $K=1,7$ .

Общая погрешность обработки определяется по формуле

$$\Delta_o = \Delta_c \pm \Delta,$$

где  $\Delta_c$  — алгебраическая сумма систематических погрешностей.

Причины возникновения систематических погрешностей могут быть выявлены и устранены. Причины возникновения случайных погрешностей неизвестны, но может быть установлен закон распределения этих погрешностей. Поскольку размеры деталей, получаемые в результате механической обработки, зависят от погрешностей, то и размеры деталей являются величинами случайными (в известных пределах, зависящие от точности обработки).

Путем статистической обработки результатов измерений партии деталей (50—100 шт.) определяются закономерности появления деталей с различными отклонениями. Результаты измерений изображаются в виде кривых распределения размеров. Для кривых нормального распределения  $K=1$ . Кривые распределения размеров используются для определения экономической точности изготовления при различных методах обработки, выбора соответствующего метода обработки, определения изменений размеров изготавливаемых деталей в процессе эксплуатации станка и инструмента, определения процента возможного брака в различных производственных условиях.

**Для изготовления годных деталей необходимо выдержать условие**

$$\delta \geq \pm 3\sigma,$$

где  $\delta$  - допуск на изготовление детали;

$\sigma$  - среднее квадратическое отклонение от среднего значения диаметра  $D_{cp}$ .

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}}.$$

Здесь  $\Delta_1 = D_1 - D_{cp}$ ;  $\Delta_2 = D_2 - D_{cp}$ ; ...  $\Delta_n = D_n - D_{cp}$ ,  $D_1, D_2, \dots, D_n$  — действительные размеры.

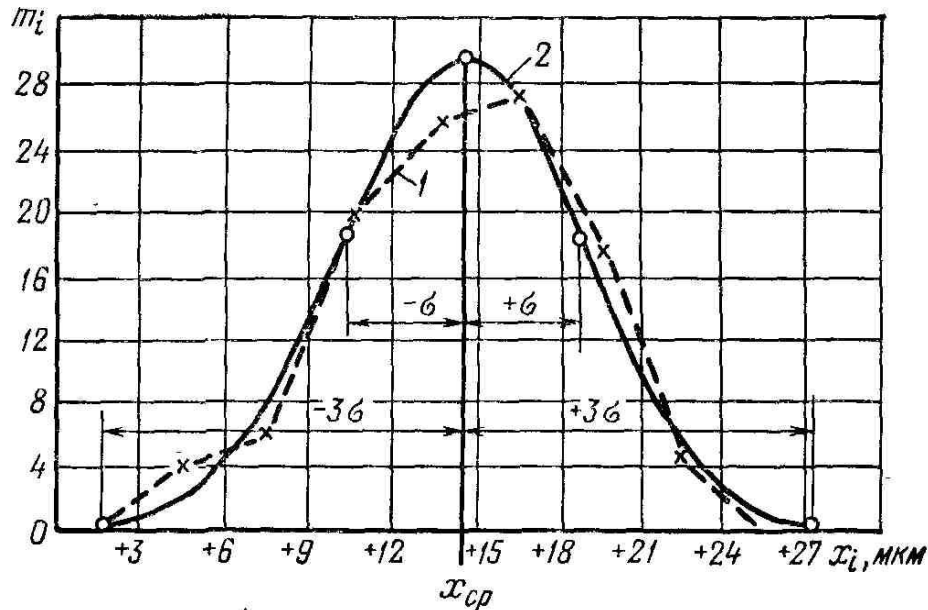


Рис. 3. Кривые эмпирического (1) и теоретического (2) нормального распределения отклонений от номинального размера:

$m_i$  — частота;  $x_i$  — отклонение от номинального размера;  $x_{cp}$  — среднее арифметическое значение отклонений.

В качестве примера на рисунке 3 показаны кривые нормального распределения, полученные при шлифовании отверстия в размер  $55^{+0,03}$  мм (при выборке 80 шт.).

### 3.2. Влияние различных технологических факторов на точность обработки

**Точность обработанной детали зависит от большого числа факторов; основные из них следующие:**

- 1) точность станка, приспособления, режущего и вспомогательного инструмента;
- 2) точность методов и средств измерений;
- 3) жесткость системы СПИД: станок — приспособление — инструмент — деталь (заготовка);
- 4) точность настройки станка;
- 5) погрешность заготовки;
- 6) погрешность установки заготовки на станке;
- 7) погрешности от деформаций, вызванных перераспределением внутренних напряжений;
- 8) температурные деформации инструмента, станка и заготовки.

**Точность станка. Различают геометрическую и кинематическую точность станка.** Геометрическая точность определяется при ненагруженном станке и медленном перемещении его частей. При проверке выявляются конусность, биение, износ и другие погрешности. Кинематическая точность станка (точность кинематических цепей) влияет на обеспечение точности шага резьбы, шага зубчатых колес, угла подъема винтовой линии и пр. По точности различают станки общего назначения и станки повышенной точности. Системой планово-предупредительного ремонта предусмотрено сохранение точности станков в процессе эксплуатации.

Погрешности станка отражаются на точности обработки деталей (биение шпинделя вызывает овальность у обтачиваемой детали, непараллельность оси шпинделя

направляющим станины — конусообразность и т. д.). Радиальное биение шпинделей токарных и фрезерных станков допускается в пределах до 0,01 — 0,015 мм, непараллельность оси шпинделя направлению движения суппорта на длине 300 мм в вертикальной плоскости — до 0,02—0,03 мм, а в горизонтальной — до 0,01—0,015 мм. При нагружении станка усилиями резания кинематическая неточность снижается вследствие одностороннего выбора зазоров в соединениях. По мере износа станка в процессе эксплуатации погрешности обработки увеличиваются.

**Точность приспособления.** Приспособления изготавливаются с учетом требуемой точности детали. **При обработке детали по 6—9 квалитетам допуски на точные размеры деталей приспособления назначают в пределах 1/2-1/3 допуска на размеры детали при более грубой обработке можно принимать 1/5—1/10 допуска.** Износ приспособлений приводит к дополнительным погрешностям обработки. Неточность установки приспособлений на станке также является причиной появления погрешностей при обработке.

**Точность режущего и вспомогательного инструмента.** Этот фактор сказывается как влиянием допусков на изготовление режущего инструмента (сверла, зенкеры, развертки, метчики, протяжки), так и в связи с износом инструмента в процессе работы. Точность и жесткость вспомогательного инструмента (державок, конусных переходных втулок, обеспечивающих центрирование инструмента) влияют и на точность обработки.

**Точность методов и средств измерений.** Контроль размеров изготавливаемых деталей при крупносерийном и массовом производствах осуществляется предельными калибрами. При мелкосерийном и единичном производствах обычно пользуются универсальным измерительным инструментом, применение которого требует более высокой квалификации рабочего, затрат большего времени на процесс измерения и создает условия для возникновения большей погрешности, чем применение предельных калибров. Погрешности при измерениях возникают в связи с неточностью самого измерительного инструмента в связи с возможными погрешностями отсчета и под влиянием колебаний температуры в цехе и температуры обрабатываемой детали.

**Измерительные средства должны выбираться с учетом допускаемых погрешностей измерений, которые находятся в пределах 1/3—1/4 допуска проверяемого размера для деталей 5—8 квалитетов, и 1/4—1/6 для деталей 9—16 квалитетов.**

**Жесткость системы СПИД.** Станок, приспособление, инструмент и деталь (заготовка) образуют систему, которая под действием сил резания упруго деформируется. Величина деформации зависит от силы резания и от жесткости системы. Неравномерное распределение припуска на поверхности заготовки, эксцентричное положение заготовки, неравномерная твердость обрабатываемого материала, большая длина детали и режущего инструмента способствуют увеличению деформации системы СПИД.

Часто в жесткости системы СПИД одно из звеньев играет решающую роль. Так, при обработке длинных валов жесткость токарного станка имеет второстепенное значение, решающим является прогиб заготовки. При фрезеровании цилиндрической фрезой и при обработке корпусных деталей на расточных станках жесткость деталей обычно велика, наибольший прогиб имеет оправка или бортштанга. При выполнении сверлильных работ жесткость сверла намного меньше жесткости детали. Жесткость системы СПИД часто является фактором,

ограничивающим режим обработки. С увеличением жесткости системы могут быть повышены производительность и точность обработки.

**Погрешности, возникающие в результате упругих деформаций системы СПИД, могут достигать 20—80% от суммарной погрешности обработки.**

Наиболее существенное влияние на размер обрабатываемой детали оказывают перемещения звеньев СПИД в направлении, нормальном к обработанной поверхности, которые в основном обусловлены действием радиальной составляющей силы резания  $P_y$ . Поэтому жесткостью системы СПИД принято называть отношение составляющей силы резания  $P_y$  к смещению лезвия инструмента  $U_c$  относительно детали, отсчитываемому по нормали к обработанной поверхности, при действии всех составляющих силы резания. Жесткость (в Н/мкм) определяется по формуле

$$\gamma_c = \frac{P_y}{U_c} .$$

Величина, обратная жесткости, называется податливостью  $w$  системы СПИД

$$w = \frac{1}{\gamma_c} .$$

и выражается в мкм/Н:

Для определения жесткости станка применяется так называемый производственный метод испытаний. С целью создания деформации станка при различных силах резания и определения зависимости между ними производится обтачивание заготовки со ступенчатым припуском. При этом используется система, в которой жесткость резца, центров или патрона и заготовки значительно превосходят жесткость станка.

Точность настройки станка. Обработка деталей может выполняться методом пробных проходов и методом автоматического получения заданного размера. В последнем случае размеры партии деталей получаются в результате предварительной настройки станка.

При обработке деталей методом автоматического получения размеров по мере износа инструмента изменяются и размеры деталей. Схема изменения размеров деталей в процессе работы станка с учетом износа режущего инструмента (без брака за время  $t$ ) показана на рисунке 4. Область, ограниченная кривой распределения действительных размеров детали при постоянном размере режущего инструмента, учитывает случайные погрешности. В связи с износом инструмента средний случайный размер при обработке валов смещается в сторону увеличения, при обработке отверстий — в сторону уменьшения.

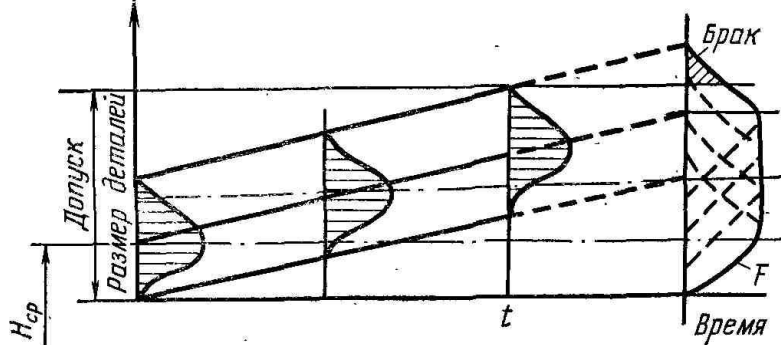


Рис. 4. Схема измерения размеров детали с учетом износа режущего инструмента:  
 $F$ —кривая суммарного распределения размеров в партии деталей при одной настройке

Предельные положения площадей, ограниченных кривыми распределения действительных размеров, определяются с учетом допуска.

Поэтому при обработке валов желательно настроить станок на средний случайный размер  $H_{cp}$ , расположенный близко к наименьшему предельному размеру, а при обработке отверстий — близко к наибольшему предельному размеру. При таких условиях износ инструмента будет вызывать изменение размера в сторону поля допуска и станок длительное время будет работать без поднастройки.

Степень приближения среднего случайного размера к предельно допускаемому определяется рассеиванием случайных размеров и допускаемым процентом брака. Чем больше допускаемый процент брака, тем дальше за пределы поля допуска можно сместить кривые рассеивания действительных размеров деталей. Процент возможного брака выражается площадью, образуемой участком кривой рассеивания, выходящим за пределы поля допуска.

Погрешность настройки станка зависит от погрешности регулирования положения режущего инструмента по лимбу или по жесткому упору и от погрешности применяемого при настройке измерительного инструмента. Так, погрешность при установке положения резца по лимбу составляет 10—15 мкм при цене деления лимба 0,02 мм и 15—30 мкм при цене деления 0,05 мм.

**Износ режущего инструмента в пределах нормальной зоны изнашивания пропорционален длине пути относительно поверхности резания и зависит от обрабатываемого материала, материала инструмента и условий обработки.**

Длина пути резания  $L$  (в м) до допускаемого износа инструмента определяется по формуле

$$L = \frac{1000 (h_{доп} - h_n)}{v_n} + l_n,$$

где  $h_{доп}$  — допускаемый износ инструмента (радиальный), мкм;

$h_n$  — начальный износ инструмента, характеризующийся завершением процесса его приработки, мкм;

$v_n$  — скорость изнашивания инструмента, определяемая тангенсом угла наклона линии нормального изнашивания на графике зависимости  $h=f(L)$ , мкм/1000 м;

$l_n$  — длина пути резания до завершения приработки заточенного инструмента, м.

Допускаемый износ резца может соответствовать моменту, когда необходимо произвести поднастройку станка с целью обеспечения заданного размера детали в пределах допуска, или моменту полного затупления резца и потери его режущей способности.

В первом случае определяется количество деталей, которое может быть обработано без поднастройки станка, во втором случае — количество деталей, обработанных до полного затупления инструмента

$$N = L/l_n,$$

где  $l_n$  — путь резания для одной детали;

$N$  — количество деталей, обработанных в пределах допускаемого износа  $h_{доп}$ . Погрешность заготовки. Погрешности формы и взаимного расположения поверхностей заготовки (смещения отверстий в отливках, перекосы плоскостей и т. д. увеличивают рассеивание размеров детали из-за появления неравномерных

припусков, которые вызывают переменные деформации элементов СПИД. В этом случае происходит копирование погрешности в определенном масштабе.

Погрешность закономерно уменьшается после каждого технологического перехода.

**Значение погрешности, вызываемое неравномерным припуском на обработку,** определяется по формуле

$$\Delta_c = Y_{\max} - Y_{\min} = w(P_{y \max} - P_{y \min}),$$

где  $Y_{\max}$  и  $Y_{\min}$  — наибольшая и наименьшая упругие деформации (отжатия) элементов системы СПИД.

**Погрешность установки заготовки на станке.** Эта погрешность вызывается действием нескольких факторов и определяется суммой погрешностей: базирования  $\Delta_b$  закрепления  $\Delta_z$  и приспособления  $\Delta_{пр}$ . В связи с тем, что указанные погрешности могут иметь различные направления в пространстве и носят случайный характер, их результирующая — погрешность установки — определяется по формуле

$$\Delta_y = \sqrt{\Delta_b^2 + \Delta_z^2 + \Delta_{пр}^2}.$$

Погрешность базирования  $\Delta_b$  возникает вследствие несовмещения установочной технологической базы с измерительной при обработке методом автоматического получения размера. Эта погрешность равна разности предельных расстояний между измерительной и установочной поверхностями в направлении выдерживаемого размера.

На рисунке 5 показана схема обработки уступа призматической детали при базировании по двум плоскостям. Если при обработке уступа заданы и выдерживаются размеры  $L$  и  $B$ , то погрешности базирования для этих размеров равны нулю, так как измерительные базы совпадают с установочными. Для размеров же  $C$  и  $D$  погрешности базирования имеют место, так как измерительные и установочные базы не совпадают. Для размера  $C$  погрешность базирования  $\Delta_b = b_n$  — допуску на размер  $H$ , для размера  $D$  погрешность базирования  $\Delta_b = b_E$  — допуску на размер  $E$ .

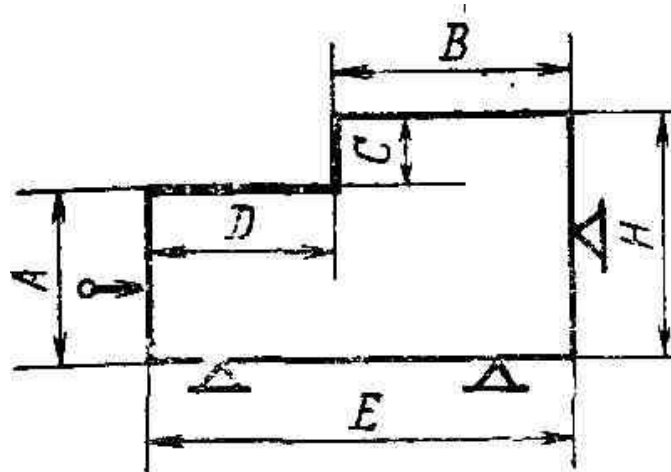


Рис. 5. Схема обработки уступа призматической детали при базировании по двум плоскостям.

На рисунке 6 показаны два варианта базирования поршня двигателя при растачивании отверстия в бобышке под поршневой палец режущим инструментом, предварительно настроенным на заданный размер. При обработке необходимо обеспечить точное получение размера  $h$ . Когда измерительная и установочная базы совпадают (рис. 6, а), погрешность базирования равна нулю. В ином случае (рис. 6, б)

размер  $h$  получается как разность размеров  $H-h$  и погрешность базирования равна допуску  $\delta_H$ .

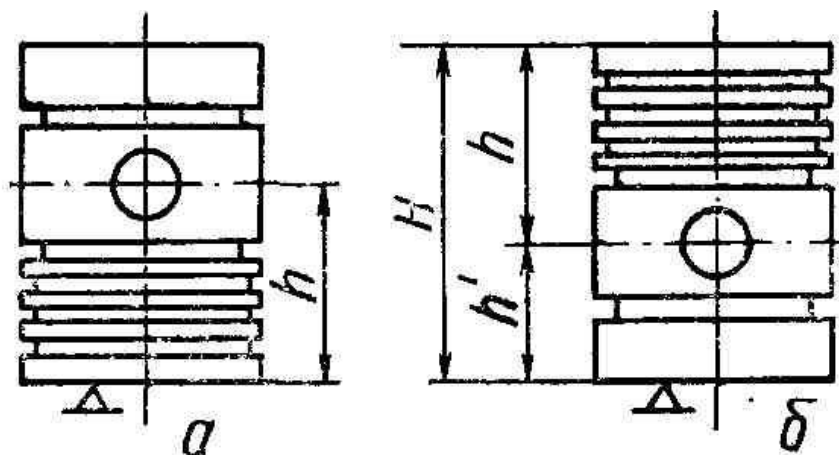


Рис. 6. Возможные варианты базирования поршня при растачивании отверстия под поршневой палец;

$a$  — измерительная и установочная базы совпадают;

$b$  — измерительная и установочные базы не совпадают.

При базировании детали на цилиндрической оправке (с упором в торец) с зазором (рис. 9) погрешность базирования численно равна половине зазора.

Погрешность базирования в совокупности с другими погрешностями не должна превышать допуска на размер детали (во избежание брака).

Погрешность закрепления  $\Delta_3$  определяется предельными положениями заготовки, вызываемыми действием зажимных сил. Она возникает в процессе закрепления заготовки в приспособлении в связи с колебанием значений контактных деформаций в стыке заготовка — опоры приспособления.

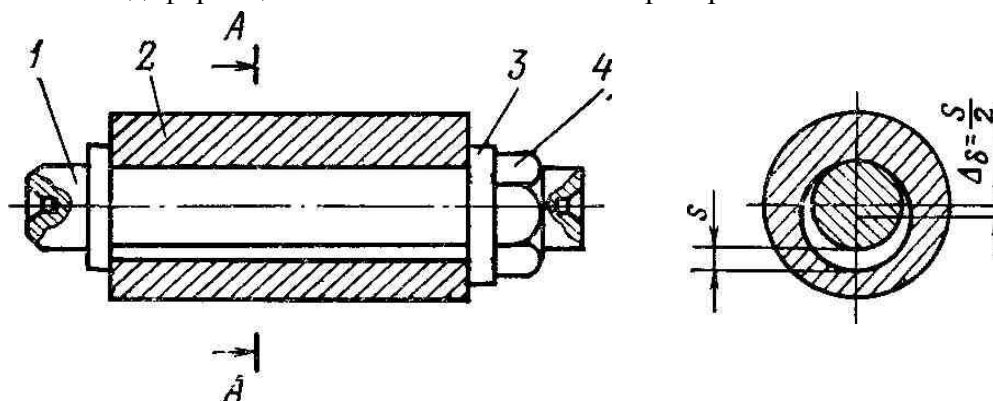


Рис. 7. Схема образования погрешности базирования при установке заготовки на цилиндрической оправке с зазором:

$s$  — зазор;  $\Delta_6$  — погрешность базирования;  $1$  — центровая цилиндрическая оправка;  $2$  — заготовка (втулка);  $3$  — быстросменная шайба;  $4$  — зажимная гайка.

Погрешность приспособления  $\Delta_{пр}$  возникает в результате неточности его изготовления и износа при эксплуатации. Она оказывает влияние на положение детали относительно режущего инструмента и на направление режущего

инструмента. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон допускает погрешность 0,05— 0,1 мм, зажимная цанга — 0,02—0,04 мм, цилиндрическая оправка — 0,005— 0,01 мм.

**Погрешности от деформаций, вызванных перераспределением внутренних напряжений**, возникают, если в обрабатываемой заготовке имеются остаточные напряжения, т. е. напряжения, существующие при отсутствии каких-либо внешних воздействий на заготовку. Остаточные напряжения появляются в процессе получения заготовок литьем, ковкой, штамповкой или прокаткой. Обычно эти напряжения взаимно уравниваются и внешне не проявляются. При нарушении равновесия, например, при снятии слоя металла происходит перераспределение остаточных напряжений, в результате чего заготовка деформируется. Для уменьшения остаточных напряжений в литых заготовках конструктивную форму детали разрабатывают с учетом создания условий равномерного остывания всех частей заготовки. Для ликвидации остаточных деформаций процесс обработки резанием разделяют на несколько операций с возможно большим интервалом времени между черновыми и чистовыми операциями. Для уменьшения остаточных напряжений в заготовках применяют искусственное или естественное старение металла.

**Температурные деформации инструмента, станка и заготовки** очень сложны и мало изучены. Они могут вызывать погрешности в 10—40% от суммарной погрешности. Под действием изменения температуры в элементах системы СПИД нарушается взаимное положение и размеры частей станка, заготовки и инструмента. Для уменьшения влияния температурных деформаций на точность обработки изготовление деталей особо точных станков производится в термоконстантных цехах.

Суммарная погрешность при механической обработке возникает в результате совокупного действия всех технологических факторов, создающих отдельные погрешности. В связи со случайным характером факторов, влияющих на значение и направление погрешностей, суммарная погрешность будет носить также случайный характер. Погрешности могут складываться, вычитаться или взаимно компенсироваться, поэтому часто результаты, полученные на основании аналитического метода расчета, не совпадают с экспериментальными данными.

В общем виде суммарную погрешность рассматривают как сумму отдельных погрешностей.

Выпуск годных деталей будет обеспечен при условии, что суммарная погрешность не приводит к получению размеров детали за пределами поля допуска ( $\Delta_z \leq \delta$ ).

### **3.3 Экономическая точность обработки**

При обработке на металлорежущих станках различают точность достижимую и точность экономическую для данного метода обработки и типа станка.

Достижимой называется максимальная точность, которая может быть получена при обработке заготовки без ограничения времени рабочим высокой квалификации. Достижение такой точности вызывает чрезмерно большие затраты, так как требует использования специальных приемов, особо тщательной подготовки режущего инструмента, повышенного внимания и большого опыта рабочего, поэтому с повышением точности обработки стоимость ее быстро возрастает.

Для каждого метода обработки существуют определенные пределы точности, которые ограничивают экономическую целесообразность его применения. Эти пределы зависят и от типа применяемого оборудования. На рисунке 8 показаны зависимости

стоимости обработки от допускаемой погрешности при разных методах обработки. Участки *A*, *B* и *C* определяют зоны экономической точности обработки для соответствующего метода.

Экономической называется точность при заданном методе обработки на рассматриваемом оборудовании рабочим соответствующей квалификации при обеспечении высокой производительности труда и стоимости обработки, не превышающей стоимости обработки при других возможных методах.

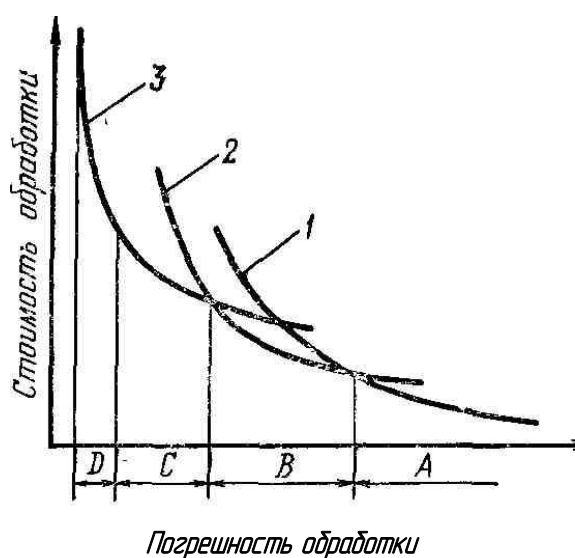


Рис. 8. Зависимость стоимости обработки от допускаемой погрешности при различных методах обработки отверстия:

1 — сверление; 2 — зенкерование; 3 — развертывание.

Зоны экономической точности: *A* - сверление; *B* - зенкерование; *C* - развертывание; *D* - достижимая точность при развертывании.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под размерной точностью, точностью формы и точностью взаимного расположения поверхностей.
2. Чем отличаются систематические погрешности от случайных?
3. Какое необходимо выдержать условие для изготовления годных деталей?
4. Что мы называем экономической точностью?

### Список литературы

#### Основная

1. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

Дополнительная

1. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
2. **Горбачевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
3. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.- М. «Машиностроение, 1960.

## Лекция №4 Базирование заготовок при обработке на станках

### 4.1. Основные понятия о базах

Перед обработкой должны быть осуществлены базирование заготовки и закрепление ее на станке.

**Базированием называется придание заготовке требуемого положения относительно системы координат станка.**

Закреплением называется приложение сил к заготовке для обеспечения постоянства ее положения, достигнутого при базировании. В качестве базы могут служить поверхность, сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке.

**По назначению базы подразделяются на конструкторские, технологические и измерительные:**

**Конструкторской** называется база, используемая для определения положения: детали или сборочной единицы в изделии. Конструкторские базы бывают основные и вспомогательные. Первые используются для определения положения самой детали в изделии, а вторые — для определения положения присоединяемого изделия.

**Технологической** называется база, используемая для определения положения заготовки в процессе ее обработки. **По лишаемым степеням свободы технологические базы подразделяются на установочные, направляющие и опорные:**

- **Установочная** база лишает заготовку трех степеней свободы — перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг двух других осей.
- **Направляющая** база лишает заготовку двух степеней свободы — перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.
- **Опорная** база лишает заготовку одной степени свободы — перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

**Измерительная** база служит для определения относительного положения измеряемой поверхности и отсчета размеров.

В зависимости от состояния поверхности заготовки технологические базы можно разделить на **черновые и чистовые**.

**Необработанные поверхности, используемые в качестве баз при выполнении первой операции, называются черновыми базами.** Их используют только один раз во избежание больших погрешностей при повторном применении. В качестве черновой базы желательно выбирать поверхности, остающиеся в готовой детали необработанными, или такие поверхности, при обработке которых снимается наименьший припуск. Тем самым обеспечивается более точное взаимное расположение обработанных и необработанных поверхностей.

**После выполнения первой операции в качестве технологических баз должны быть использованы чистовые базы — поверхности, обработанные на первой (второй, третьей) технологической операции.**

**Схема расположения опорных точек на базах заготовки называется схемой базирования.** Опорная точка символизирует одну из связей заготовки с выбранной системой координат.



Для обеспечения неподвижности заготовки необходимо наложить на нее шесть двусторонних геометрических связей в избранной системе координат (правило шести точек).

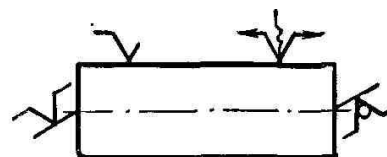
Выбранная схема базирования графически указывается на операционных эскизах технологических карт условными обозначениями опор и зажимов (ГОСТ 3.1107—73).

На рисунке 9 показаны базирование и закрепление призматической заготовки, установленной и зажатой в тисках с опорой на плоскость. Установочная база (внизу), направляющая база (слева) и скрытая база (опорная), создаваемая силой трения при зажатии, лишают заготовку всех шести степеней свободы.



Рис. 9. Базирование призматической заготовки, зажатой в тисках с опорой на плоскость.

 - Неподвижные опоры (штыри, пальцы, пластины и др.)  
 - Механический зажим







 Жесткий центр  
 Вращающийся центр  
 Поводковый патрон  
 Подвижный люнет

Рис. 10. Базирование цилиндрической заготовки, установленной в центрах,

На рисунке 10 показаны базирование и закрепление цилиндрической заготовки, установленной в центрах с применением упорного и вращающегося центров, поводкового патрона и люнета. Центровые гнезда на заготовке образуют две двойные направляющие базы, пятая степень свободы ликвидируется упором центрального гнезда заготовки в центр, а шестая — хомутиком, соединенным с заготовкой силами трения и упирающимся в поводковый патрон.

#### 4.2. Принципы постоянства базы и совмещения баз

При изготовлении детали часто выполняется большое число операций механической обработки, и на каждой из них возникают погрешности. В ряде случаев эти погрешности могут превышать допускаемые значения. Для **повышения точности применяют принцип постоянства базы и принцип совмещения баз.**

**Принцип постоянства базы заключается в том, что при возможно большем числе операций используется одна и та же база.** При этом на последующих операциях исключается влияние погрешностей взаимного расположения технологических баз на точность изготовления детали.

**Принцип совмещения баз заключается в том, что в качестве технологических баз используются конструкторские и измерительные базы. При этом исключается влияние погрешностей взаимного расположения технологических и конструкторских или измерительных баз на точность изготовления детали.**

Применение этих двух принципов создает условия для уменьшения погрешности при обработке.

### **4.3. Выбор баз**

**Правильно выбранная система баз должна обеспечить: требуемое положение заготовки при обработке, жесткое и надежное закрепление заготовки с учетом воздействия на нее сил и моментов резания, свободный доступ режущего инструмента к обрабатываемой поверхности и возможность выполнения необходимых измерений.**

**При выборе баз должны быть применены правило шести точек, принцип постоянства базы и принцип совмещения баз.**

Для надежной установки и закрепления заготовки опорные точки должны отстоять друг от друга достаточно далеко. При недостаточно жестких заготовках применяются дополнительные регулируемые опоры.

Наиболее точное базирование при обработке валов обеспечивают центровые гнезда на торцах вала. В качестве чистовых баз при обработке втулок, дисков, зубчатых колес, шкивов и других подобных деталей используются цилиндрические поверхности основных отверстий, при этом установка и закрепление заготовки на станке производится с помощью оправки.

Базирование корпусных деталей (блок цилиндров, коробка передач, корпус заднего моста) осуществляется с использованием плоскости и двух точно обработанных технологических отверстий на ней. В качестве установочной технологической базы обычно принимается плоскость наибольшей протяженности, являющаяся и конструкторской базой. Линейная и угловая ориентация заготовки на этой плоскости производится с помощью двух пальцев (цилиндрического и ромбического), закрепленных на приспособлении (установочной плите), которые входят в технологические отверстия при установке заготовки.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. В чем отличие конструкторской и технологической базы?
2. В чем заключается правило шести точек?
3. На чем основаны принципы постоянства и совмещения баз?

### **Список литературы**

#### **Основная**

1. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

Дополнительная

1. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
2. **Горбацевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
3. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.- М. «Машиностроение, 1960.

## Лекция №5 Качество обработанной поверхности

### 5.1. Понятие о качестве обработанной поверхности

Качество обработанной поверхности характеризуется точностью ее геометрических параметров и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Точность геометрических параметров определяется отклонением формы, отклонением расположения поверхности, шероховатостью и волнистостью. Под отклонением формы понимается отклонение формы действительной поверхности (или профиля) от формы номинальной поверхности (профиля), заданной чертежом. Она может оцениваться для цилиндрических поверхностей такими показателями, как некруглость, овальность, огранка, бочкообразность, конусообразность и другими; для плоских поверхностей — неплоскостностью и непрямолинейностью.

Отклонением расположения поверхностей детали называется отклонение от номинального расположения рассматриваемой поверхности, ее оси или плоскости симметрии относительно баз или отклонение от номинального взаимного расположения поверхностей. К основным видам отклонений расположения поверхностей относятся непараллельность и перекос осей, торцовое и радиальное биения и отклонение от соосности.

Точность геометрической формы и расположения поверхностей характеризуется предельными отклонениями, назначаемыми при наличии особых требований, предъявляемых условиями работы, изготовлением или измерениями деталей. Во всех остальных случаях отклонения формы и расположения поверхностей должны находиться в пределах поля допуска соответствующего размера.

Шероховатость поверхности — это совокупность неровностей, образующих микрорельеф поверхности детали. Она возникает главным образом вследствие пластической деформации поверхностного слоя заготовки при ее обработке из-за неровностей режущих кромок инструмента, трения, отрывания частиц материала от поверхности заготовки, вибрации заготовки и инструмента и т.п. Шероховатость поверхности влияет на эксплуатационные свойства деталей и узлов машин — износостойкость трущихся поверхностей, усталостную прочность, коррозионную устойчивость, сохранение натяга при неподвижных посадках и т. п. Требования к шероховатости поверхности устанавливаются, исходя из функционального назначения поверхностей деталей и их конструктивных особенностей.

Действующая система оценки шероховатости включает комплекс параметров профиля, способствует установлению обоснованных требований для поверхностей различного эксплуатационного назначения. При определении числовых значений шероховатости поверхности отсчет производится от единой базы, за которую принимается средняя линия профиля. Измерения ведутся в пределах базовой длины, т.е. длины участка поверхности, выбранного для измерения шероховатости без учета других видов неровностей (например, волнистости), имеющих больший шаг. Числовые значения базовой длины выбираются из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм. Количественно шероховатость поверхности оценивается средним арифметическим отклонением профиля  $R_a$ , высотой неровностей профиля  $R_z$  по 10 точкам, наибольшей высотой неровностей профиля  $R_{max}$ , средним шагом неровностей, относительной опорной длиной профиля  $t_p$  и другими параметрами. Числовые значения параметров шероховатости, типы направлений неровностей поверхностей (параллельное, перпендикулярное, кругообразное и др.) установлены стандартом (ГОСТ 2789—73). Выбор параметров шероховатости поверхности зависит от конструкции деталей и функционального назначения их поверхностей. Например, для трущихся поверхностей ответственных деталей устанавливаются Допустимые значения  $R_a$  (или  $R_z$ ),  $R_{max}$ ,  $t_p$ . Требования

к шероховатости поверхности указываются числовым значением (или диапазоном значений) одного или нескольких параметров и базовой длиной. Для неотчетливых поверхностей шероховатость определяется требованиями технической эстетики, коррозионной стойкости и технологией изготовления.

Так же, как и для точности обработки, существуют достижимая и экономическая шероховатости поверхности для каждого метода обработки. После приработки детали шероховатость поверхности изменяется по размеру, форме и направлению неровностей. Эти параметры шероховатости (эксплуатационной) обеспечивают минимальный износ и сохраняются в процессе длительной эксплуатации машины. Чем ближе начальные параметры шероховатости (технологической) к тем, какие образуются после периода приработки, тем меньше первоначальный износ деталей.

Волнистость поверхности занимает промежуточное положение между отклонениями формы и шероховатостью поверхности. Она проявляется в виде периодически повторяющихся возвышений с шагом, превышающим длину участка измерения шероховатости. Волнистость характеризуется высотой  $W_z$  и средним шагом  $S_w$ . Основное влияние на эксплуатационные качества поверхности оказывает высота волн.

В результате механической обработки на обработанной поверхности чаще всего образуется волнистость с высотой  $W_z$  в пределах 0,25—4 мкм и с шагом  $S_w$  до 10 мм.

Обычно волнистость не указывается на рабочих чертежах и учитывается допуском на размер.

Физико-механические свойства поверхностного слоя характеризуются микроструктурой поверхности, значением и знаком остаточных напряжений. Свойства поверхностного слоя отличаются от свойств основного металла потому, что при резании поверхностный слой подвергается пластическим и упругим деформациям и воздействию высоких температур. От физико-механических свойств поверхностного слоя зависят износостойкость, усталостная прочность и антикоррозионная стойкость детали.

## **5.2. Влияние технологических факторов на шероховатость поверхности**

Шероховатость поверхности зависит от метода и режима обработки, геометрии и качества режущего инструмента, свойств обрабатываемого металла и смазочно-охлаждающих жидкостей, способа закрепления заготовки, вибраций, возникающих при обработке. Наиболее существенное влияние на шероховатость оказывают подача и скорость резания. На резце может образовываться нарост, срывающийся и вновь образующийся и увеличивающий шероховатость.

При обработке заготовок из мягкой малоуглеродистой стали получается более шероховатая поверхность, чем на деталях из твердой стали с большим содержанием углерода. Повышение содержания серы (автоматные стали) способствует получению менее шероховатой поверхности. Стали, имеющие мелкозернистую структуру, обрабатываются лучше, чем крупнозернистые. Увеличение зазоров в подшипниках шпинделя станка, неуравновешенность вращающихся деталей привода и станка увеличивают шероховатость. Применение в качестве смазывающей охлаждающей жидкости масла, в особенности осерненного (сульфофрезол), значительно снижает шероховатость. Пониженная шероховатость образуется при точении стали на малых скоростях (5—10 м/мин) с резцами из быстрорежущей стали и с применением смазочно-охлаждающей жидкости, а также при больших скоростях резания (свыше 70 м/мин) при обработке сталей резцами, оснащенными пластинками твердого сплава. Точение на средних скоростях резания (20—50 м/мин) создает повышенную шероховатость главным образом в связи с образованием нароста на передней поверхности резца.

С увеличением подачи шероховатость возрастает. Глубина резания существенного влияния на шероховатость не оказывает. При обработке заготовок недостаточной жесткости и на изношенных станках шероховатость повышается в связи с вибрациями,

возникающими при резании. С целью понижения шероховатости применяются такие финишные операции, как суперфиниширование, хонингование и т. д. Высокий эффект дает применение поверхностного пластического деформирования путем накатывания шариками или роликами.

### 5.3. Выбор метода окончательной обработки и контроль качества обработанной поверхности

Метод окончательной обработки зависит от технических требований, предъявляемых к готовой детали (точность размеров, шероховатость поверхности, допускаемые отклонения формы и взаимного расположения поверхностей, твердость поверхностей). С учетом этих требований окончательным методом обработки может быть черновая, чистовая или финишная обработка.

Таблица 1. Экономические точность и шероховатость поверхности при различных видах обработки

Вид обработки	Квалитеты точности обработки	Шероховатость поверхности, мкм
<b>Обтачивание:</b>		
черновое	14-12	Rz =160-80
получистовое	13—11	Rz=80-20
чистовое	10—8	Rz=40—10
тонкое	8—6	Ra= 1,25—0,63
<b>Растачивание:</b>		
черновое	13-11	Rz=80—40
чистовое	10—8	Rz=20-10
тонкое	8-6	Ra=1,25—0,63
<b>Фрезерование:</b>		
черновое	13—11	Rz =80— 40
чистовое	10-8	Ra=1,25
<b>Сверление</b>	13—11	Rz=80—40
<b>Зенкерование</b>	11—10	Rz=40-20
<b>Развертывание:</b>		
черновое	10—8	Ra=2,5
чистовое	8—7	Ra= 1,25-0,63
<b>Протягивание:</b>		
черновое	11—10	Ra=2,5
чистовое	9-7	Ra= 1,25—0,63
<b>Шлифование:</b>		
черновое	10—8	Ra=2,5—1,25
чистовое	8-6	Ra= 1,25—0,63
<b>Хонингование:</b>		
черновое	9-7	Ra=2,5—0,63
чистовое	7-6	Ra=0,63—0,08
<b>Суперфиниширование</b>	6-5	Ra=0,63—0,16
<b>Притирка</b>	7—5	Ra=0,63—0,04
<b>Полирование</b>	7—5	Ra=0,63-0,02
Обкатывание, алмазное выглаживание	9—6	Ra=1,25—0,16

Черновой обработкой (точение, сверление, фрезерование) заканчивается изготовление поверхностей с шероховатостью  $Rz=80—20$  мкм и точностью обработки по 11—14 квалитетам.

Чистовая обработка (точение, фрезерование, зенкерование, развертывание, шлифование) применяется для получения поверхности с шероховатостью  $Ra$  от 2,5 до 0,8 мкм при 6—9 квалитетах точности.

При повышенных требованиях к точности и шероховатости поверхности после чистовой обработки выполняются финишные операции (тонкое шлифование, суперфиниширование, хонингование, полирование, притирка, выглаживание, накатывание и раскатывание).

Выбор метода окончательной обработки зависит также от размеров и формы детали.

Некоторые данные по выбору метода обработки приведены в таблице 1.

Контроль качества обработанной поверхности состоит из проверки шероховатости, твердости, отсутствия дефектов в виде микротрещин, прижогов и проверки отклонений формы и расположения поверхностей.

Шероховатость поверхности в производственных условиях проверяется сравнением с образцами шероховатости, обработанными тем же методом или при помощи специальных приборов.

Твердость поверхности определяется твердомерами или приборами ПМТ (для измерения микротвердости).

Ответственные детали подвергаются контролю на отсутствие микротрещин, для чего используются методы магнитной, цветной или люминесцентной дефектоскопии.

Контроль отклонений формы и расположения поверхностей осуществляется поэлементно с использованием универсальных измерительных средств (индикаторные головки, микрометры, щупы, поверочные линейки) и приспособлений (призмы, центры, цилиндрические контрольные оправки и скалки). Кроме того, могут быть использованы калибры и шаблоны.

Во многих случаях контролируемые параметры проверяются выборочно с учетом технологии применяемой обработки.

### Вопросы для самоконтроля

1. Чем можно охарактеризовать качество?
2. Как влияет СОЖ на шероховатость поверхности?
3. Чем осуществляется контроль взаимного расположения поверхностей?

### Список литературы

#### Основная

2. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

#### Дополнительная

4. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
5. **Горбацевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
6. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.- М. «Машиностроение, 1960.

## Лекция №6

### Проектирование технологических процессов механической обработки и основы технического нормирования

#### 6.1. Методы построения технологических процессов

**Основными задачами проектирования технологического процесса механической обработки являются установление методов и средств обработки с целью изготовления деталей соответствующего качества, удовлетворяющих требованиям чертежа и технических условий, при минимальных затратах и в установленные сроки.** Таким образом, должны быть соблюдены как технический, так и экономический принципы. Для оптимального решения разрабатываются различные варианты технологических процессов, из которых выбирается наиболее производительный и экономичный.

Технологические процессы разрабатываются при организации новых и реконструкции старых заводов и цехов, а также при получении заказов на производство новых изделий на существующих предприятиях.

При проектировании нового предприятия технологический процесс является основой для разработки проекта, приобретения оборудования, определения производственных площадей, количества и квалификации рабочих, назначения транспортных средств, установления себестоимости продукции и решения других технико-экономических и организационных вопросов.

При реконструкции предприятия на основе технологического процесса определяются возможность использования уже имеющегося оборудования, потребность в приобретении нового, необходимость изменения производственных площадей, состава рабочих и производится расчет технико-экономических показателей.

При подготовке к выполнению новых заказов по данным технологической документации устанавливаются: оборудование, подлежащее использованию, его нагрузка, специальности и квалификация рабочих, необходимая оснастка, себестоимость изделий и т. д.

Разработанные технологические процессы являются исходными материалом для календарного и оперативного планирования, технического контроля, организации снабжения, ведения инструментального хозяйства, загрузки транспортных средств. Данные технологического процесса используются для уточнения типа производства, определения размеров партий, метода изготовления заготовок, уточнения технических условий на их изготовление, определения такта выпуска изделий.

Технологические процессы разрабатываются отдельно на изготовление заготовок, механическую и термическую обработку, сборку узлов и машин, включая обкатку, окраску и испытания.

В зависимости от стадии разработки конструкторской и технологической документации различают проектный технологический процесс, выполняемый по предварительному проекту технологической документации, и рабочий, выполняемый по рабочей технологической и конструкторской документации. Метод организации технологического процесса может быть единичным или типовым. По степени детализации разработки различают маршрутную, поддетальную и операционную технологическую документацию.

При разработке технологических процессов придерживаются принципа концентрации либо дифференциации операций. В первом случае в одну операцию

включается возможно больший объем обработки; применяются станки со сложной настройкой, большим числом инструментов и приспособлений, многошпиндельные и многопозиционные станки. Во втором случае операции содержат простые и легко выполнимые работы с небольшим количеством технологических переходов; число операций, станков и рабочих мест при этом увеличивается.

Применение принципа концентрации операций позволяет осуществлять большой объем работ и выпуск большого количества продукции при использовании малых производственных площадей и при небольшом числе рабочих. Однако настройка станков и управление ими при этом усложняются. Требуются высококвалифицированные рабочие и хорошо организованное инструментальное хозяйство.

Применение принципа дифференциации операций дает возможность выполнения работы на простом оборудовании, при использовании рабочих низких квалификаций, но требует больших производственных площадей и большого числа рабочих. **При проектировании технологических процессов в единичном и мелкосерийном производстве рекомендуется следующее:**

1. применять заготовки с минимальными припусками;
2. применять скоростное и силовое резание с целью интенсификации процесса обработки;
3. использовать установочные и зажимные приспособления, позволяющие сократить вспомогательное время;
4. стремиться к максимальному сокращению обработки и сборки путем использования станочного оборудования;
5. применять групповую настройку станков, использовать переменнo-поточные и групповые поточные линии;
6. организовать обработку деталей на предметно-замкнутых участках.

**При проектировании технологических процессов в крупносерийном и массовом производстве рекомендуется:**

1. с учетом конструкции, размеров и материала деталей выбирать наиболее высокопроизводительный метод изготовления заготовки (горячая штамповка, изготовление на горизонтально-ковочных машинах, отливка в оболочковые формы, отливка под давлением и др.);
2. использовать принцип концентрации операций;
3. вести обработку одновременно несколькими инструментами на револьверных и агрегатных станках, многолезцовых полуавтоматах и многошпиндельных автоматах;
4. применять высокопроизводительный многолезвийный инструмент, оснащенный пластинками твердых сплавов;
5. использовать такие прогрессивные методы обработки, как протягивание, бесцентровое шлифование, накатывание резьбы, раскатывание отверстий и т.д.;
6. оснащать станки быстродействующими приспособлениями с пневматическими и гидравлическими зажимами, использовать многоместные приспособления;
7. стремиться к всемерной механизации слесарно-сборочных работ;
8. широко применять поточные и автоматические линии;
9. автоматизировать контроль размеров деталей на всех операциях технологического процесса.

## **6.2. Конструктивно-технологическая классификация деталей**

Для совершенствования методов разработки технологических процессов, типизации процессов, оборудования и оснастки детали машин группируются по конструктивно-технологическим признакам и подразделяются на классы. Классификация деталей позволяет свести их к определенному числу групп, для которых разрабатывается минимальное количество технологических процессов, причем представляется возможным широко использовать типовые технологические процессы.

Основоположником методов типизации технологических процессов и конструкторско-технологической классификации деталей является профессор А. П. Соколовский. Он предложил все детали разбить на 15 классов, которые, в свою очередь, разделить на подклассы, группы, подгруппы и виды. Внутри класса детали дифференцируются до такой степени, пока не окажутся настолько сходными, что на них может быть разработан типовой технологический процесс.

В различных отраслях машиностроения можно применять и другую классификацию деталей, учитывающую особенности номенклатуры выпускаемых изделий. В сельскохозяйственном машиностроении целесообразно использовать классификацию, предложенную профессором Ф.С. Демьянюком. Она содержит следующие шесть классов: круглые стержни, полые цилиндры, диски, корпусные детали, некруглые стержни и крепежные детали. В каждый из классов входят характерные типы деталей. Например, класс «круглые стержни» включает валы гладкие и ступенчатые, коленчатые, кулачковые, эксцентриковые, с фланцами, шестернями, фасонными поверхностями, оси, пальцы и др.

## **6.3. Типизация технологических процессов и групповые наладки станков**

Принцип типизации технологических процессов заключается в том, что на группу однотипных по конструктивно-технологическим признакам деталей (валы, шестерни и т.п.) разрабатывается один общий технологический процесс. Карта типового технологического процесса предусматривает соответствующие отличия в оснастке и нормах времени для каждой детали, входящей в рассматриваемую группу.

Типизация технологических процессов создает предпосылки для ускорения их разработки вплоть до автоматизации с применением вычислительной техники; при этом сокращаются объем разработки и количество технологических документов. Типизация дает возможность специализировать оборудование для выполнения узкого круга технологических операций, сократить номенклатуру применяемой технологической оснастки и уменьшить затраты на ее изготовление. Упрощается и организация работ по изготовлению деталей, создается возможность организации отдельных специализированных производств (цехов, заводов, комбинатов).

Основой для разработки типового технологического маршрута является «типовой представитель» группы деталей, обладающий наиболее характерными конструктивно-технологическими признаками, обработка которого требует наибольшего числа основных и вспомогательных операций, характерных для этой группы. Типовой технологический маршрут может быть использован при всех типах и формах организации производства.

Метод групповой наладки станков при обработке типовых деталей является одним из методов реализации типовых технологических процессов. Он предусматривает разработку одного технологического процесса и общей оснастки для группы деталей с

целью обработки их на одном и том же оборудовании. При группировании деталей, имеющих конструктивное и технологическое сходство, за основу принимается условная (либо реальная) комплексная деталь, которая содержит все геометрические элементы и поверхности, встречающиеся в деталях данной группы.

Каждый станок настраивается с учетом необходимости обработки всех деталей группы. При обработке одной партии деталей часть инструментов, установленных на станке, не используется и вводится в действие при обработке партии других деталей группы. Таким путем сокращается время на перенастройку станка при переходе с партии одних деталей на партию других. Метод групповой наладки станков экономически целесообразно применить в серийном производстве, когда на станке обрабатываются партии различных деталей. В массовом производстве на станке обрабатываются одна-три детали, и длительное время нет необходимости его перенастраивать. В мелкосерийном производстве, когда партии деталей не повторяются, применение групповой наладки станков нецелесообразно.

#### **6.4. Основы технического нормирования. Техническая норма времени и ее составляющие элементы**

Задача технического нормирования — установление технически обоснованных норм времени на выполнение технологических операций. Технические нормы времени должны иметь прогрессивный характер, предусматривать рациональное использование оборудования и оснастки, применение высокопроизводительных режимов резания и приемов труда. Технически обоснованные нормы времени способствуют повышению производительности труда и улучшению организации производства.

Норма штучного времени, т. е. времени, необходимого для обработки детали на данной технологической операции, определяется по формуле

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_v + t_{об} + t_{от},$$

где  $t_o$  — основное технологическое время, затрачиваемое непосредственно на резание;

$t_v$  — вспомогательное время, затрачиваемое на установку, закрепление и снятие заготовки и на действия, связанные с обеспечением выполнения работ в течение перехода: подвод и отвод инструмента или заготовки, смену инструмента, управление станком, производство измерений;

$t_{об}$  — время на организационное и техническое обслуживание рабочего места;

$t_{от}$  — время на перерывы в работе для отдыха и личных надобностей. В норме штучного времени объединяют следующие элементы:

$t_o + t_v = t_{оп}$  — оперативное время;

$t_{об} + t_{от} = t_{доп}$  — дополнительное время.

Дополнительное время определяется в процентах от оперативного:

$$t_{доп} = (t_o + t_v) \frac{K_d}{100},$$

где  $K_d$  — число процентов, оценивающее долю дополнительного времени.

В тех случаях, когда в связи со сменой работы необходимо ознакомиться с новыми чертежами, технологическими картами, получить инструмент, приспособления, произвести переналадку станка, принять участие в производственном инструктаже на рабочем месте и по завершении обработки сдать технологическую оснастку и обработанные заготовки (единичное и мелкосерийное производства), на партию

деталей для этой цели выделяется подготовительно-заключительное время  $t_{пз}$ , а оплата стоимости технологической операции производится исходя из штучно-калькуляционного времени  $t_{шк}$  определяемого по формуле

$$t_{ш.к} = t_{ш} + \frac{t_{п.з}}{N},$$

где  $N$ — число деталей в обрабатываемой партии.

На основании нормы времени определяется норма выработки, представляющая собой число деталей, которое должно быть обработано в единицу времени. Различают норму выработки в час и норму выработки в смену, которые определяются по формулам

$$Q_{ч} = \frac{60}{t_{ш}}; \quad Q_{см} = \frac{60 T_{см}}{t_{ш}},$$

где  $T_{см}$  — продолжительность рабочей смены в часах.

В купносерийном и массовом производствах широкое применение находит многоинструментная обработка, которая способствует высокой производительности труда. Особенности ее заключаются в том, что режимы резания

могут ограничивать жесткость заготовки и Что необходимо обеспечить достаточно большой период стойкости всего режущего инструмента. При определении нормы времени для многоинструментальной обработки основное технологическое время рассчитывается по времени рабочего хода лимитирующего суппорта.

При многостаночной работе, когда обработка ведется одновременно на нескольких станках, учитывается суммарное неперекрывающееся время в течение одного цикла многостаночной работы. Циклом многостаночной работы называется период времени, в течение которого выполняются периодически повторяющиеся работы на всех станках, обслуживаемых одним рабочим. Если на каждом станке обрабатывается по одной заготовке, то в течение цикла изготавливается количество деталей, равное числу обслуживаемых станков. Расчет нормы времени производится на основании данных предварительно построенной циклограммы многостаночной работы, в которой последовательно указывается чередование основного и вспомогательного времени (перекрываемого и неперекрываемого) на каждом из работающих станков.

## 6.5. Определение элементов штучного времени

**Основное технологическое время** (в мин) определяется расчетом по общей формуле

$$t_o = \frac{L_p i}{ns},$$

где  $L_p$  — расчетная длина хода с учетом пути врезания и выхода инструмента, мм;  $i$  — число рабочих ходов;

$n$  — частота вращения (детали или режущего инструмента), об/мин;  $s$  — подача (детали или режущего инструмента), мм/об;  $ns$ — минутная подача или скорость перемещения инструмента в направлении подачи, мм/мин. Расчетная длина прохода состоит из трех элементов:

$$L_p = L + l_1 + l_2,$$

где  $L$  — длина обрабатываемой поверхности;  $l_1$  — длина пути врезания;  $l_2$  — длина выхода инструмента.

При применении метода обработки, для которого основное технологическое время не может быть определено расчетом (хонингование, притирка, шевингование, шабрение, ручное опилование и т.п.), значение  $t_o$  устанавливается экспериментально или на основании заранее подготовленных нормативов с учетом длины, диаметра или площади обрабатываемой заготовки, предъявляемых технических требований на обработку (точность, шероховатость поверхности и пр.) и припуска.

**Вспомогательное время** — это время, затрачиваемое на установку и снятие заготовки и на действия, связанные с технологическим переходом. Время на установку, выверку, закрепление и снятие заготовки назначается с учетом объема и характера выполняемой работы, размеров станка, массы и размеров заготовки по нормативам, принятым в отрасли. Так, при выполнении токарных работ на установку и закрепление заготовки массой 3—10 кг может назначаться следующее время в зависимости от способа установки:

- в центрах с хомутиком 0,3—0,6 мин
- в трехлачковом патроне 0,6—2,2 »
- в центрах с люнетом 1,4—5,5 »
- на планшайбе 2—7,5 »

На вспомогательный ход инструмента при обработке на токарных станках с высотой центров 200 мм затрачивается такое время:

- обтачивание по 9 качеству точности ...
- обтачивание по 11 качеству точности ...
- снятие фасок-0,07 »
- нарезание резьбы резцом-0,04 »
- нарезание резьбы метчиком или плашкой -0,2 »
- сверление и центрование-0,6 »

При работе на сверлильных станках со сверлом диаметром до 12 мм вспомогательное время на вспомогательный ход принимается равным:

- сверление по разметке-0,16 мин
- сверление по кондуктору-0,14 »
- рассверливание-0,12 »
- развертывание-0,14 »

**Время на техническое и организационное обслуживание рабочего места** (дополнительное время), определяемое в процентах от оперативного времени, назначается с учетом характера выполняемой работы. Для работ с большой затратой физической силы и для работ, требующих тщательного внимания, напряжения и сосредоточенности, значение  $t_{дон}$  выше, чем для работ простых, с большой долей машинного времени, когда обработка ведется автоматически (обтачивание длинных валов, фрезерование больших площадей). При расчете  $t_{дон}$  обычно принимают;  $K_d=7—10\%$  в крупносерийном и массовом производствах;  $K_d=6—8\%$  в серийном и мелкосерийном производствах.

**Подготовительно-заключительное время** назначается на партию обрабатываемых заготовок для ознакомления с предстоящей работой, на чтение чертежа и получение инструктажа от мастера, наладку оборудования (перенастройку станка), смену приспособлений, получение из инструментальной кладовой комплекта режущего инструмента, выполнение пробной работы и т.п. Подготовительно-заключительное время зависит от типа станка и характера работы.

При обработке на токарных станках с высотой центров 200 мм может назначаться такое подготовительно-заключительное время:

простая настройка (изготовление болтов, гаек, втулок, гладких валиков) 5 мкм  
настройка средней сложности (изготовление ступенчатых валиков, фланцев) 10 »  
сложная настройка (обработка корпусных деталей) 14 »

Подготовительно-заключительное время при обработке на сверлильных станках и установке:

в трехкулачковом патроне 4 мин, в тисках 5 мин.,  
в приспособлении с креплением к столу 8 »  
на столе без крепления 2 »  
на столе с креплением 4 »

### **6.6. Методы определения нормы времени**

Требования к точности определения нормы времени на операцию зависят от типа производства. Наиболее точно определяется норма времени на операцию при массовом производстве, менее точно при серийном и приближенно при единичном и мелкосерийном с широкой номенклатурой работ.

Определение норм времени на операцию может производиться следующими методами:

расчетно-аналитическим методом, который применяется для станочных и сварочных работ при крупносерийном и массовом производствах; технические нормы времени определяются на основе расчетных данных основного технологического времени с учетом обоснованных норм вспомогательного времени;

исследовательским методом — для работ, выполняемых вручную (слесарно-сборочные, кузнечные и др.); технически обоснованные нормы времени определяются на основе данных хронометража и фотографии рабочего процесса;

методом сравнения, применяемым при единичном и мелкосерийном производствах; нормы времени определяются путем сравнения с другой подобной работой, на которую имеется технически обоснованная норма времени;

опытно-статистическим методом, при использовании которого норма времени определяется на основе опыта нормировщика с учетом результатов выполнения других аналогичных работ; метод является неточным и может привести к ошибкам.

При разработке технологических процессов механической обработки применяется расчетно-аналитический метод определения нормы времени, которая считается технически обоснованной. На некоторых финишных операциях (доводка, шевингование и некоторые другие) принимаются нормы времени по укрупненным показателям с использованием метода сравнения. Таким же методом определяется норма времени на работы, выполняемые при изготовлении экспериментальных образцов, сборке и разборке экспериментальных машин и т.д. Во многих случаях такие работы выполняются рабочими с повременной оплатой труда.

Для уточнения некоторых элементов технологического процесса и технической нормы времени на производстве проводится исследование, включающее хронометраж, фотографию рабочего процесса и фотографию рабочего дня. Хронометраж представляет собой исследование продолжительности отдельных элементов производственного или технологического процесса и рабочего времени при многократном их выполнении. Осуществляется с целью установления технически обоснованных

норм времени, их уточнения и совершенствования. При хронометраже изучаются элементы оперативного времени.

Фотография рабочего процесса (фотохронометраж) служит для анализа всех элементов рабочего времени — как оперативного, так и подготовительно-заключительного. Она охватывает длительное время производственного процесса без его повторения. Используется для обоснования норм рабочего времени в единичном и мелкосерийном производствах и изучения режима работы крупных агрегатов и рабочих бригад, обслуживающих эти агрегаты.

Фотография рабочего дня служит для изучения структуры рабочего времени в течение рабочего дня. В результате изучения потерь рабочего времени устраняются недостатки в организации производства. Данные фотографий рабочего дня применяются для установления норм подготовительно-заключительного времени.

Помимо исследовательских методов расчета норм времени, существуют также упрощенные методы с использованием технических норм времени на типовые детали и операции. Для этой цели составляются таблицы или графики норм на часто встречающиеся детали или элементы деталей (гладкие и ступенчатые валы, болты, шпильки, кольца, зубчатые колеса, поршни поршневые пальцы и пр.).

Непроизводительные затраты времени рабочего, вызванные организационно-техническими неполадками, нарушениями производственной дисциплины, неудовлетворительным материально-техническим снабжением, не входят в норму времени и оформляются соответствующими документами.

### Вопросы для самоконтроля

1. На чем основаны принципы концентрации и дифференциации операций технологического процесса?
2. Поясните преимущества принципа типизации технологических процессов.
3. Назовите составляющие штучного времени.
4. Перечислите методы определения норм времени на операции технологического процесса механической обработки деталей.

### Список литературы

#### Основная

3. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

#### Дополнительная

7. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
8. **Горбацевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
9. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.- М. «Машиностроение, 1960.

## Лекция №7 Технологичность конструкции деталей и машин

### 7.1. Понятие о технологичности конструкций

**Технологичность конструкций — параметр, оценивающий машину (деталь) по возможности оптимального использования материалов, средств и времени при ее изготовлении и ремонте.**

При оценке технологичности решаются следующие задачи: снижение массы и стоимости применяемых материалов, снижение трудоемкости обработки деталей и сборки машины, возможности использования средств механизации и автоматизации, использование стандартных и унифицированных деталей и элементов конструкций (резьб, шлицев, шпонок, и т. д.), уменьшение номенклатуры деталей, повышение ремонтпригодности, доступность узлов, агрегатов, машин для регулирования и их замены.

**Технологичность конструкций обеспечивается применением следующих принципов:** простота конструкции, малое число составляющих деталей и узлов; простые формы деталей и минимальная материалоемкость, максимальная унификация, нормализация и стандартизация деталей и узлов; возможность применения простых заготовок с минимальными припусками, использование проката, штамповок и т.д.; применение высокопроизводительных технологических процессов механической обработки; отсутствие завышенных требований к точности изготовления деталей и шероховатости поверхности; простота и экономичная сборка узлов и машины в целом. Все эти принципы должны использоваться без снижения качества машины, ее экономичности и надежности (долговечности и безотказности).

### 7.2. Показатели оценки технологичности

Технологичность конструкции может оцениваться с помощью основных и дополнительных показателей. К основным показателям относятся технологическая себестоимость и трудоемкость изготовления деталей и сборки машины. Технологическая себестоимость  $C_T$  определяется по формуле

$$C_T = C_M + C_3 + C_{ц.р},$$

где  $C_M$ —стоимость материалов;

$C_3$  — заработная плата производственных рабочих с начислениями;  $C_{ц.р}$  — цеховые расходы на электроэнергию, амортизацию оборудования, инструмента, приспособлений, на смазочные, охлаждающие и другие материалы, обслуживание и ремонт.

Трудоемкость изготовления изделия определяется суммой трудоемкостей составляющих элементов изделия и выражается в нормо-часах.

Для оценки технологичности однотипных конструкций при наличии базовой модели можно использовать следующие относительные показатели технологичности. Уровень

$$K_{y.o} = \frac{C_T}{C_{б.т}},$$

технологичности по технологической себестоимости где  $C_m$  — технологическая себестоимость рассматриваемого изделия;  $C_{б.т}$  — технологическая себестоимость базового изделия. Уровень технологичности по трудоемкости изделия

$$K_{y.t} = \frac{T_{и}}{T_{б.и}},$$

где  $T_{и}$  — трудоемкость изготовления рассматриваемого изделия;  $T_{б.и}$  — трудоемкость изготовления базового изделия.

Экономичное использование материала в машине может оцениваться двумя показателями: конструктивной материалоемкостью и технологической материалоемкостью. Первым показателем определяются затраты конструктивных материалов на единицу мощности или производительности, вторым — устанавливается степень использования материала заготовки при изготовлении детали.

Конструктивная (удельная) материалоемкость машины, выраженная в кг/кВт,

$$M_k = \frac{M_{и}}{N},$$

где  $M_{и}$  — масса машины;  $N$  — мощность машины.

Чем меньше  $M_k$ , тем технологичнее конструкция.

Для оценки технологической материалоемкости детали может применяться коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{m_d}{m_z},$$

где  $m_d$  — масса детали;  $m_z$  — масса заготовки.

Технологичность конструкции зависит и от степени соответствия ее технологическим возможностям производства, степени использования стандартных, нормализованных и унифицированных деталей и сборочных единиц и др.

Под стандартизацией понимается обобщение конструктивных решений, зафиксированных в государственных стандартах.

Нормализация представляет собой обобщение конструктивных решений в виде внутривозводских и ведомственных нормалей.

Под унификацией понимается обобщение конструктивных решений без оформления специальной документации.

Использование стандартных, нормализованных, унифицированных деталей позволяет сократить объем проектирования, трудоемкость и себестоимость изготовления.

Важнейшим показателем технологичности конструкции сельскохозяйственных машин является их ремонтпригодность. Ремонтпригодность оценивается доступностью для технического обслуживания, удобством разборки и сборки при ремонте, легкостью замены изнашиваемых деталей и механизмов, наличием технологических баз, необходимых для восстановления исходных координат при ремонте, ограниченностью типоразмеров крепежных деталей, подшипников и номенклатуры слесарно-сборочного инструмента, приспособленностью детали к восстановлению путем применения прогрессивной технологии.

### 7.3. Методы достижения технологичности конструкций

Технологичность конструкций достигается оптимальными решениями на всех этапах ее разработки. Снижение себестоимости обеспечивается применением дешевых

исходных материалов, минимальной стоимостью получения заготовки и ее обработки. Стоимость материала заготовки можно снизить применением заготовок минимально необходимых размеров с минимальными припусками на обработку и материалов простых, доступных и дешевых марок.

Для получения минимальной массы конструкций в ряде случаев используются сварные или штампованные заготовки и конструкции, отливки по выплавляемым моделям и пр. Число сварных элементов и длина сварных швов должны быть минимальными.

Снижение трудоемкости (и себестоимости) механической обработки достигается применением деталей простых форм с участками, легко доступными для механической обработки.

При конструировании деталей желательно свести к минимуму необходимую площадь обрабатываемой поверхности, предусмотреть возможность обработки на проход, четко разграничить обрабатываемые и необрабатываемые поверхности и т.д.

Везде, где это необходимо, должны быть предусмотрены проточки для выхода шлифовального круга, канавки или сбеги резьбы для резьбонарезного инструмента, радиусы закруглений (галтели), фаски и т.д. Во многих случаях правильные конструктивные решения позволяют упростить обработку отдельных элементов деталей или использовать более простую заготовку. Так, наличие буртов на валах вызывает увеличение диаметра заготовок (а гладкие валы могут изготавливаться из калиброванного материала). Наличие в деталях глухих отверстий большого диаметра и длины затрудняет изготовление заготовок и их обработку, применение в этом случае съемных заглушек или крышек позволяет в качестве заготовок использовать трубы. Обработку площадок и бобышек разной высоты выполнить сложнее, чем обработать те же элементы, расположенные на одном уровне. Вместо зенковки (цековки) гнезд под гайки и головки болтов на фланцах целесообразно применять проточку.

Применение унифицированных деталей и их элементов позволяет удешевить обработку путем применения типовых технологических процессов и укрупнения партий обрабатываемых деталей.

Себестоимость сборки и разборки целиком определяется конструкцией машины, ее сборочных единиц. Конструктивные решения, принимаемые при разработке конструкций, должны предусматривать возможность Удобной установки деталей в сборочные единицы и последующей сборки машины. Замена узлов или быстро изнашиваемых деталей должны выполняться без дополнительного снятия большого числа деталей (сборочных единиц) машины, Замена прокладок и сальниковых колец, набивка сальников, заправка смазочными материалами, регулировочные работы должны производиться без применения сложных приспособлений и инструментов и по возможности быстро и без привлечения персонала высокой квалификации.

Широкое применение унифицированных, нормализованных и стандартизованных деталей и комплектующих изделий снижает себестоимость машины и делает более доступным ее техническое обслуживание и ремонт.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что понимается под технологичностью детали?
2. Назовите показатели технологичности.
3. Перечислите основные методы повышения технологичности конструкций.

## Список литературы

### Основная

4. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

### Дополнительная

10. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
11. **Горбацевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
12. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.- М. «Машиностроение, 1960.

## Проектирование технологических процессов механической обработки деталей

### 8.1. Исходные данные для проектирования

Для проектирования технологического процесса требуются следующие исходные данные.

1. Рабочие чертежи детали и сборочной единицы, в которую она входит, с подробными данными о форме и размерах детали, с указанием допусков и посадок и шероховатости поверхности.

2. Технические требования на изготовление детали, определяющие требования точности и качества обработки, а также возможные особые требования (твердость, структура материала, термическая обработка, балансировка, подгонка по массе, гидравлические испытания: и т.д.).

3. Программное задание и срок, в течение которого должна быть выполнена программа выпуска деталей.

4. Данные о наличии оборудования или о возможностях его приобретения.

При проектировании технологических процессов для действующих или реконструируемых заводов должны быть подготовлены данные об имеющемся оборудовании, размерах производственных площадей и данные о других местных производственных условиях.

При разработке технологических процессов используются типовые технологические процессы, справочные и нормативные материалы (каталоги и Паспорта оборудования, альбомы приспособлений, стандарты и нормалы на режущий и измерительный инструмент, нормативы по точности, шероховатости поверхности, расчету припусков, режимам резания и техническому нормированию, тарифно-квалификационные справочники) и другие вспомогательные материалы.

Перед разработкой технологического процесса должен быть выполнен технологический контроль, т.е. рабочие чертежи должны быть проверены на обеспеченность их необходимыми данными о размерах деталей и их элементов, материале и его свойствах, допусках и посадках, шероховатости поверхности, допускаемых отклонениях формы и расположения поверхностей и т.д. Контролируется также соответствие конструкции деталей требованиям технологичности при изготовлении их в условиях и при возможностях данного производства. Технологический контроль требует от технолога знаний о служебном назначении деталей и условиях их работы в узлах машины. Необходимые конструктивные изменения, связанные с повышением технологичности деталей, вносятся в чертежи только конструктором.

### 8.2. Порядок разработки технологических процессов

После технологического контроля производится проектирование технологических процессов механической обработки деталей машины. Все детали, входящие в программу цеха, классифицируются и группируются по конструктивно-технологическим признакам. Выделяются детали массового, серийного и мелкосерийного производств. Для каждой детали устанавливается соответствующая организационная форма производства. Определяются такт выпуска и размер партии изготавливаемых деталей и устанавливается вид организации технологического процесса (единичный, типовой). Выбирается вид заготовки, рассчитываются или назначаются припуски на обработку и устанавливаются размеры исходной заготовки. Составляется рациональная последовательность выполнения технологических операций — технологический маршрут обработки. Подбирают станки для выполнения отдельных операций. Определяются способы установки и закрепления заготовки и уточняется в связи с этим технологический маршрут проведения операций. Выбираются универсальные приспособления и намечаются принципиальные схемы работы

специальных приспособлений. Формулируются задания на проектирование специальных приспособлений.

Операции разделяются: на технологические и вспомогательные переходы — определяется структура операций. Устанавливаются межоперационные припуски и допуски. Выбираются тип и размер инструмента и разрабатываются эскизы конструкции и размеры специальных инструментов. Устанавливаются режимы резания для всех технологических переходов. Определяются технические нормы времени на операции и разряд работы на каждой операции. Рассчитываются технико-экономические показатели технологического процесса. Выбирается оптимальный вариант технологического процесса из числа конкурирующих. Оформляется технологическая документация.

При разработке технологических процессов должны быть учтены возможности применения скоростных режимов резания, поточных методов обработки, групповой наладки оборудования, многостаночного обслуживания, многоместных приспособлений и других способов повышения производительности труда.

### **8.3. Разработка маршрутной технологии**

Маршрутная технология разрабатывается и оформляется с применением маршрутных технологических карт, в которых перечисляются технологические операции, приводятся данные о заготовках, необходимом оборудовании, приспособлениях и специальном инструменте. Нормы времени принимаются приближенно по опытно-статистическим данным (определяются на основании опыта или сравнения). Маршрутная технологическая карта может снабжаться эскизом детали, изображенной в окончательно обработанном виде.

Технологический маршрут определяет последовательность выполнения операций. Операции, требующие снятия больших объемов металла — больших припусков, выполняются в начале обработки, чистовые — в конце.

Разделение операций на черновые и чистовые и выполнение черновых (обдирочных) работ в начале обработки объясняется рядом причин. После снятия больших слоев металла могут быть обнаружены скрытые ранее дефекты заготовки в виде раковин, рыхлостей, трещин, твердых включений и т. д. В результате удаления с заготовки большого слоя металла, особенно поверхностного слоя с литой коркой, происходит перераспределение внутренних напряжений и последующее коробление заготовки. Для проявления этих деформаций необходим некоторый промежуток времени.

При черновой обработке на заготовку действуют значительные силы резания, что приводит к упругим деформациям детали, ее нагреву и пластическому деформированию поверхностного слоя. При чистовой обработке коробление и упругие деформации обычно незначительны.

Разделение операций на черновые и чистовые позволяет специализировать станки и предотвратить загрузку высокоточных станков обдирочными работами, что удлиняет срок службы этих станков.

Первыми выполняются операции по обработке основных базовых поверхностей (опорных, установочных), используемых в дальнейшем как опорно-установочные или измерительные базы. Сначала производятся черновые токарные, фрезерные и протяжные работы, а затем сверление, зенкерование, развертывание и чистовая обработка. Последними идут финишные операции, обеспечивающие высокую точность и малую шероховатость поверхности после термической обработки деталей, если она предусмотрена (тонкое шлифование, хонингование, суперфиниширование, доводка, притирка и т. д.).

### **8.4. Разработка операционной технологии**

Операционная технология разрабатывается при крупносерийном и массовом производстве и оформляется в виде операционных технологических карт — для каждой операции заполняется отдельная операционная технологическая карта. Карта содержит все

данные, необходимые для реализации приведенного в ней технологического процесса. Операционная технология включает карты эскизов и схем, на которых заготовки изображаются в таком виде, какой они принимают после выполнения данной операции. Могут быть приведены и эскизы обработки детали по переходам.

Сначала разрабатывается технологический маршрут обработки детали, т.е. последовательность выполнения операций и перемещения детали по станкам, а затем для каждой операции устанавливается структура технологического процесса данной операции, т.е. порядок выполнения переходов.

При разработке операционной технологии предоставляется возможность наиболее полно учесть все особенности выполняемой операции, тщательно подготовить данные для применения прогрессивных методов обработки, режущего и измерительного инструмента и технически обоснованных норм времени.

Очень важно выбрать и точно зафиксировать режущий и измерительный инструмент. Конструкция, формы и геометрия режущего инструмента определяются его назначением, а материал режущей части подбирается в зависимости от материала заготовки, режимов резания (мощности станка), характера производства и некоторых других факторов (многоинструментальная обработка и т.п.). При обработке мягких сталей и цветных сплавов можно пользоваться резцами из быстрорежущей стали. Обработка твердых и прочных сталей, стальных отливок, поковок и штамповок производится инструментом, оснащенным пластинками твердых сплавов марок Т5К10, Т15К6, Т30К4. При обработке отливок из серого чугуна и бронзы применяются твердые сплавы ВК8 и ВК6. Для чистовой обработки закаленных чугунных гильз используются инструменты, оснащенные пластинками твердого сплава марки ВК2 или ВК3М. Сверла, зенкеры, развертки и фрезы изготавливаются из быстрорежущей стали или оснащаются пластинками твердого сплава. Фрезерные головки для торцевого фрезерования, как правило, оснащаются твердыми сплавами.

Обозначение режущего инструмента на технологических картах должно содержать информацию, достаточную для использования его в производстве и планировании и для правильного ведения инструментального хозяйства.

Выбор измерительного инструмента производится с учетом размеров и формы детали, качества точности и посадки. Конструкция инструмента должна обеспечивать получение размеров с требуемой по чертежу точностью. В серийном и массовом производствах должны быть использованы предельные калибры.

Специальный режущий и измерительный инструмент, установочные и контрольные приспособления записываются с указанием номера чертежа (условно).

## **8.5. Технологическая документация**

Технологическая документация служит основой для обеспечения технологической дисциплины на производстве. Она должна содержать все данные, необходимые для реализации разработанных технологических процессов, изложенные в краткой форме, четких и ясных выражениях, не допускающих разночтений.

Технологическая документация регламентируется системой стандартов ЕСТД (Единая система технологической документации), которая является составной частью Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). ЕСТД представляет собой комплекс стандартов, устанавливающих порядок разработки, оформления, комплектации и обращения технологической документации, разрабатываемой и применяемой в производстве всеми машиностроительными организациями и предприятиями.

В соответствии с ЕСТД технологическая документация подразделяется на два вида — предварительный проект технологического процесса и рабочую технологическую документацию. Предварительный проект технологического процесса разрабатывается при составлении эскизного или технического проекта конструкции. Он предназначается для проверки технологичности конструкции изделия на стадиях эскизного и технического проектов конструкторской документации, а также для подготовки и разработки рабочей

документации. Предварительный проект содержит: специальные технологические процессы и их перечень; типовые технологические процессы и их перечень; технические задания на разработку специального технологического оборудования и оснастки и их перечень; технологические инструкции и их перечень.

Рабочая документация представляет собой совокупность документов (карт, ведомостей, инструкций), содержащих все данные, необходимые для изготовления и контроля изделий.

Степень детализации технологического процесса и набор технологических документов зависят от типа производства и особенностей тех конкретных условий, в которых осуществляется изготовление машины. Ниже приведено содержание некоторых технологических документов.

Маршрутная карта содержит описание технологического процесса изготовления и контроля детали по всем операциям в их технологической последовательности, включая все виды технологического процесса (литье,ковка,штамповка,механическая обработка,термическая обработка и т.д.), выполняемые в различных цехах предприятия. В картах приводятся данные об оборудовании, оснастке, специальностях, квалификации рабочих и нормах времени на выполнение операций. Перечень технологических операций, приведенных в карте, образует технологический маршрут изготовления детали. Операции нумеруются арабскими цифрами в возрастающем порядке. Операции, выполняемые до механической обработки, могут нумероваться отдельно римскими цифрами. В зависимости от типа и характера производства применяются различные формы маршрутных карт.

Операционная карта разрабатывается на отдельную операцию и содержит все данные, необходимые для выполнения работ на этой операции. Операция расчленяется на переходы, которые записываются в повелительном наклонении (обточить, сверлить и т.д.) и нумеруются арабскими цифрами. Карта содержит данные о заготовке: материал, масса, твердость и др. В карте указываются оборудование (станок), приспособление, режущий, измерительный и вспомогательный инструмент и приводятся все параметры режима резания. В карту включаются также все составные части технической нормы времени, профессия и разряд рабочего, расценка и норма выработки.

Карта эскизов содержит эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода. В карте эскизов должны быть указаны данные, необходимые для выполнения технологического процесса (размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости поверхностей, технические требования и т.д.). Обрабатываемые поверхности детали обводятся сплошной линией толщиной от 25 до 35 (S — толщина линии). На эскизах все обрабатываемые поверхности нумеруются арабскими цифрами. Номер поверхности проставляется в окружности диаметром 6—8 мм и соединяется с размерной линией. При этом размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности в содержании операции (перехода)

не указываются, например «обточить поверхность в размер Q», «расточить отверстие в размер ©». Нумеровать поверхности следует в направлении движения часовой стрелки.

Карта технологического процесса механической обработки содержит описание процесса обработки детали по всем операциям, выполняемым в одном цехе, и их технологической последовательности. Приводятся данные об оборудовании, оснастке, заготовке, разряд работы и норма времени.

Технологическая инструкция содержит описание специфических приемов работы или методики контроля технологического процесса, правила пользования оборудованием и приборами, а также описание физико-химических процессов, происходящих при отдельных операциях.

Кроме карт и инструкций, в число технологических документов входит ряд ведомостей: ведомость (перечень) оснастки, необходимой для выполнения данного технологического процесса; ведомость материалов, включающая данные о заготовках, нормах расхода материала; ведомость технологических документов, определяющая состав и комплектность документов, необходимых для изготовления детали, и др.

#### 4.6. Технико-экономические показатели технологического процесса

Технико-экономические показатели являются основой при решении вопросов о выборе варианта технологического процесса. Из возможных должен приниматься технологический процесс, обеспечивающий наименьшую себестоимость изделия. Снижение себестоимости достигается повышением эффективности использования оборудования, рабочего времени и рациональной организацией производства.

К основным технико-экономическим показателям относятся технологическая себестоимость и трудоемкость изготовления изделия. По этим показателям оценивается не только эффективность технологического процесса, но и технологичность конструкции (см. п. 3.2).

Для оценки и анализа эффективности использования металлорежущего оборудования применяются коэффициент использования станка по основному технологическому времени  $\eta_0$  и коэффициент загрузки оборудования по времени  $\eta_3$ .

Коэффициент использования станка по основному технологическому времени определяется формулами:

для крупносерийного и массового производств

$$\eta_0 = \frac{t_0}{t_{ш}}$$

для единичного, мелкосерийного и среднесерийного производств

$$\eta_0 = \frac{t_0}{t_{ш.к}}$$

где  $t_0$  — основное технологическое время;  $t_{ш}$  — штучное время;  $t_{ш.к}$  — штучно-калькуляционное время. Чем выше значение коэффициента  $\eta_0$ , тем эффективнее используется оборудование.

Коэффициент загрузки станка по времени определяется по формуле

$$\eta_3 = \frac{n_p}{n_d}$$

где  $n_p$  — расчетное количество станков;  
 $n_d$  — действительное количество станков.

Расчетное количество станков определяется по формулам:

для крупносерийного и массового производств

$$n_p = \frac{\sum t_{ш}}{F_d}$$

для единичного, мелкосерийного и среднесерийного производств

$$n_p = \frac{\sum t_{ш.к}}{F_d}$$

где  $2t_m$  и  $2t_{ш.к}$  — суммарное значение соответственно

штучного и штучно-калькуляционного времени при обработке деталей в объеме годовой программы на станках рассматриваемого типа;  $F_d$  — действительный годовой фонд времени работы станка, определяемый по формуле  $F_d = F_H K$ ;  $F_H$  — номинальный годовой фонд времени работы станка;  $K$  — коэффициент использования оборудования. При пятидневной рабочей неделе продолжительностью 41 ч (8-часовой рабочий день) и при 260 рабочих днях в году принимаются: для односменной работы  $F_H = 2070$  ч, при  $K = 0,98$   $F_d = 2030$  ч; для двухсменной работы  $F_H = 4140$  ч, при  $K = 0,97$   $F_d = 4015$  ч; для трехсменной работы  $F_H = 6210$  ч, при  $K = 0,96$   $F_d = 5960$  ч. Действительное количество станков  $n_d$  определяется на основе расчета  $n_p$  путем округления полученного значения до ближайшего большего целого числа.

## 8.6. Проектирование технологической оснастки. Классификация приспособлений

Дополнительные устройства, предназначенные для установки и закрепления заготовок (деталей) при выполнении технологических операций обработки, сборки и контроля, называются приспособлениями. Приспособления, применяемые для закрепления режущего инструмента, называются вспомогательным инструментом.

В зависимости от области использования приспособления образуют следующие группы: станочные; вспомогательный инструмент; контрольные; слесарно-сборочные.

Станочные приспособления подразделяются на токарные, фрезерные, сверлильные и др. По степени специализации различаются универсальные, универсально-групповые, универсально-сборные и специальные приспособления.

Универсальные приспособления применяются в единичном, мелкосерийном и среднесерийном производствах. К ним относятся тиски, трехкулачковые патроны, делительные головки, поворотные столы и т. п.

Универсально-групповые приспособления предназначаются для серийного производства и комплектуются из двух частей: универсальной (постоянной) и сменной.

Сменные части (кулачки, упоры, цанги и т.п.) подбираются в соответствии с формой и размерами обрабатываемых заготовок. Переналадка производится при переходе к обработке партии других заготовок.

Универсально-сборные приспособления (УСП) собираются из нормализованных узлов и деталей. В комплект УСП входят базовые, опорные, направляющие, установочные, прижимные и крепежные детали. Приспособление образуется путем соединения различных элементов УСП в зависимости от вида обработки, формы и размеров заготовки. УСП применяются в мелкосерийном и среднесерийном производствах.

Специальные приспособления предназначаются для выполнения только определенных операций обработки, сборки или контроля конкретных деталей или сборочных единиц. В связи с высокой стоимостью и трудоемкостью этих приспособлений их целесообразно использовать в условиях крупносерийного и массового производств. Они обеспечивают высокую производительность труда путем сокращения вспомогательного времени и повышения точности обработки.

По степени механизации и автоматизации приспособления делятся на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические.

По источнику энергии приводы приспособлений подразделяются на пневматические, гидравлические, магнитные, электромеханические, вакуумные и центробежно-инерционные.

Во всех случаях, когда это экономически целесообразно, должны применяться принадлежности станка (приспособления, постоянно находящиеся на станке) и универсальные приспособления, имеющиеся на производстве. Специальные приспособления проектируются и изготавливаются тогда, когда их применение экономически оправдано или технически необходимо.

Установка заготовки на приспособлении в требуемом положении может осуществляться по разметке, с выверкой относительно отверстия или наружной цилиндрической поверхности, по цилиндрической поверхности без выверки или по упорам. Во всех случаях установки и закрепления заготовки на приспособлении действует правило шести точек.

## 8.7. Технический и экономический расчеты приспособлений

Приспособление должно обеспечивать правильное базирование и надежное закрепление заготовки, точное направление режущего инструмента, быть достаточно прочным и долговечным, приносить экономический эффект. Для выполнения этих требований производятся следующие расчеты приспособлений: геометрический; силовой; расчет на точность; расчет на прочность и жесткость; расчет экономической эффективности.

Геометрический расчет предусматривает проверку правильности расположения опор и упоров, зажимов, кондукторных втулок, выполнения правила шести точек. Проверяется возможность беспрепятственной установки и снятия заготовки, возможность движения поворотных деталей: откидных крышек, поворотных планок, отсутствие на их пути каких-либо препятствий в виде головок болтов, приливов, бобышек и т. д. Уточняются размеры и расположение элементов, базирующих приспособление на станке, - направляющих шпонок, опорных штифтов, центрирующих выточек. При использовании призматических, регулируемых или самоустанавливающихся опор проверяются их размеры, чтобы подтвердить правильность расположения заготовки как по высоте, так и в горизонтальной плоскости. Необходимо обратить внимание и на общие формы приспособления с позиций технической эстетики.

Силовой расчет приспособления служит для проверки возможности закрепления заготовки и сохранения ее неподвижного положения во время действия сил резания (иногда инерционных сил) и определения необходимых усилий на рукоятках ручного зажима или штоках проводов. По значениям этих усилий затем определяются размеры силовой части привода (диаметр поршня, мембраны и т. д.) с учетом давления рабочей среды. Силовой расчет приспособлений производится на основе уравнений статики, с учетом действия сил и моментов резания и коэффициента запаса  $K=1,5—2$ . Расчет приспособления на прочность и жесткость ведется с учетом размеров отдельных элементов приспособления и действующих сил. Цель расчета — проверка размеров, исключающих поломку деталей и возникновение чрезмерных деформаций под действием сил зажима и сил резания.

Экономический расчет приспособления предназначен для выявления экономической целесообразности его изготовления и определения годовой экономии при его использовании.

Применение приспособления целесообразно, если выдержано условие

$$\mathcal{E} > C_n$$

где  $\mathcal{E}$  — годовая экономия от применения приспособления без учета затрат на его эксплуатацию;

$C_n$  — годовые затраты на изготовление и эксплуатацию приспособления.

Годовая экономия (в руб.) определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (t_{ш} - t_{ш \cdot np}),$$

где  $t_{ш}$  — штучное время при обработке детали без приспособления или с использованием универсального приспособления, мин;  $t_{ш \cdot np}$  — штучное время при обработке детали с применением проектируемого приспособления, мин;  $C_ч$  — стоимость станко-часа рабочего места, коп/ч;  $N$  — годовая программа, шт. Экономический эффект от применения приспособления определяется как разность между годовой экономией и годовыми затратами на приспособление:

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E} - C_n.$$

Разработка проекта приспособления включает следующие этапы.

1. Изучение технической характеристики станка, его паспортных данных, определение типа и размеров посадочных мест приспособления.
2. Определение метода базирования с учетом выбранных базовых поверхностей.
3. Вычерчивание заготовки с необходимым числом проекций в таком виде, в каком она поступает на выполнение данной операции. Контур заготовки изображается тонкими красными или черными линиями. Заготовка в первой проекции изображается в рабочем положении, какое она занимает при обработке на станке. На поверхностях, подлежащих обработке, указывается припуск, и они обводятся жирными линиями.
4. Уточнение рабочих положений инструментов, размеров и направлений их перемещений, направлений сил резания и сил зажима.
5. Вычерчивание элементов приспособления для направления режущего инструмента — кондукторных и направляющих втулок и т. п.
6. Вычерчивание установочных, центрирующих и опорных элементов (неподвижные и подвижные опоры, упоры и т. п.).
7. Выбор конструкций зажимных и вспомогательных инструментов приспособления (винты, клинья, рычаги и пр.) и изображение их на чертеже.
8. Вычерчивание корпуса приспособления с необходимым числом проекций и разрезов и уточнение всех элементов приспособления, проверка удобства установки, снятия и зажима заготовки и удаления стружки.
9. Изготовление чертежа общего вида приспособления. На чертеже должны быть нанесены координатные и основные размеры с отклонениями, зависящими от размеров обрабатываемых заготовок и определяющими точность обработки, наладочные размеры, габаритные и посадочные размеры приспособления.

### 8.8. Проектирование режущего и измерительного инструмента

В технологических картах указывается нормализованный и специальный режущий инструмент. Нормализованный режущий инструмент (резцы, сверла, метчики и пр.) комплектуется из имеющегося на производстве или приобретается, а на специальный режущий инструмент составляются рабочие чертежи, по которым он затем изготавливается.

К специальному режущему инструменту относятся фасонные резцы и фрезы, удлиненные и ступенчатые сверла, зенкеры и развертки, комбинированные инструменты, например сверло-зенкер, зенкер-развертка и т. д. Дисковые фасонные резцы и фасонные фрезы при угле резания  $\beta=90^\circ$  имеют в диаметральном сечении профиль, соответствующий профилю сечения обработанной поверхности заготовки. При угле резания меньше  $90^\circ$  требуется корректировка профиля инструмента.

При проектировании протяжек выбирается схема резания зубьями протяжки (профильная, генераторная,

прогрессивная и др.). Назначаются рабочие участки протяжки, геометрия зубьев различных участков, рассчитывается шаг зубьев, обеспечивающий размещение стружки между зубьями протяжки. Поперечное сечение протяжки рассчитывается на прочность с учетом действия возможной силы резания.

Проектируемый режущий инструмент целесообразно оснащать пластинками твердых сплавов, марки которых выбираются в зависимости от назначения инструмента и области его применения.

Примеры чертежей режущего инструмента приведены на рисунках 24 и 25. Подавляющее большинство измерительных инструментов представляет собой или универсальные средства (микрометр, штангенциркуль, линейка, индикаторная скоба и т. д.), или предельные калибры-пробки и скобы. В этих случаях измерительный инструмент не проектируется, а подбирается из имеющегося на предприятии или приобретается.

В отдельных случаях необходимо применение специального инструмента, на который составляются рабочие чертежи. К такому инструменту относятся фасонные шаблоны, линейные скобы, круглые скобы больших диаметров, поверочные приспособления, контрольные скалки и т. д.

При проектировании специального измерительного инструмента учитываются его назначение, контролируемые размеры и качество точности. Специальный измерительный инструмент проектируется по принципу предельных калибров или оснащается индикаторными устройствами.

При проверке взаимного расположения отверстий или плоскостей в корпусных деталях возникает необходимость проектирования сложных контрольных приспособлений со съемными контрольными скалками и индикаторными устройствами. Проектные решения принимаются в каждом отдельном случае в зависимости от конструкции и технических требований к обрабатываемой детали.

### Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите исходные данные для проектирования технологических процессов.
2. В каких случаях разрабатывается маршрутная технология, а в каких - операционная?
3. Назовите основные документы технологического процесса?
4. Перечислите основные этапы проектирования приспособлений.

### Список литературы

#### Основная

1. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

#### Дополнительная

2. **Горбачевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
3. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансероv.- М. «Машиностроение, 1960.

### Библиографический список

4. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
5. **Некрасов, С.С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2004. - 359 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6
6. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4
7. **Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения** : учебное пособие / В. А. Абрамов [и др.] ; ред. В. А. Абрамов. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2003. - 272 с. - ISBN 5-7011-0378-1
8. **Технология пищевого машиностроения** : метод. указ. к лаб. работам для студ. вузов по спец.: 110303 "Механизация переработки с.-х. продуктов", 260602 "Пищевая инженерия малых предприятий" / СГАУ ; сост.: Ж. И. Альшин, В. В. Чекмарев. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2011. - 100 с.
9. **Горбачевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред.- Минск : Высшая школа, 1983.
10. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.- М. «Машиностроение, 1960.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	<b>3</b>
<b>Лекция №1. Теоретические основы технологии машиностроения</b> .....	<b>4</b>
1.1. Изделия машиностроительного производства .....	4
1.2. Производственный и технологический процессы.....	4
Вопросы для самоконтроля. ....	7
Список литературы. ....	8
<b>Лекция №2. Технологические характеристики типовых заготовительных процессов</b> .....	<b>9</b>
2.1. Виды заготовок и их характеристика .....	9
2.2. Исходные данные для выбора заготовки .....	10
2.3. Припуски на механическую обработку.....	11
2.4. Методы определения припусков.....	11
2.5. Проектирование заготовок .....	12
Вопросы для самоконтроля. ....	15
Список литературы. ....	15
<b>Лекция №3. Точность механической обработки</b> .....	<b>16</b>
3.1. Погрешности обработки и их классификация. ....	16
3.2. Влияние различных технологических факторов на точность обработки. ....	18
3.2. Экономическая точность обработки.....	24
Вопросы для самоконтроля. ....	25
Список литературы. ....	25
<b>Лекция №4. Базирование заготовок при обработке на станках</b> .....	<b>27</b>
4.1. Основные понятия о базах.....	27
4.2. Принципы постоянства базы и совмещения баз.....	28
4.2. Выбор баз.....	29
Вопросы для самоконтроля. ....	29
Список литературы. ....	29
<b>Лекция №5. Качество обработанной поверхности</b> .....	<b>31</b>
5.1. Понятие о качестве обработанной поверхности.....	31
5.2. Влияние технологических факторов на шероховатость поверхности .....	32
5.3. Выбор метода окончательной обработки и контроль качества обработанной поверхности. ....	33
Вопросы для самоконтроля. ....	34

Список литературы .....	34
<b>Лекция №6. Проектирование технологических процессов механической обработки и основы технического нормирования.....</b>	<b>35</b>
6.1. Методы построения технологических процессов .....	35
6.2. Конструктивно-технологическая классификация деталей.....	37
6.3. Типизация технологических процессов и групповые наладки станков .....	37
6.4. Основы технического нормирования. Техническая норма времени и ее составляющие элементы .....	38
6.5. Определение элементов штучного времени .....	39
6.6. Методы определения нормы времени .....	41
Вопросы для самоконтроля.....	42
Список литературы.....	42
<b>Лекция №7. Технологичность конструкции деталей и машин .....</b>	<b>43</b>
7.1. Понятие о технологичности конструкций .....	43
7.2. Показатели оценки технологичности .....	43
7.3. Методы достижения технологичности конструкций .....	44
Вопросы для самоконтроля.....	45
Список литературы.....	46
<b>Лекция №8. Проектирование технологических процессов механической обработки деталей.....</b>	<b>47</b>
8.1. Исходные данные для проектирования .....	47
8.2. Порядок разработки технологических процессов .....	47
8.3. Разработка маршрутной технологии .....	48
8.4. Разработка операционной технологии .....	48
8.5. Технологическая документация .....	49
8.6. Проектирование технологической оснастки. Классификация приспособлений .....	52
8.6. Технический и экономический расчеты приспособлений .....	53
Вопросы для самоконтроля.....	55
Список литературы.....	55
Библиографический список.....	56