

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Технология сельскохозяйственного машиностроения

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 «Агроинженерия»**

**Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Лекция №1</b> Технологическая подготовка производства: основные понятия и определения.....	4
<b>1.2 Лекция №2</b> Проектирование технологических процессов механической обработки.....	12
<b>1.3 Лекция №3</b> Выбор заготовок и методов их изготовления.....	18
<b>1.4 Лекция №4</b> Расчет операционных припусков вала.....	23
<b>1.5 Лекция №5</b> Основы технического нормирования.....	28
<b>1.6 Лекция №6</b> Расчет операционных режимов резания.....	30
<b>1.7 Лекция №7</b> Технологическая документация и её оформление.....	35
<b>1.8 Лекция №8</b> Типы и организационные формы производства.....	41
<b>1.9 Лекция №9</b> Изготовление деталей рабочих органов и трансмиссий сельскохозяйственных машин.....	45
<b>1.10 Лекция №10</b> Технологичность конструкций машин и деталей.....	48
<b>1.11 Лекция №11</b> Базы и базирование заготовок.....	60
<b>1.12 Лекция №12</b> Жесткость и податливость технологической системы: станок – приспособление – инструмент – деталь.....	66
<b>1.13 Лекция №13</b> Систематические и случайные погрешности механической обработки.....	72
<b>1.14 Лекция №14</b> Методы сборки. Сборка типовых узлов и механизмов.....	81
<b>1.15 Лекция №15</b> Технология сборки сельскохозяйственных машин.....	85
<b>1.16 Лекция №16</b> Проектирование технологической оснастки.....	88
<b>1.17 Лекция №17</b> Технологический анализ производства.....	93
<b>1.18 Лекция №18</b> Производственные системы механической обработки и сборки.....	99
<b>2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>101</b>
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1</b> Составление схем технологических процессов изготовления типовых деталей (валы, зубчатые колеса, корпусные детали).....	101
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2</b> Проектирование групповых технологических процессов.....	103
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3</b> Определение типа производства по исходным данным.....	105
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-4</b> Выбор исходных заготовок.....	106
<b>2.5 Лабораторная работа № ЛР-5</b> Расчет операционных припусков.....	112
<b>2.6 Лабораторная работа № ЛР-6</b> Расчет приближенных норм времени при работе на металлорежущих станках.....	121
<b>2.7 Лабораторная работа № ЛР-7</b> Определение норм времени при работе на металлорежущих станках.....	122
<b>2.8 Лабораторная работа № ЛР-8</b> Технологическая документация и ее оформление. Проектирование штампованных поковок.....	124
<b>2.9 Лабораторная работа № ЛР-9</b> Проектирование отливок из металлов и сплавов.....	130
<b>2.10 Лабораторная работа № ЛР-10</b> Выбор варианта маршрута обработки с учетом оценки трудоемкости технологических операций.....	133
<b>2.11 Лабораторная работа № ЛР-11</b> Выбор варианта маршрута обработки с учетом оценки трудоемкости технологических операций.....	133
<b>2.12 Лабораторная работа № ЛР-12</b> Определение жесткости токарного станка.....	135
<b>2.13 Лабораторная работа № ЛР-13</b> Определение погрешности обрабатываемой детали при точении в патроне.....	139
<b>2.14 Лабораторная работа № ЛР-14</b> Температурные деформации токарного резца... ..	141
<b>2.15 Лабораторная работа № ЛР-15</b> Оценка точности обработки построением	

кривых распределения действительных размеров.....	142
<b>2.16 Лабораторная работа № ЛР-16</b> Влияние параметров резания на шероховатость обработанной поверхности.....	146
<b>2.17 Лабораторная работа № ЛР-17</b> Составление технологических схем сборки изделий сельскохозяйственного машиностроения.....	148
<b>2.18 Лабораторная работа № ЛР-18</b> Расчет технико-экономических показателей технологического процесса (коэффициент загрузки станка, коэффициент использования оборудования по основному времени и др.....	151

# **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

## **1.1 Лекция №1 (2 часа)**

**Тема: «Технологическая подготовка производства: основные понятия и определения» (Интерактивная форма)**

### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1.1 Введение в предмет «технология машиностроения»

1.2 Производственный и технологический процессы. Основные понятия и определения.

1.3 Типы и организационные формы производства

### **1.1.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1.1 Введение в предмет «технология машиностроения»**

Введение. Содержание и сущность предмета «Технология машиностроения», его задачи, связь с другими предметами. В природе существует ничтожно малое количество предметов, которые может использовать человек непосредственно без преобразования.

Поэтому человек приходится приспосабливать предметы природы для удовлетворения своих потребностей. Современный человек стремится преобразования предметов природы выполнять с помощью машин. В природе существует ничтожно малое количество предметов, которые может использовать человек непосредственно без преобразования. Поэтому человек приходится приспосабливать предметы природы для удовлетворения своих потребностей.

Современный человек стремится преобразования предметов природы выполнять с помощью машин.

Человеческое общество постоянно испытывает потребности в новых видах продукции, либо в сокращении затрат труда при изготовлении освоенной продукции. Эти потребности могут быть удовлетворены с помощью новых технологических процессов и новых машин. Таким образом, стимулом к созданию новой машины всегда является новый технологический процесс.

Машина полезна лишь, если она обладает требуемым качеством и, т.о., способна удовлетворять потребность людей.

Ресурсы труда в жизни человеческого общества представляют собой наивысшую ценность.

Создавая машину, человек ставит перед собой две задачи:

- создать машину качественной;

- затратить меньшее количество труда при создании машины.

Замысел новой машины возникает при разработке технологического процесса изготовления продукции, в производстве которой возникла потребность. Этот замысел выражается в формулировке служебного назначения, которая является исходным документом для проектируемой машины.

Процесс создания машины состоит из двух этапов:

- проектирование;
- изготовление.

В результате проектирования появляются чертежи машины. В результате изготовления с помощью производственного процесса появляется машина.

Второй этап составляет основную задачу технологии машиностроения. Изготовление машины связано с использованием различных способов обработки металлов.

## **1.2. Производственный технологический процессы. Основные понятия и определения.**

Понятие «технология» - включает в себя сведения о различных способах и средствах изготовления деталей и сборки из них машин.

Производственный процесс - совокупность действий, необходимых для превращения исходного сырья в готовую деталь. В этот процесс входит изготовление детали, сборка изделия, роль качества, транспортировка, хранение, учет.

Производственный процесс может рассматриваться в рамках завода, цеха, участка.

Технологический процесс – часть производственного процесса, который приводит к изменению формы, размеров и свойств детали.

К технологическому процессу относятся и вспомогательные операции, например, технический контроль.

Технологические процессы подразделяются по степени унификации: единичные, типовые и групповые.

По содержанию операций перемещения: комплексные.

По детализации описания с: маршрутным, маршрутно-операционным, операционным описанием.

Маршрутное описание технологического процесса (маршрутный техпроцесс) - сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте, в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание технологического процесса (маршрутно-операционный техпроцесс)- сокращенное описание технологических операций в марш-

рутной карте, в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций.

Операционное описание технологического процесса (операционный техпроцесс) - полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Рабочее место- часть площади цеха, предназначенной для выполнения работы одним или группой рабочих. На этой площади размещены: оборудование, инструменты, приспособления. Стеллажи для хранения готовых деталей и заготовок. Технологическая операция охватывает все действия оборудования и рабочего, на нее устанавливают норму времени, и при расчете оборудования, расчете рабочих, используют за основу -операцию.

Технологические операции состоят из:

- установ;
- позиций;
- технологических переходов;
- вспомогательных переходов;
- рабочих ходов;
- вспомогательных ходов.

Установка - часть технологической операции, выполняемая для закрепления обрабатываемых заготовок или собираемых сборочных единиц, т.е. часть операции, осуществляемая при одном закреплении детали.

Позиция- это определенное положение (фиксированное) обрабатываемой детали относительно режущего инструмента при неизменном ее закреплении.

Переход- часть операции, осуществляемая на одном участке поверхности детали одним инструментом и при одном режиме резания.

Проходом называют часть операции или перехода, при котором снимается один слой металла.

Переходы бывают технологические и вспомогательные.

Вспомогательным переходом называется законченная часть операции, не сопровождаемая обработкой, но необходимая для выполнения данной операции или перехода. Например, замена инструмента, установка инструмента, контрольный промер.

Вспомогательный ход - законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и не сопровождаемая изменением формы.

Рабочий прием – законченная совокупность отдельных движений в процессе выполнения технологического перехода. Обычно рабочими приемами являются вспомога-

тельные действия вручную. Например, установка детали в приспособление и снятие; измерение детали, управление станком в процессе производства.

Наладка - подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению определенной технологической операции. Например, установка приспособлений, настройка режимов резания.

Подналадка станка- дополнительная регулировка технологического оборудования или оснастки в процессе работы.

Настройка станка на размер – придание лезвию инструмента требуемого расположения относительно баз заготовки.

Технологический процесс представляет собой часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению или определению состояния предмета труда. Различают технологические процессы изготовления заготовок, термической обработки, обработки резанием и сборки. Технологический процесс выполняется на рабочих местах-участках производственной площади, оборудованных в соответствии с выполняемой на ней работой. Технологический процесс расчленяется на операции.

Технологической операцией называется законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте и охватывающая все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми объектами производства. Операция является основной частью технологического процесса в организационном отношении. По операциям определяют трудоемкость процесса, количество производственных рабочих, материально-техническое обеспечение (оборудование, приспособления, инструмент).

Различают вспомогательные операции, к которым относят транспортировку, контроль, маркировку и другие работы. Технологическая операция состоит из технологических и вспомогательных переходов.

Технологический переход- законченная часть технологической операции, выполняемая одним и тем же средством технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Вспомогательный переход - законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода. Примерами вспомогательных переходов являются установка заготовки, смена режущего инструмента, переустановка заготовки и т.д.

Рабочий ход- законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки.

Вспомогательный ход- законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

Позиция - фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной и обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

Установ - часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

### **1.3 Типы и организационные формы производства**

В машиностроении различают три типа производства: единичное (индивидуальное), серийное и массовое. Серийное производство в свою очередь подразделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операции  $K_{зо}$ , определяемым по формуле:

$$K_{зо} = P/O,$$

где  $O$ -число различных технологических операций;  $P$  - число рабочих мест, на которых выполняют различные технологические операции.

Значение коэффициента закрепления операции  $K_{зо}$  принимают для планового периода, равного одному месяцу.

Для различных типов производств коэффициент закрепления операций имеет следующие значения:

- массовое -  $K_{зо} = 1$ ;
- крупносерийное производство -  $K_{зо} < 10$ ;
- среднесерийное производство -  $10 < K_{зо} < 20$ ;
- мелкосерийное производство -  $20 < K_{зо} < 40$ ;
- единичное производство -  $K_{зо} > 40$ .

Единичное и мелкосерийное производства характеризуются выпуском изделий в малых, редко повторяющихся или вовсе не повторяющихся количествах при широкой номенклатуре выпускаемых изделий. В этих условиях применяют преимущественно универсальное оборудование, нормализованный режущий инструмент и универсальную технологическую оснастку.



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

При серийном производстве возможна частичная специализация оборудования и применение автоматов и полуавтоматов, с учетом возможности их переналадки при переходе от изготовления 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 их выпускают параллельно или одновременно.

Оборудование устанавливают в последовательности выполнения операций технологического процесса. Массовое и крупносерийное производства отличаются широким применением агрегатных станков, станков-автоматов и автоматических линий, высокой степенью автоматизации всех производственных процессов и применением специальной технологической оснастки и специального инструмента.

Квалификация рабочих низкая, но в бригады по наладке станков входят рабочие высокой квалификации.

Продукцией массового производства являются автомобили, тракторы, комбайны, сельскохозяйственные орудия (плуги, диски, культиваторы) и т.п.

На одном и том же заводе или цехе могут быть совмещены несколько типов производств, поэтому отнесение производства завода или цеха к одному из типов обычно делают по преобладающему типу производства.

Производственные процессы делят на два вида: непоточный и поточный.

При непоточном виде организации производственного процесса движение заготовок на разных стадиях изготовления прерывается их задержкой на рабочих местах или промежуточных складах. Сборку изделий начинают лишь при наличии полных комплектов деталей. В непоточном производстве отсутствует такт выпуска, а производственный процесс регулируют графиком, составленным с учетом плановых сроков и трудоемкости изготовления изделий.

Поточное производство характеризуется непрерывностью и равномерностью. В поточном производстве заготовку после завершения первой технологической операции без задержки передают на вторую операцию, затем - на третью и т.д., а изготовленную деталь сразу подают на сборку.

Ритм выпуска - число изделий определенного наименования, выпускаемых в единицу времени.

Такт выпуска является основной расчетной величиной для операций, выполняемых на поточной линии. Построение технологического процесса обуславливается тем, что штучное время каждой операции должно быть равно или кратно такту выпуска.

Станочное оборудование на потоке должно быть загружено не менее чем на 70 %. Недогрузку рабочих мест устраняют применением многостаночного обслуживания. На погонных линиях выполняют не только операции обработки резанием или сборки, но и другие: термическую обработку, лужение, окраску, мойку, упаковку.

Каждый из видов организации производственных процессов имеет свою область применения. Так поточный вид организации производственного процесса присущ массовому производству, непоточный-единичному и мелкосерийному производствам.

Принципы поточного вида организации производственных процессов часто используют в среднесерийном и крупносерийном производствах при изготовлении деталей и машин, близких по своему служебному назначению.

В этом случае изделия объединяют в группы по конструктивно-технологическим признакам и ведут их изготовление на потоке с переналадкой оборудования и технологической оснастки при переходе от изделия одного наименования к изделию другого наименования при переменном такте выпуска. Такой вид организации производства получил название группового-поточного (переменно-поточного).

С целью устранения возможных перебоев на поточной линии предусматривают межоперационные заделы с запасами, позволяющими устранять неритмичность работы поточной линии (накопители и т.п.). Важное значение для бесперебойной работы линии имеют транспортные устройства (транспортеры, рольганги и пр.).

Каждому типу производства соответствует определенная система расположения технологического оборудования.

Для единичного и мелкосерийного производств наиболее характерна организация производства с расстановкой оборудования по типам станков. В этом случае организуют участки токарных, фрезерных, шлифовальных и других станков, на которых производят выполнение соответствующих технологических операций. Заготовки в процессе обработки резанием переходят с одного участка на другой.

При серийном производстве целесообразно применять предметную форму организации производства (участки обработки корпусных деталей, валов, шестерен, втулок). В любом случае каждый участок предназначен для изготовления нескольких однотипных деталей. Станки располагаются в последовательности выполнения технологических операций, а заготовки на станках обрабатывают партиями. После завершения обработки

резанием партия заготовок поступает к следующему станку, на резервную площадку или промежуточный склад.

В условиях среднесерийного производства оборудование может быть расположено в последовательности выполнения технологического маршрута с оснащением технологического оборудования групповыми наладками оснастки с возможностью ее переналадки.

Для крупносерийного и массового производств наиболее характерна организация производства, при которой станки располагают в последовательности выполнения технологических операций. При этом станки закрепляют за определенными технологическими операциями.

Обработка организована таким образом, что заготовки со станка на станок поступают не партиями, а поштучно. Транспортирование заготовок от одного рабочего места к другому производится различными немеханизированными транспортными устройствами без создания принудительного такта (рольганги, наклонные лотки). При этой форме организации штучное время отдельных операций не согласовано с тактом поточной линии, поэтому у отдельных рабочих могут создаваться заделы заготовок.

В массовом производстве оборудование расставлено строго в последовательности выполнения всех технологических операций, включая гидравлические испытания, сварку, термообработку и т.п. В массовом производстве оборудование строго закрепляют за определенными операциями, при этом на каждом рабочем месте его оснащают операционными наладками оснастки, отличающейся быстроедействием, высокой степенью механизации и автоматизации, с широким использованием многолезвийного, наборного, специального режущего инструмента и измерительных инструментов и приборов, позволяющих объективно контролировать качество обработки заготовок (деталей).

Выбор оборудования для оснащения любого производственного процесса зависит от характера выпускаемой продукции, ее количества, особенностей технологии производства и ее организационной структуры. В машиностроительном производстве для его организационно-технической оценки используют следующие термины и определения.

Объем выпуска характеризует примерное количество машин, деталей, заготовок подлежащих выпуску в течение планируемого периода времени (год, месяц, квартал).

Программа выпуска- перечень машин, деталей, заготовок с указанием объема выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени (месяц, квартал, год).

Общее число машин, их деталей или заготовок, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам, называют величиной серии. Размер серии во многом зависит от совершенства конструкции машины и степени соответствия ее запросам потребителей.

Партией принято называть определенное число заготовок или изделий одного наименования и типоразмера одновременно или непрерывно поступающих для обработки или изготовления на одно рабочее место в течение определенного времени. Понятие о партии может быть распространено и на сборку одинаковых изделий, если они в ограниченном количестве собираются на одном рабочем месте.

Различие объемов выпуска различных машин повлекло условное разделение производства на три типа: единичное, серийное и массовое.

Под единичным производством машин, их деталей или заготовок понимают их изготовление, характеризующееся малым объемом выпуска. При этом считают, что выпуск таких же машин, деталей или заготовок не повторится по неизменяемым чертежам. Продукция единичного производства - машины, не имеющие широкого применения (опытные образцы машин, тяжелые процессы, крупные гидротурбины, уникальные металлорежущие станки и т.п.).

Под серийным производством машин, их деталей или заготовок понимают их периодическое изготовление повторяющимися партиями по неизменяемым чертежам в течение продолжительного промежутка календарного времени. Производство изделий осуществляется партиями, при этом возможна партия из одного изделия. В зависимости от объема выпуска этот тип производства делят на мелко-, средне- и крупносерийное.

Примерами продукции серийного производства могут служить металлорежущие станки, компрессоры, судовые дизели и т.п., выпускаемые периодически повторяющимися партиями.

Под массовым производством машин, деталей или заготовок понимается их непрерывное изготовление в больших объемах по неизменяемым чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция. Для массового производства характерны узкая номенклатура и большой объем выпуска изделий. Продукцией массового производства являются тракторы, автомобили, электродвигатели, холодильники, швейные машины, телевизоры и пр.

## **1.2 Лекция №2 (2 часа)**

**Тема: «Проектирование технологических процессов механической обработки»**  
**(Интерактивная форма)**

### **1.2.1 Вопросы лекции**

1.1 Исходные данные для проектирования технологических процессов механической обработки

1.2 Проектирования технологических процессов механической обработки

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов:

#### 2.1 Исходные данные для проектирования технологических процессов

механической обработки

Технология машиностроения рассматривает методы разработки и построения рациональных технологических процессов, выбор способа получения заготовки, технологического оборудования, инструмента и приспособлений, назначение режимов резания и установление технически обоснованных норм времени. К проектированию технологического процесса обработки детали можно приступить, если имеются следующие материалы: рабочий чертеж детали; данные о заготовке; размер производственной программы и срок ее выполнения; сведения о специфических условиях данного производства.

*Рабочий чертеж детали* должен полностью определять данную деталь и содержать необходимые указания для ее изготовления: сечений; все необходимые размеры, расставленные с соблюдением правил расстановки их на чертежах; допуски на неточность изготовления; данные о шероховатости поверхности после обработки; указания о необрабатываемых поверхностях (если они есть); материал и его марку; указания о термообработке и твердости; указание о числе деталей на одно изделие.

Кроме того, для понимания условий работы детали желательно ознакомиться со сборочным чертежом узла (машины), в который входит данная деталь.

*Данные о заготовке* желательно иметь в виде рабочего чертежа.

Чертеж заготовки дает представление о величинах припусков и допусков, о расположении заусенцев и уклонов у штамповок и отливок и т. д. Эти данные необходимы для выбора баз при механической обработке, режимов резания, проектирования приспособлений для механической обработки. Самостоятельные чертежи заготовок выполняют обычно в условиях массового и крупносерийного производств. В серийном производстве чертеж заготовки часто делают цветным карандашом на чертеже детали с проставлением соответствующих размеров и допусков. В единичном (индивидуальном) производстве чертеж заготовки можно не делать; в этом случае должны быть даны указания о величинах припусков, расположении заусенцев.

Проектирование (выбор) заготовки в зависимости от конкретных условий завода может осуществляться независимо от проектирования механической обработки детали. Однако и в этом случае данные (чертеж) заготовки должны быть согласованы с технологом, занимающимся проектированием процесса механической обработки детали.

*Размер производственной программы и срок ее выполнения*

многим определяют характер применяемого оборудования, приспособлений, инструмента, а также степень проработки технологического процесса. От суммы программных заданий всех изделий зависит производственная программа завода.

*Производственная программа* машиностроительного завода содержит номенклатуру и число выпускаемых изделий (с указанием их типов и размеров), а также перечень и количество запасных частей для выпускаемых изделий. Производственную программу устанавливают на год. При неравномерном по времени выпуске производственную программу можно устанавливать по кварталам или месяцам. На основании производственной программы завода составляют производственные программы отдельных цехов.

*Сведения об условиях данного производства* должны характеризовать его специфику (новый, реконструируемый, действующий завод). Для нового завода можно проектировать технологический процесс использованием самого новейшего оборудования. Для реконструируемого и особенно для действующего завода необходимо располагать сведениями об имеющемся оборудовании. Во всех случаях необходимо учитывать наличные площади для размещения оборудования. Могут быть и другие условия производства, которые также необходимо принимать во внимание, например необходимость развития производства в несколько очередей.

При проектировании технологических процессов необходимы справочные и нормативные материалы: каталоги и паспорта оборудования; альбомы и каталоги приспособлений; ГОСТы, нормали и каталоги на режущие и измерительные инструменты; данные о шероховатости поверхностей и экономической точности при различных методах обработки резанием; данные о типовых вариантах обработки деталей для получения заданной точности; справочные данные о режимах резания и для определения норм времени на операции; тарифно-квалификационные справочники и другие материалы. Для оформления разработанных технологических процессов необходимо иметь бланки технологических карт.

Практически при проектировании технологических процессов, а также в заводских условиях величину партии деталей  $n$ , запускаемых в производство одновременно, определяют из расчета пропускной способности сборочного цеха, т. е. его способности обеспечить бесперебойную равномерную сборку машин.

Программное годовое задание сборочного цеха обычно предусматривает равномерный выпуск изделий в течение года равными сериями, поэтому при отсутствии других установок величину партии деталей можно установить из выражения

$$n = \Pi_d / 12$$

где  $P_d$  — производственное годовое задание по данной детали, шт.;

12 — число месяцев в году.

Задел — число деталей, находящихся в обработке. Межоперационные заделы деталей у станков дают возможность не нарушать ритм работы поточной линии при вынужденном уменьшении выпуска деталей с отдельных рабочих мест линии. В последующие часы выпуск деталей с этих рабочих мест должен быть увеличен, чтобы обеспечить заданный выпуск в смену и восстановить нарушенные межоперационные заделы.

В непоточном производстве необходимый задел деталей

$$Q = T_{\text{ц}} N,$$

где  $T_{\text{ц}}$  — продолжительность цикла изготавливаемых деталей, дни (которая учитывает станочное время, время передачи заготовки от станка к станку, время транспортирования между цехами, нахождение заготовок на складах; это время значительно больше суммы штучных времен операций);  $N$  — суточный выпуск деталей.

### **3.2 Проектирования технологических процессов механической обработки**

Проектирование технологических процессов — важный элемент процесса производства. От степени рациональности технологических процессов зависят качество и стоимость продукции.

При проектировании технологических процессов должны быть решены две основные задачи:

технологический процесс для заданных условий и масштаба производства должен обеспечить надежное (без брака) осуществление всех требований рабочего чертежа и технических условий на изделие;

технологический процесс должен быть максимально экономичным.

Требование экономичности процесса часто не совпадает с его максимальной производительностью. И в исключительных случаях (срочный выпуск особо важной продукции, расшивка «узких» мест производства и т. п.) на определенный период времени отступают от принципа экономичности процесса, отдавая предпочтение наибольшей производительности.

Для выбора наиболее экономичного варианта технологического процесса часто приходится составлять два-три конкурирующих варианта, которые сравнивают между собой. Обычно предпочтение при прочих равных условиях отдают наиболее экономичному варианту. Требование экономичности часто приводит к тому, что наиболее целесообразным оказывается не самый совершенный процесс из всех существующих и не

на самом лучшем оборудовании, а тот, при котором надежно выполняются требования рабочего чертежа и который для данных условий является наиболее экономичным.

*Степень проработки технологического процесса.* В зависимости от масштаба производства технологический процесс бывает разработан более или менее подробно. В единичном и мелкосерийном производствах технологический процесс разрабатывают не подробно. В этих условиях составляют так называемую маршрутную технологию («технологический маршрут») — перечень операций, и на каждую операцию определяют штучное время и разряд работ. Однако при обработке сложных и дорогих деталей даже в условиях единичного производства технологические процессы разрабатывают более подробно.

В серийном производстве представляют маршрутно-операционное описание технологического процесса. На наиболее сложные операции составляют операционные процессы (с режимами резания), а на простые — технологический маршрут. Для сложных и ответственных деталей (корпуса редукторов, коленчатые валы и др.) разрабатывают операционную технологию (характерную для массового производства).

При крупносерийном и массовом производствах составляют операционную технологию, которая более подробна, чем маршрутно-операционная.

В состав работ при проектировании процессов обработки деталей входят: определение типа производства; определение вида и размера заготовки; составление плана обработки детали (установление порядка операций); выбор станков для отдельных операций; разработка отдельных операций; оформление технологической документации; технико-экономические расчеты.

В некоторых случаях для установления наиболее выгодного варианта обработки приходится разрабатывать два-три варианта технологического процесса. В этом случае часть или все перечисленные работы приходится также делать два-три раза.

*Определение вида и размера заготовки.* Её производят, исходя из материала детали и его технологических свойств (способности пластически деформироваться, литейных свойств и др.); формы и размеров детали; условий работы деталей; масштаба производства. Более подробно этот вопрос разобран в подразделе 2.1.

Составление плана обработки детали (установление порядка операций).

При составлении плана обработки детали руководствуются следующими общими положениями. Операции назначают, исходя из конструктивных форм, размеров детали и типа производства; в первую очередь обрабатывают те поверхности детали, которые будут базами для последующей обработки; после базовых поверхностей обрабатывают поверхности, с которых снимают наибольшие слои металла; отделочные операции



выполняют в конце обработки; операции механической обработки увязывают с термическими операциями. Конструктивные формы и размеры детали являются исходными факторами, определяющими характер и последовательность обработки детали.

Так, черновую обработку деталей типа тел вращения производят на токарных станках, а детали с плоскими поверхностями обрабатывают на фрезерных и строгальных станках. Чистовую обработку деталей типа тел вращения ведут на круглошлифовальных станках, а деталей с плоскими поверхностями — на плоскошлифовальных станках. Зубья на зубчатом колесе с внутренними зубьями могут быть получены только методом зубодолбления.

Размеры деталей определяют выбор типоразмера станков, в некоторых случаях и метод обработки. Так, зубчатые колеса малых модулей экономичнее изготавливать зубодолблением, а крупных модулей — зубофрезерованием червячными фрезами.

Масштаб производства влияет на выбор применяемых методов обработки и станков. Например, черновую обработку плоских поверхностей в условиях единичного производства чаще ведут на строгальных станках, а в условиях серийного и массового производств — на фрезерных. Для изготовления мелких деталей типа тел вращения применяют при единичном производстве универсальные токарные станки, при серийном — токарно-револьверные, при массовом — токарные автоматы и полуавтоматы.

Обработка в первую очередь базовых поверхностей повышает точность последующей обработки. Характерным примером является предварительная обработка центровых гнезд при точении валов; последующую обработку валов ведут с использованием центровых гнезд в качестве баз.

При построении плана обработки стремятся к тому, чтобы каждая последующая операция была точнее предыдущей, поэтому в качестве первых операций механической обработки назначают операции, при выполнении которых снимают наибольшие слои металла. Это обусловлено, во-первых, тем, что при снятии больших слоев металла легче обнаружить дефекты заготовки (трещины, раковины, включения и т. п.), во-вторых, при снятии с заготовок припусков вследствие перераспределения напряжений возможно их коробление. При последующей чистовой обработке коробление будет минимальным.

Отделочные операции располагают в конце цикла обработки для уменьшения возможности повреждения окончательно обработанных поверхностей. Отделочные обработки выбирают в зависимости от требуемых чертежом точности и класса шероховатости поверхности.

Операции, связанные с механической обработкой детали, должны быть увязаны с термическими операциями. Часто закалку с низким отпуском проводят перед

шлифованием, закалку с высоким отпуском (улучшение) — между черновой и чистовой обработкой точением, фрезерованием, строганием. Перед процессом механической обработки заготовки (отливки, штамповки, поковки) часто подвергают отжигу или нормализации.

При разработке плана обработки общий припуск распределяют по отдельным операциям и определяют операционные (межоперационные) размеры.

Выбор станков для отдельных операций. Станок выбирают по паспортам, каталогам, по фактическому наличию в соответствии с характером обработки, требованиями к точности и шероховатости поверхности на данной операции, размерами обрабатываемой детали, масштабом производства.

Размеры станка должны соответствовать размерам обрабатываемой детали. Необходимо стремиться к максимально эффективному использованию станка по мощности и времени, а для многопозиционных станков — позиций и суппортов.

При выборе станка важным фактором является его стоимость и себестоимость обработки на нем детали. При прочих равных условиях отдают предпочтение более дешевому станку или станку, обеспечивающему минимальную себестоимость обработки. Если дорогому станку соответствует минимальная себестоимость обработки детали, то следует определить экономическую целесообразность приобретения такого станка.

При выборе станков следует также учитывать необходимость использования имеющихся в наличии станков и реальную возможность приобретения того или иного станка.

В единичном производстве применяют универсальные станки, серийном — специализированные, а в массовом — специальные (автоматы, полуавтоматы, агрегатные и др.).

Разработка отдельных операций. При разработке отдельных операций выполняют следующие работы: выбирают базы; разбивают операцию на отдельные переходы; выбирают (или при необходимости проектируют) режущий и измерительный инструмент; выбирают или проектируют необходимое приспособление; назначают режимы резания; подсчитывают штучное время; определяют разряд квалификации работы; рассчитывают потребное число станков.

### **1.3 Лекция №3 (2 часа)**

**Тема: «Выбор заготовок и методов их изготовления» (Интерактивная форма)**

#### **1.3.1 Вопросы лекции**

3.1 Выбор исходной заготовки и методов её изготовления

3.2 Виды заготовок: отливки, поковки, штамповки, сортовой металл, пластмассы

### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **3.1 Выбор исходной заготовки и методов её изготовления**

При выборе заготовки необходимо решить следующие вопросы:

- установить способ получения заготовки;
- рассчитать припуски на обработку каждой поверхности;
- рассчитать размеры и указать допуски на заготовку;
- разработать чертеж заготовки.

Основными видами заготовок для деталей являются заготовки, полученные:

- литьем;
- обработкой давлением;
- резкой сортового и профильного проката;
- комбинированными методами;
- специальными методами.

Краткие характеристики основных методов получения заготовок представлены в табл. 1.11 и 1.12.

Согласно ГОСТ 26645-85 точность отливки характеризуется четырьмя показателями:

- классом размерной точности (22 класса);
- степенью коробления (11 степеней);
- степенью точности поверхностей (22 степени);
- классом точности массы (22 класса). Обязательному применению подлежат классы размерной точности и точности массы отливок.

Стандартом предусмотрено 18 рядов припуска отливок. В технических требованиях чертежа отливки должны быть указаны нормы точности отливки в следующем порядке:

- класс размерной точности;
- степень коробления;
- степень точности поверхностей;
- класс точности массы;
- допуск смещения отливки.

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0.8 мм:

Точность отливки 8-5-4-7 См 0.8 ГОСТ 26645-85.

Допускается указывать сокращенную номенклатуру норм точности отливки, при этом указание классов размерной точности и массы отливки является обязательным; ненормируемые показатели точности заменяют нулями, а обозначение смещения опускают.

Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа отливки должны быть указаны в нижеприведенном порядке значения номинальных масс детали, припусков на обработку, технологических напусков и массы отливки.

Пример обозначения номинальных масс, равных для детали — 20.35 кг, для припусков на обработку — 3.15 кг, для технологических напусков — 1.35 кг, для отливки — 24.85 кг:

Масса 20.35-3.15-1.35-24.85 ГОСТ 26645-85.

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии напусков соответствующие величины обозначают "О". Например:

Масса 20.35-0-0-20.35 ГОСТ 26645-85.

### **3.2 Виды заготовок: отливки, поковки, штамповки, сортовой металл, пластмассы**

Отливки служат заготовками для фасонных деталей. Из чугуна отливают картеры, коробки, корпуса подшипников, кронштейны, маховики, шкивы, фланцы и т. п. При более высоких требованиях к механическим свойствам деталей аналогичные отливки выполняют из стали. Из алюминиевых сплавов отливают блоки Цилиндров, картеры, коробки, поршни.

Основные способы получения отливок: отливка в песчано-глинистые формы, отливка в оболочковые формы, отливка в металлические формы (кокили), литье под давлением, центробежное литье, литье по выплавляемым моделям.

Отливка в песчано-глинистые формы по деревянным моделям с ручной формовкой — наиболее простой и универсальный метод. К его недостаткам относятся: невысокая точность отливок, плохое качество поверхности, низкая производительность, большие отходы. Применение металлических моделей и машинной формовки увеличивает точность отливок.

Допуски на чугунные и стальные заготовки, отливаемые в песчаные формы, регламентируются ГОСТ 26645—85 «Отливки из металлов и сплавов». Согласно ГОСТу отливки разделяют на 22 класса точности (1...16 и 6 цифр с буквой «т») размеров и масс и 6 классов (1...6) рядов припусков.

Эти ряды классов точности и припусков охватывают основные способы литья: под давлением в механические формы, в керамические формы и по выплавляемым моделям, в кокиль, центробежное, в сырые и сухие песчано-глинистые формы.

Литье в песчаные формы — наиболее универсальный способ в отношении литейных материалов, а также масс и габаритов отливок. Другие способы литья (литье небольших деталей из цветных сплавов под давлением в металлические формы, литье по выплавляемым моделям) значительно удорожают стоимость отливок, хотя позволяют получать отливки с минимальными припусками на механическую обработку.

Для отливок из чугуна в песчано-глинистые формы с наибольшим габаритным размером 400...630 мм рекомендуется применять класс точности размеров и масс 7т—12, что соответствует допуску на размер отливки в пределах от  $\pm 0,7$  до  $\pm 4,5$  мм соответственно.

Припуски на механическую обработку отливок из цветных металлов, серого и ковкого чугуна, углеродистой стали регламентируются также ГОСТ 26645—85.

Отверстия в отливках выполняют при диаметре более 20 мм при массовом, 30 мм при серийном и 50 мм при единичном производствах.

Отливка в оболочковые формы — метод получения точных и качественных мелких и средних отливок (до 150 кг) из чугуна и стали. Точность отливки — до 0,2 мм на 100 мм длины. Отливки в оболочковые формы в некоторых случаях заменяют поковки для таких ответственных деталей, как, например, коленчатые валы автомобилей. Этот способ целесообразно применять в серийном и массовом производствах.

Отливка в металлические формы (кокили) обеспечивает получение отливок массой до 7 т со сравнительно высокой точностью и большой производительностью. Допускаемые отклонения по размерам заготовок из чугуна, отлитых в металлические формы, для номинальных размеров 63... 100 мм бывают в пределах  $\pm 0,22$ ...  $\pm 1,4$  мм, а припуск на сторону равен 0,8...2,8 мм (в зависимости от класса точности размеров отливок).

Литье под давлением применяют для получения мелких отливок из цветных сплавов при крупномасштабном производстве. Отливки выполняют с точностью 9... 11 квалитетов.

Центробежное литье применяют в основном для получения заготовок, имеющих форму тел вращения (цилиндров, стаканов, колец), путем заливки металла во вращающиеся металлические формы. Отливки получаются качественные, с плотной структурой.

Отливку по выплавляемым моделям применяют для получения мелких отливок сложной конфигурации. Она обеспечивает высокую точность и высокий класс

шероховатости поверхности (4...6-й классы). Поверхности отлитых деталей либо совсем не обрабатывают, либо только шлифуют.

Поковки и штампованные заготовки — основной вид заготовок для изготовления ответственных деталей из стали и некоторых цветных сплавов, так как они обладают повышенными механическими свойствами по сравнению с отливками. Получение заготовки методом ковки применяют в основном в условиях индивидуального или мелкосерийного производства, когда экономически нецелесообразно изготавливать дорогие штампы.

Заготовки ответственных крупных деталей также изготавливают методом ковки. Припуски и допуски на поковки, изготавливаемые на молотах, регламентируются ГОСТ 7829—70.

В условиях серийного и массового производства мелкие и средние стальные заготовки получают методом штамповки. Достоинства этого метода — значительная производительность, а также резкое уменьшение величины припусков по сравнению со свободной ковкой. Припуски и допуски на штампованные заготовки регламентируются ГОСТ 7505—89. Шероховатость поверхности штамповок — 1...3-й классы. Если после штамповки произвести чеканку, то можно выдержать точность отдельных размеров до 0,02...0,05 мм.

Сортовой металл используют непосредственно в качестве заготовок разных деталей. Для механической обработки применяют ^ сортовой металл следующих видов: прутки горячекатаные (круглого, квадратного, шестигранного сечений), прутки холодноотянутые (калиброванные), полосовой и профильный горячекатаный материал, трубы, проволока, листы.

Прутковые заготовки часто используют для изготовления деталей на револьверных станках и автоматах. При цанговом зажиме прутков и труб применяют холодноотянутые прутки из-за их большей точности по диаметру или горячекатаный прокат, который предварительно подвергают обточке по наружному диаметру на специальных станках. Круглый прокат обычной точности выпускают диаметром 5...250 мм, повышенной точности 5...150, калиброванный 3... 100, калиброванный повышенной точности с улучшенной отделкой поверхности 0,2...30 мм.

Штампосварные заготовки представляют собой заготовки, полученные в результате сварки штампованных, литых или прокатанных заготовок. Во всех случаях штампосварные конструкции или конструкции сварные из проката являются наиболее целесообразными и экономичными.

Таблица 2.1. Выбор заготовки.

Показатели	Вариант	
	первый	второй
	штамповка	отливка
Квалитет		
Группа сложности		
Масса детали( $q_m$ ), кг		
Масса заготовки( $q_n$ ),кг		
Коэффициент использования материала, $K_{им}$ .		
Стоимость материала, ( $\Pi_{ем}$ )руб/кг		
Стоимость стружки, руб/кг. ( $\Pi_c$ )		
Средняя часовая заработная плата рабочих по тарифу, ( $C_{зч}$ )руб/чел.ч.		
Отличительные операции мех.обработки		
Основное время на отличительные операции,мин ( $T_o$ )		
Цеховые накладные расходы, С		
Стоимость заготовки, руб. ( $C_m$ )		

#### 1.4 Лекция №4 (2часа)

##### Тема: «Расчет операционных припусков» (Интерактивная форма)

##### 1.4.1 Вопросы лекции

4.1 Классификация припусков на обработку

4.2 Методы определения припусков на механическую обработку

##### 1.4.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Классификация припусков на обработку

*Общим припуском на обработку называется слой материала, удаляемый с поверхности исходной заготовки в процессе механической обработки с целью получения готовой детали.*

Установление правильных размеров припусков на обработку является ответственной технико-экономической задачей. Назначение чрезмерно больших припусков приводит к непроизводительным потерям материала, превращаемого в стружку; к увеличению трудоемкости механической обработки; к повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии; к увеличению потребности в оборудовании и рабочей силе. При этом затрудняется построение операций на настроенных станках, снижается точность обработки в связи с увеличением упругих отжатий в технологической системе и усложняется применение приспособлений.

Назначение недостаточно больших припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала и достижения требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также вызывает повышение требований к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию, затрудняет разметку и выверку положения заготовок на станках при обработке по методу пробных ходов и увеличивает опасность появления брака.

*Операционный припуск* — это слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении одной технологической операции (ГОСТ 3.1109—82).

Операционный припуск равняется сумме промежуточных припусков, т. е. припусков на отдельные переходы, входящие в данную операцию.

*Номинальный (расчетный) операционный припуск*  $Z_{\text{ном}}$  — разность номинальных размеров изделия до и после обработки на данной операции.

$$Z_{\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

где  $R_{Z_{i-1}}$  — высота неровностей, полученных после предыдущей технологической операции, мкм

$T_{i-1}$  — глубина дефектного слоя, мкм

$\rho_{i-1}$  — пространственная погрешность, образованная при выполнении предыдущего перехода, мкм

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки из проката определяем из таблицы 2. При установке заготовки в трехкулачковом патроне расчет производится по формуле

$$\rho_D = \rho_{\text{кор}} = \kappa \cdot D \quad (3.2)$$

для сверления:

$$\rho = \sqrt{c_o^2 + y^* l} \quad (3.3)$$

$$C_o = 10 \quad y = 2.1 \quad l = 6$$

Наименьшие предельные размеры вычисляются суммированием минимального размера на предыдущем переходе и величины минимального припуска

$$d_{pi} = d_{pi-1} + Z_{\min}$$

Наибольшие предельные размеры вычисляются суммированием наименьшего размера и величины допуска:



$$d_{\max} = d_{\min} + \delta$$

Максимальные значения припусков определяют как разность наибольших предельных размеров:

$$Z_{\max} = d_{\max i} - d_{\max i-1}$$

Минимальные значения припусков определяет как разность наименьших предельных размеров:

$$Z_{\min} = d_{\max j} - d_{\min j-1}$$

Наименование технической операции или перехода берется из таблицы 1.1. Допуск  $\delta$  берется из ГОСТа 27345-82.

В связи с этим при назначении операционных припусков и допусков должны быть решены следующие технико-экономические задачи:

операционный припуск должен быть не слишком большим, чтобы не удорожать данной операции снятием чрезмерно большого слоя металла, и не слишком малым, чтобы не удорожать предшествующей операции вследствие

повышения ее точности; операционный допуск должен быть достаточно широким, чтобы облегчить выполнение данной операции, и не слишком широким, чтобы не вызывать чрезмерного увеличения припуска для последующей операции соответствующего ее удорожания.

## **2. Методы определения припусков на механическую обработку**

В промышленности применяют несколько методов назначения и вычисления припусков. Условно их разделяют на три группы: опытно-статистические, расчетно-аналитические и вероятностно-статистические. Четкой границы между ними провести нельзя, поэтому ниже приведены лишь основные характерные отличия.

*Опытно-статистический метод* начали применять раньше других; он дает наименее точный результат, так как основан на использовании данных, которые описывают прошлый, быстро стареющий опыт. При применении опытно-статистического метода чаще всего устанавливают общий припуск, т.е. припуск на всю совокупность технологических переходов механической и химико-термической обработки поверхности. Реже устанавливают промежуточный припуск, т.е. припуск на осуществление данного технологического перехода обработки. Получают эти припуски обобщением результатов изготовления аналогичных деталей и, как правило, они не учитывают опыт внедрения новейших разработок технологии, оборудования и оснастки, специфические условия

изготовления (точность конкретных заготовок, требования к точности обработки, конкретные условия установки заготовок в рабочей зоне станка и т.п.). Обычно рекомендуемые данные отражают условия изготовления, при которых припуск должен быть наибольшим. Отметим также, что методически часто бывает не ясно, как проведен анализ статистических данных, какое значение припуска рекомендовано (наименьшее, наибольшее или среднее) и как при этом были определены размеры заготовок. Отсутствие этих данных снижает практическую ценность рекомендаций по этому методу.

Стремление изыскать пути повышения эффективности металлообработки, экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов в результате обоснованного уменьшения припусков и конкретизации условий обработки привели к созданию расчетных методик, базирующихся на дифференцированном анализе и учете только тех факторов, которые действуют в данных конкретных условиях производства.

Этот метод является прогрессивным и позволяет смоделировать условия, близкие к имеющим место на производстве. Основоположителем расчетного метода является В. М. Кован. Расчетными являются и расчетно-аналитический, и вероятностно-статистический методы.

*Расчетно-аналитический метод* предполагает, что при анализе различных условий обработки установлены основные факторы, определяющие промежуточный припуск. Так, минимальный припуск на диаметр цилиндрической поверхности вычисляют по формуле

$$Z_{\min} = R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

где -  $R_{Zi-1}$  высота неровностей, полученных после предыдущей технологической операции, мкм

$T_{i-1}$  - глубина дефектного слоя, мкм

$\rho_{i-1}$  - пространственная погрешность, образованная при

При обработке поверхностей вращения векторы  $p_{i-1}$  и  $\varepsilon_{y(i)}$  могут принимать любое угловое положение, предвидеть которое заранее не представляется возможным. Поэтому в целях получения наиболее вероятного суммарного значения сложение векторов следует производить по правилу квадратного корня

Но при обработке плоскостей принимают, что векторы направлены перпендикулярно обрабатываемой плоскости.

Во всех случаях величина определяет фактически смещение в расположении поверхности заготовки в рабочей зоне. При этом учитывается как смещение, полученное на предшествующем переходе изготовления (на первом переходе это смещение заготовки), так и смещение при установке  $e_y$  в рабочей зоне. Очевидно, что такое же смещение

получают и другие поверхности, в том числе измерительная база. Поэтому  $e_y$ , учитывают и в суммарной погрешности обрабатываемого размера, и в припуске на обработку.

Согласно расчетно-аналитическому методу расчетными являются минимальные (для наружных поверхностей) и максимальные (для внутренних поверхностей) размеры. Все значения факторов по этому методу определены по статистическим исследованиям и приведены в справочниках.

Исследования, проведенные в МГТУ им. Н. Э. Баумана, показали, что предпочтительнее делать расчеты по комбинированному вероятностно-статистическому методу.

*Вероятностно-статистический метод* определения припусков является дальнейшим развитием расчетно-аналитического метода, однако в основу исследования факторов и расчета припусков и размеров заготовок в нем положен вероятностный подход, что более оправдано теоретически и дает более близкий к практике результат. Как и ранее, статистические методы использованы при исследовании и обобщении результатов произведенного эксперимента в условиях производства. В отличие от предыдущего материала выводы содержат не только данные по факторам, определяющим припуски, но и значения средних промежуточных и общих припусков для оговоренных в нормативных материалах условий (в том числе по обеспечиваемой точности) изготовления как заготовок, так и деталей. Это существенным образом уточняет содержание технологического проектирования и делает более обоснованным определение размеров заготовки.

Разрабатывают маршрутное, операционное и маршрутно-операционное описание технологических процессов. В первом случае отсутствует четкая последовательность обработки поверхностей и поэтому здесь не вычисляют промежуточные и общие припуски, т.е. не определяют точно размеры заготовки.

С использованием вероятностно-статистического метода разработаны стандарты, в которых указаны значения средних припусков (ГОСТ 26645-85, ГОСТ 7505-89). Это позволяет назначать средние промежуточные и общие припуски с учетом геометрической точности заготовок и деталей, а также с учетом характеристики оборудования определять набор переходов, необходимых для получения из заготовки детали с требуемой точностью поверхностей. Таким образом, в этом случае можно уточнить результаты технологического проектирования при всех его вариантах, так как во всех случаях ГОСТы содержат промежуточные и общие средние припуски и рекомендации по назначению переходов по данным об их точности.

## **1.5 Лекция №5 (2часа)**

### **Тема: «Основы технического нормирования» (Интерактивная форма)**

#### **1.5.1 Вопросы лекции**

1.1 Техническая норма времени и ее составляющие элементы

1.2 Методы определения нормы времени

#### **1.5.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Техническая норма времени и ее составляющие элементы**

Задача технического нормирования — установление технических 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.

Норму штучного времени, т. е. времени, необходимого для обработки заготовки на данной технологической операции, определяют по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_d + T_{пз} / n_n$$

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;  $T_d$  – время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, время на перерывы в работе для отдыха и личных надобностей;  $T_{пз}$  – 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 завершению обработки сдать технологическую оснастку и обработанные заготовки (единичное и мелкосерийное производства), на партию деталей для этой цели выделяется подготовительно-заключительное время.

где  $n_n$  — число заготовок в обрабатываемой партии.

##### **2 Методы определения нормы времени**

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

Определение норм времени на технологическую операцию может производиться следующими методами.

*Расчетно-аналитический метод.* Применяют для станочных и сварочных работ при крупносерийном и массовом производствах; технические нормы времени определяют на основе расчетных данных основного технологического времени с учетом обоснованных норм вспомогательного времени.

*Исследовательский метод.* Применяют для работ, выполняемых вручную (слесарно-сборочные, кузнечные и др.); на основе данных хронометража и фотографии рабочего процесса.

*Метод сравнения.* Применяется при единичном и мелкосерийном производствах; нормы времени определяют путем сравнения с другой подобной работой, на которую имеется технически обоснованная норма времени.

При разработке технологических процессов обработки резанием применяют расчетно-аналитический метод определения нормы времени, которая считается технически обоснованной. На некоторых отделочных операциях (доводка, шевингование и некоторые другие) принимают нормы времени по укрупненным показателям с использованием метода сравнения.

Таким же методом определяют норму 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 проводят исследования, включающие 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 изучают 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. Используют 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 устраняют недо-

статки в организации производства. Данные фотографии рабочего дня применяют для установления норм подготовительно-заключительного времени. Непроизводительные затраты времени рабочего, вызванные организационно-техническими неполадками, нарушениями производственной дисциплины, неудовлетворительным материально-техническим снабжением, не входят в норму времени и оформляют соответствующими документами.

При установлении нормы времени на выполнение данной операции определяют также разряд квалификации работы по тарифно-квалификационному справочнику соответствующей отрасли промышленности. Правильное отнесение нормируемой операции к квалификационному разряду, как и правильное определение нормы времени, имеет весьма большое значение для эффективного использования фонда заработной платы.

Обычно при техническом нормировании учитывают также норму оплаты  $C_d$  за изготовление одной детали:

$$C_d = C_{\text{мин}} \cdot T_{\text{шт}}$$

где  $C_{\text{мин}}$  – стоимость одной минуты работы исполнителя соответствующей квалификации;  $T_{\text{шт}}$  – штучное время.

Чем больше при выполнении данной работы требуется знаний, опыта и самостоятельности, тем выше должен быть разряд исполнителя.

При единичном производстве требуется умение наладывать станки, устанавливать заготовки и инструмент, использовать измерительный инструмент общего назначения, поэтому квалификация рабочего должна быть высокой. В серийном производстве работа специализирована, и поэтому квалификация рабочего может быть ниже. В массовом производстве при высокой механизации и автоматизации труда или использовании автоматов и автоматических линий, концентрации операций на одном рабочем месте требуются исполнители высокой квалификации. При дифференциации процесса обработки или сборки на элементарные операции могут быть использованы рабочие низкой квалификации.

По мере совершенствования технологического процесса, повышения квалификации и культурно-технического уровня кадров растет производительность труда, а следовательно, должны снижаться нормы времени и увеличиваться технически обоснованные нормы выработки.

## **1.6 Лекция №6 (2 часа)**

### **Тема: « Расчет операционных режимов резания» (Интерактивная форма)**

#### **1.6.1 Вопросы лекции**

### 1.1 Методика назначения режима резания

### 1.2 Элементы процесса резания при фрезеровании

### 1.3 Элементы процесса резания при шлифовании

## 1.6.2 Краткое содержание вопросов:

### 1. Методика назначения режима резания

Под режимами резания понимают следующие параметры: глубина резания, число проходов, подача и скорость резания. Режимы резания, исходя из свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрических параметров режущей части инструментов и периода стойкости инструментов, качественных показателей обрабатываемых поверхностей детали и технологических возможностей используемого оборудования.

Глубину резания следует брать равной припуску на обработку на данной операции. Если припуск нельзя снять за один проход, число проходов должно быть возможно меньшим. При чистовом точении (до 5-го класса шероховатости поверхности) глубину резания берут в пределах 0,5. . 2 мм. Для получения при точении 6—7-го класса шероховатости поверхности глубина резания назначается в пределах 0,1. . 0,4 мм.

После назначения глубины резания следует выбрать максимально технологически допустимую подачу (с учетом класса шероховатости обработанной поверхности, мощности и прочности станка, жесткости обрабатываемой детали и прочности резца). Работать с подачами, меньшими, чем максимально технологически допустимые, непроизводительно. При чистовой обработке подача обычно ограничивается классом шероховатости поверхности обработанной детали.

Назначение скорости резания производится после того, как выбраны глубина резания и подача. Скорость (м/мин) резания рассчитывают по формул

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \text{ м/мин}$$

или определяют по справочным таблицам с учетом всех необходимых поправочных коэффициентов. По полученной расчетом скорости резания определяют расчетную частоту вращения шпинделя станка (или обрабатываемой детали).

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D \text{ об/мин}$$

По расчетной частоте вращения  $n_p$  определяют ближайшую меньшую или равную частоту вращения шпинделя, имеющуюся в паспорте станка (фактическую частоту вращения). Затем вычисляют скорость резания (м/мин)

Выбранный режим резания проверяют по мощности.

$$N_p \leq N_{\text{шт}} = N_M \cdot \eta$$

Мощность, затрачиваемая на резание, должна быть меньше или равна мощности на шпинделе,

где  $N_M$  – мощность электродвигателя; .

Если расчетная мощность резания окажется больше мощности на шпинделе, то скорость резания должна быть уменьшена.

При проточке фаски работа проводится с ручной подачей и без изменения чисел оборотов предыдущей или последующей обработки.

Минутная подача определяется по формуле:

$$S_M = n \cdot S_o, \text{ мм/мин}$$

где  $S_o$  - подача на один оборот изделия или инструмента , мм/об

$l$  - длина участка поверхности который обрабатывается, чертежный размер, мм

$L$  - длина рабочего хода, с учетом врезания и перебега режущего инструмента, мм

$T$  - стойкость инструмента

Число проходов зависит от глубины резания, если глубина резания более 2мм то число проходов возрастает до 2 и так далее.

Подача расчетная [4], а паспортная подача берется со станка

Скорость резания  $V_p$  [4]

$n_p$  - находится по формуле:

$$n_p = \frac{V_p \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$n_n$  - паспортные обороты станка [4]

$V_n$  - находится по формуле:

$$V_n = \frac{\pi D n_n}{1000}$$

$S_{мин}$  - считается по формуле:

$$S_{мин} = S_{пасп} \cdot n_{пасп}$$

$T_o$  - считается по формуле:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{пасп} \cdot S_{пасп}}$$

$T_d$  - считается по формуле:

$$T_o = \frac{(T_o + T_e) \cdot k}{100}$$

$T_{шт}$  - считается по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_d$$



Крутящий момент резания должен быть меньше или равен крутящему моменту на шпинделе, т. е.  $M \leq M_{\text{шт}}$ . Кроме того, выбранный режим проверяют по прочности механизма подачи станка, пластинки твердого сплава и державки резца. При чистовой обработке режим проверяют по шероховатости обработанной поверхности.

Критерием производительности выбранного режима резания служит основное (машинное) время.

Применение ЭВМ для расчетов режимов резания повышает точность расчетов и ускоряет решение задачи (при наличии заранее отработанных алгоритмов расчета). В этом случае решают задачу о наивыгоднейшем резании, в результате получают более экономичный режим. Глубину резания выбирают на основе ранее приведенных соображений. В ЭВМ вводят исходные данные и проводят расчет наибольшей допустимой подачи в соответствии с имеющимися ограничениями (по стойкости инструмента, мощности станка, прочности механизма подачи станка, прочности державки резца, прочности пластинки твердого сплава, шероховатости обработанной поверхности; выбор ограничений ведется с учетом характера обработки — черновая или чистовая), определяет наивыгоднейшую ступень, на которой произведение частоты вращения шпинделя на фактическую подачу (лвф) максимально, и соответствующую скорость резания, касательную силу резания, мощность резания и машинное время. При максимальном значении  $ti_{\text{Sfr}}$  машинное время обработки будет минимально

## **2Элементы процесса резания при фрезеровании**

Фрезерование цилиндрическими фрезами можно выполнять двумя способами: против подачи когда фреза вращается против направления подачи (встречное фрезерование), и по подаче), когда вращение фрезы и направление подачи совпадают (попутное фрезерование).

При встречном фрезеровании толщина снимаемого слоя материала и нагрузка на зуб фрезы возрастают постепенно. В первоначальный момент зуб фрезы вследствие наличия радиуса округления режущей кромки выполняет не резание, а сжатие. Это приводит к повышенному износу зуба фрезы по задней поверхности и вызывает дополнительный наклеп обработанной поверхности.

При попутном фрезеровании зуб фрезы начинает работать с максимальной толщиной среза и поэтому в первый же момент воспринимает наибольшую нагрузку. Исследованиями установлено, что при попутном фрезеровании затрачиваемая мощность на 10. . 15 % меньше, а класс шероховатости обработанной поверхности на 1—2 выше, чем при фрезеровании против подачи. Однако попутное фрезерование невозможно осуществить при наличии у заготовки твердой корки (например, в отливке или поковке) и

требует применения специальных механизмов для предохранения ходового винта продольной подачи и маточной гайки от поломок. В связи с этим попутное фрезерование возможно только на специально приспособленных станках.

Глубина фрезерования, или глубина резания  $t$ , определяется толщиной срезаемого слоя материала, измеренной по перпендикуляру к обработанной поверхности (рис. 113). Подача — перемещение обрабатываемой детали относительно фрезы при вращении последней. Различают три вида подач: минутную подачу  $s_M$ , подачу на оборот  $s_0$  и подачу на зуб  $s_z$ . Минутная подача есть перемещение обрабатываемой детали в миллиметрах за одну минуту. Подача на оборот — перемещение обрабатываемой детали в миллиметрах за один оборот фрезы. Подача на зуб — подача обрабатываемой детали в миллиметрах, приходящаяся на один зуб фрезы. При этом

$$S_M = s_0 \cdot n = s_z Z_n,$$

где  $n$  — частота вращения фрезы, мин<sup>-1</sup>;  $Z_n$  — число зубьев фрезы.

Подачей на зуб пользуются при расчете режимов резания. Ее определяют по справочным таблицам в зависимости от обрабатываемого материала, мощности станка, конструкции фрезы. Так, для цилиндрической фрезы при обработке конструкционной стали  $s_z = 0,03 \dots 0,6$  мм на зуб.

### 3. Элементы процесса резания при шлифовании

Припуски на диаметр) на шлифование валов в зависимости от диаметра, длины детали, наличия или отсутствия термической обработки находятся в пределах 0,2 ... 1,2 мм. Элементами режима резания при круглом наружном шлифовании являются: глубина резания (поперечная подача), продольная подача, окружные скорости круга и детали.

Глубина резания  $t$  — толщина снимаемого слоя металла за один проход шлифовального круга. Глубина резания совпадает с величиной поперечной подачи круга, которая осуществляется в крайнем положении круга относительно обрабатываемой поверхности детали, когда круг по ширине частично выходит за пределы детали. При черновом шлифовании глубину резания (поперечную подачу) берут в пределах 0,01 ... 0,08 мм и при чистовом — 0,005 ... 0,015 мм.

Продольная подача  $s$  — это продольное перемещение обрабатываемой детали (или круга) в миллиметрах за один оборот детали (мм/об). Подачу берут в долях от ширины  $B$  шлифовального круга.

Так, при черновом шлифовании  $s = (0,3 \dots 0,7) B$ ; при чистовом шлифовании  $s = (0,2 \dots 0,4) B$ , мм/об. Скорость резания (м/с) — окружная скорость шлифовального круга:

$$V = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}$$

$D_k$  – диаметр круга, мм;  $n_k$  — частота вращения круга, мин<sup>-1</sup>.

Окружную скорость кругов берут в пределах 30. . 35 м/с. Для специальных высокоскоростных кругов окружная скорость может достигать до 70 м/с.

Скорость (м/мин) вращения детали

$$V = \frac{\pi \cdot D_d \cdot n_d}{1000}$$

где  $D_d$  — диаметр детали, мм;  $n_d$  — частота вращения детали, об/мин.

Обычно при шлифовании окружные скорости вращения обрабатываемой детали из стали и чугуна находятся в пределах 20. . 60 м/мин.

*Силы резания и мощность при шлифовании.* Сила резания  $P_{\text{действующая}}$  на обрабатываемую деталь, рассчитывается по эмпирическим формулам.

## **1.7 Лекция №7 (2 часа)**

**Тема: «Технологическая документация и её оформление»**

### **1.7.1 Вопросы лекции**

1.1 Правила оформления технологических карт.

Оформление маршрутных карт

1.2 Правила заполнения граф карт технологического процесса

1.3 Условные обозначения в графах КТП

### **1.7.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Правила оформления технологических карт.**

Маршрутная карта — это документ, содержащий описание операций технологического процесса изготовления или восстановления детали изделия (включая контроль и перемещения) в их технологической последовательности. В маршрутной карте указывают данные об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых затратах.

Наименование операции обработки резанием в маршрутной карте должно быть записано в соответствии с терминами группы операций, например, токарная, фрезерная, сверлильная. Рекомендуется и уточненная форма записи наименования операции, учитывающая особенности применяемого оборудования, например токарно-винторезная, вертикально-фрезерная, вертикально-сверлильная и т. п.

Запись содержания операции при маршрутном изложении технологического процесса может быть полной или сокращенной. ГОСТ 3.1702-79 определяет схему записи, которая начинается с ключевого слова — глагола в неопределенной форме, характеризующего метод обработки: точить, сверлить, фрезеровать и т. д. Далее в определенной последовательности указывается дополнительная и основная информация.

Первая дополнительная информация, записываемая сразу после ключевого слова, указывает на количество последовательно или одновременно обрабатываемых поверхностей: 2, 3, 4... Вторая дополнительная информация, приводимая при полной записи вслед за первой, характеризует обрабатываемую поверхность. При записи этой информации следует придерживаться определенных терминов, например, внутренняя, коническая, криволинейная, фасонная, ступенчатая, наружная (...поверхность); глухое, сквозное (...отверстие); шпоночный, Т-образный (...паз) и т. д. Наименование предметов производства, обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов (НПП) в записи содержания операции указывается после второй дополнительной информации.

Стандарт рекомендует термины, которые необходимо использовать при этом: заготовка, цилиндр, поверхность, резьба, ступень, сфера, торец, контур, конус, лыска, фаска, отверстие, галтели, буртик, выточка и т. д.

Условные обозначения размеров и конструктивных элементов с числовыми данными (УОР) приводятся после слов «выдерживая размер (размеры)», которые в записи содержания операции записываются после наименования предметов производства, обрабатываемых поверхностей или конструктивных элементов. Приняты следующие обозначения:  $d(D)$  — диаметр;  $l$  — длина;  $b$  — ширина;  $Z$  — угол;  $t$  — шаг;  $h$  — глубина, высота;  $R$  — радиус поверхности. Размерность всех линейных величин (мм) при записи не указывается.

Дополнительная информация (Доп. инф. 5), приводимая после размеров, указывает фаски (с) и радиусы за-круглений( $r$ ) на обрабатываемых поверхностях. Завершает запись содержания операции дополнительная информация (Доп. инф. 6), определяющая характер обработки или количество одновременно (последовательно) обрабатываемых поверхностей.

Рекомендуемые при этом термины следующие: *окончательно, предварительно, с подрезкой торца, по копиру, по программе, согласно чертежу, согласно эскизу, одновременно, последовательно.*

Полная запись содержания операции или нескольких операций в маршрутной карте обычно делается при отсутствии (или недостатке) графических изображений, а также для комплексного отражения всех осуществляемых действий по обработке резанием заготовки.

Сокращенная запись делается при наличии графических изображений, достаточно полно отражающих всю необходимую информацию.

При маршрутном изложении технологического процесса в записи некоторых операций допускается указывать в одном предложении несколько ключевых слов,

характеризующих последовательность обработки изделия в данной операции, например: *сверлить, зенкеровать и развернуть 2 сквозных отверстия с последующим зенкованием фасок, выдерживал...*

При заполнении графы сведений об оборудовании обычно указывают модель станка и его наименование. Режущий, вспомогательный и мерительный инструмент, используемые приспособления записываются в графе маршрутной карты в соответствии с принятыми обозначениями по действующим стандартам и нормам, а специальная оснастка — в соответствии с правилами действующих на предприятиях нормативных документов. Универсальный мерительный инструмент в маршрутной карте, как правило, не указывается.

## **2. Правила заполнения граф карт технологического процесса**

В настоящем параграфе рассмотрены правила заполнения отдельных граф карты технологического процесса (КТП) на операции, выполняемые с применением универсального оборудования.

Наименование технологической операции обработки резанием должно быть записано в соответствии с терминами, указанными в табл. 8.6.

Вспомогательные переходы записывают с использованием следующих ключевых слов: *установить, закрепить, переустановить, ослабить, снять, проверить, выверить.*

Порядок записи содержания технологического перехода условно можно выразить в записи, приведенной на рис.1 Любая технологическая операция начинается со вспомогательного перехода, связанного с установкой заготовки на станке, а заканчивается снятием заготовки со станка.

Допускается в записи объединение первого и последнего вспомогательных переходов.

При полной записи содержания переходов все размеры обрабатываемых поверхностей условно нумеруют арабскими цифрами. Номер размера обрабатываемой поверхности проставляют в окружность диаметром 6...8 мм, располагая ее на продолжении размерной линии. Нумерацию производят по часовой стрелке.

На эскизах к каждой данной операции нумерация размеров начинается с единицы (нумерация не является сквозной по всему технологическому процессу). При сокращенной записи переходов нумеруют не размеры, а обрабатываемые поверхности.

Для переходов, которым соответствуют размеры графических иллюстраций, форма записи будет следующей: «Точить поверхность, выдерживая размеры 1 и 2», т. е. указываются порядковые номера размеров, выдерживаемых на данном переходе.

Сокращенную запись переходов выполняют со ссылкой на условное (номерное) обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия. При этом необходимо, чтобы на операционном эскизе обрабатываемые конструктивные элементы были обозначены номерами. В этом случае размеры, выдерживаемые на операции, не нумеруют. Сокращенная запись переходов целесообразна при сравнительно простых операциях и переходах и когда графическая иллюстрация является четкой и ясной.

### 3. Условные обозначения в графах КТП

Наименование (условное обозначение) графы, строки	Содержание граф карты технологического процесса (КТП)
Код	Код материала
ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т. п.)
мд	Масса
ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или времени (1,10,100)
Н.расх.	Норма расхода материала
КИМ	Коэффициент расхода материала
Код загот.	Вид заготовки (отливка, прокат и т. д.)
Профиль и размеры	Профиль и размеры заготовки. Допускается указывать размеры (длину, ширину, высоту), например: 300 x 60 x 60
кд	Количество деталей, заготовок, изготавливаемых из одной заготовки
мз	Масса заготовки
Цех	Номер цеха
Уч.	Номер участка
РМ	Номер рабочего места
Опер.	Номер операции
Код, наим. операции	Наименование операции
Код, наим. оборудования	Модель и краткое наименование оборудования
СМ	Степень механизации
ПРОФ.	Профессия
Р	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
УТ	Условия труда
КР	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей
ОП	Объем производственной партии в штуках
$T_o$	Основное (машинное) время
$T_v$	Вспомогательное время
$T_{пз}$	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
$T_{шт}$	Норма штучного времени на операцию
ПИ	Номер позиции инструментальной наладки (для станков с ЧПУ)

В графе «Расчетные размеры» приводят размеры обрабатываемых поверхностей; расчетный диаметр (ширину) и расчетную длину обработки  $L$ , определяемую с учетом величин врезания и перебега. При этом учитывают наибольший диаметр, по которому рассчитывают скорость резания. При обработке сверлом, зенкером, разверткой, метчиком в графе «Диаметр, ширина» пишут диаметр инструмента.

Глубину резания при обработке  $t$  и число рабочих ходов указывают в соответствии с условием обработки при переходе.

Подачу  $S_v$  операционной карте принимают в зависимости от вида обработки: для токарных работ — на один оборот заготовки (мм/об); для строгальных и долбежных — на один линейный ход стола или резца (мм/дв.ход); для сверлильных, расточных, резбонарезных и других видов обработки отверстий с вращением инструмента — на один оборот шпинделя станка (мм/об).

При фрезерных работах в графе  $S$  записывают две подачи: в числителе — подачу в минуту (мм/мин), а в знаменателе — подачу на зуб (мм/зуб). При фрезеровании шпоночных пазов (с маятниковой подачей) двухзубыми фрезами указывают вертикальную и продольную подачи: в числителе — вертикальную на двойной ход фрезы (мм/дв.ход), а в знаменателе — продольную в минуту (мм/мин). При круглом наружном шлифовании с продольной подачей и при шлифовании отверстий подачу обозначают также дробью: в числителе — продольная в долях ширины шлифовального круга на один оборот заготовки или в мм/об, а в знаменателе — поперечная на двойной ход стола (мм/дв.ход).

При шлифовании методом врезания задается только поперечная подача на один оборот детали (мм/об), а при обработке плоскости торцом круга — вертикальная на оборот стола (при его вращении) или двойной ход стола (мм/об, мм/дв.ход).





При шлифовании плоскости периферией круга в графе  $S$  записывают три подачи: продольную (мм/об), вертикальную (мм/раб.ход) и поперечную, выражаемую в долях ширины круга (от 0,1 до 0,9 В) на дв.ход стола.

Для зубодолбежных станков в числителе приводят радиальную подачу на двойной ход долбяка — подачу врезания (мм/дв.ход), а в знаменателе — круговую подачу на двойной ход долбяка — подачу обкатки (мм/дв.ход). Для зубофрезерных станков при обработке червячными фрезами зубчатых колес указывают подачу на один оборот заготовки (мм/об).

При нарезании червячных колес методом радиальной подачи в графе  $S$  пишется радиальная подача стола на один его оборот (мм/об); при нарезании методом тангенциальной подачи — осевая подача фрезы на оборот стола (мм/об).

Частота вращения шпинделя  $n$  задается обычно для всех станков в оборотах в минуту ( $\text{мин}^{-1}$ ). При круглом шлифовании записывают: в числителе — частоту вращения круга ( $\text{мин}^{-1}$ ), в знаменателе — частоту вращения детали ( $\text{мин}^{-1}$ ).

Скорость резания  $v$  рассчитывают по наибольшему диаметру обработки на данном переходе (м/мин). Для шлифовальных работ указывают скорость резания в м/с.

В графе  $T_0$  записывают основное (машинное) время на переход с учетом затрат времени на врезание и перебеги инструмента для всех видов обработки резанием и на обратный ход для обработки на станках с возвратно-поступательным движением инструмента (строгальный, протяжной и т. п.). В графе  $T_{\text{всп}}$  записывают вспомогательное время на переход, связанное с управлением станком и выполнением вспомогательных переходов и контролем.

## **1.8 Лекция №8 (2 часа)**

### **Тема: «Типы и организационные формы производства»**

#### **1.8.1 Вопросы лекции**

- 1.1 Типы и организационные формы производства
- 1.2 Классификация типов производств
- 1.3 Критерии определения типа производства

#### **1.8.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Типы и организационные формы производства**

В машиностроении различают три типа производства: единичное (индивидуальное), серийное и массовое. Серийное производство в свою очередь подразделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операции  $K_{зп}$ , определяемым по формуле:

$$K_{30} = O/P$$

где О – число различных технологических операций; Р– число рабочих мест, на которых выполняют эти различные технологические операции.

Значение коэффициента закрепления операции  $K_{3л}$  принимают для планового периода, равного одному месяцу.

Для различных типов производств коэффициент закрепления операций имеет следующие значения:

годовая программа выпуска деталей  $N = N_1 \cdot m \cdot (1 + \beta/100)$ , где  $N$  - годовая программа изделий с учетом изготовления запасных частей и количества деталей в изделии

такт выпуска деталей в год  $t_b = F_g \cdot 60 \cdot R/N$ , где  $F_g = 2070$  - годовой действительный фонд времени оборудования, час

коэффициент серийности  $K_c = t_b / T_{шт. ср}$

Приняты следующие коэффициенты серийности

для массового производства  $K_c = 1$

для крупносерийного  $K_c = 2-10$

для среднесерийного  $K_c = 10-20$

для мелкосерийного  $K_c > 20$

## **2. Классификация типов производств**

Единичное и мелкосерийное производства характеризуются выпуском изделий в малых, редко повторяющихся или вовсе не повторяющихся количествах при широкой номенклатуре выпускаемых изделий. В этих условиях применяют преимущественно универсальное оборудование, нормализованный режущий инструмент и универсальную технологическую оснастку.

Для выполнения производственной программы требуются рабочие высокой квалификации с универсальными навыками.

В машиностроении единичное и мелкосерийное производства имеют место при изготовлении опытных образцов.

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

При серийном производстве возможна частичная специализация оборудования и применение автоматов и полуавтоматов, с учетом возможности их переналадки при переходе от изготовления 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 их выпускают параллельно или одновременно.

Оборудование устанавливают в последовательности выполнения операций технологического процесса. Массовое и крупносерийное производства отличаются широким применением агрегатных станков, станков-автоматов и автоматических линий, высокой степенью автоматизации всех производственных процессов и применением специальной технологической оснастки и специального инструмента.

Квалификация рабочих низкая, но в бригады по наладке станков входят рабочие высокой квалификации.

Продукцией массового производства являются автомобили, тракторы, комбайны, сельскохозяйственные орудия (плуги, диски, культиваторы) и т. п.

На одном и том же заводе или цехе могут быть совмещены несколько типов производств, поэтому отнесение производства завода или цеха к одному из типов обычно делают по преобладающему типу производства.

Производственные процессы делят на два вида: **непоточный** и **поточный**.

При непоточном виде организации производственного процесса движение заготовок на разных стадиях изготовления прерывается их задержкой на рабочих местах или промежуточных складах. Сборку изделий начинают лишь при наличии полных комплектов деталей. В непоточном производстве отсутствует такт выпуска, а производственный процесс регулируют графиком, составленным с учетом плановых сроков и трудоемкости изготовления изделий.

Поточное производство характеризуется непрерывностью и равномерностью. В поточном производстве заготовку после завершения первой технологической операции без задержки передают на вторую операцию, затем — на третью и т. д., а изготовленную деталь сразу подают на сборку.

Таким образом, изготовление деталей находится в постоянном движении, подчиненном такту выпуска.

### **3. Критерии определения типа производства**

Такт выпуска — это интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий определенного наименования.

Такт выпуска является основной расчетной величиной для операций, выполняемых на поточной линии. Построение технологического процесса обуславливается тем, что штучное время каждой операции должно быть равно или кратно такту выпуска.

Станочное оборудование на потоке должно быть загружено не менее чем на 70%.

Недогрузку рабочих мест устраняют применением многостаночного обслуживания.

На поточных линиях выполняют не только операции обработки резанием или сборки, но и другие: термическую обработку, лужение, окраску, мойку, упаковку. Каждый из видов организации производственных процессов имеет свою область применения. Так, поточный вид организации производственного процесса присущ массовому производству, непоточный — единичному и мелкосерийному производствам.

Принципы поточного вида организации производственных процессов часто используют в среднесерийном и крупносерийном производствах при изготовлении деталей и машин, близких по своему служебному назначению. В этом случае изделия объединяют в группы по конструктивно-технологическим признакам и ведут их изготовление на потоке с переналадкой оборудования и технологической оснастки при переходе от изделия одного наименования к изделию другого наименования при переменном такте выпуска. Такой вид организации производства получил название группового-поточного (переменно-поточного).

С целью устранения возможных перебоев на поточной линии предусматривают межоперационные заделы с запасами, позволяющими устранять неритмичность работы поточной линии (накопители и т. п.). Важное значение для бесперебойной работы линии имеют транспортные устройства (транспортёры, рольганги и пр.).

Каждому типу производства соответствует определенная система расположения технологического оборудования.

Для единичного и мелкосерийного производств наиболее характерна организация производства с расстановкой оборудования по типам станков. В этом случае организуют участки токарных, фрезерных, шлифовальных и других станков, на которых производят выполнение соответствующих технологических операций. Заготовки в процессе обработки резанием переходят с одного участка на другой.

При серийном производстве целесообразно применять предметную форму организации производства (участки обработки корпусных деталей, валов, шестерен, втулок).

В этом случае каждый участок предназначен для изготовления нескольких однотипных деталей. Станки располагаются в последовательности выполнения технологических операций, а заготовки на станках обрабатывают партиями. После завершения обработки резанием партия заготовок поступает к следующему станку, на резервную площадку или промежуточный склад. В условиях среднесерийного производства оборудование может быть расположено в последовательности выполнения технологического маршрута с оснащением технологического оборудования групповыми наладками оснастки с возможностью ее переналадки.

Для крупносерийного и массового производств наиболее характерна организация производства, при которой станки располагают в последовательности выполнения технологических операций. При этом станки закрепляют за определенными технологическими операциями.

Обработка организована таким образом, что заготовки со станка на станок поступают не партиями, а поштучно. Транспортирование заготовок от одного рабочего места к другому производится различными немеханизированными транспортными устройствами без создания принудительного такта (рольганги, наклонные лотки). При этой форме организации штучное время отдельных операций не согласовано с тактом поточной линии, поэтому у отдельных рабочих могут создаваться заделы заготовок.

В массовом производстве оборудование расставлено строго в последовательности выполнения всех технологических операций, включая гидравлические испытания, сварку, термообработку и т. п. В массовом производстве оборудование строго закрепляют за определенными операциями, при этом на каждом рабочем месте его оснащают операционными наладками оснастки, отличающейся быстроедействием, высокой степенью механизации и автоматизации, с широким использованием многолезвийного, наборного, специального режущего инструмента и измерительных инструментов и приборов, позволяющих объективно контролировать качество обработки заготовок (деталей).

### **1.9 Лекция № 9 (2 часа)**

**Тема: Изготовление деталей рабочих органов и трансмиссий сельскохозяйственных машин.**

#### **1.9.1 Вопросы лекции:**

1.1 Организационные формы сборки

1.2 Сборка типовых соединений

#### **1.9.2 Краткое содержание вопросов:**

1. В различных типах и при разных условиях производства организация сборки приобретает различные формы, указанные на рис. 15.2.

По перемещению собираемого изделия сборка подразделяется на стационарную и подвижную, по организации производства — на непоточную, групповую и поточную.

*Непоточная стационарная сборка характеризуется тем, что весь процесс сборки и его сборочных единиц выполняется на одной сборочной позиции: стенде, станке, рабочем месте, на полу цеха. Все детали, сборочные единицы (узлы) и комплектующие изделия поступают на эту позицию.*

Этот вид сборки может выполняться без расчленения сборочных работ, когда вся сборка изделия производится одной бригадой рабочих- сборщиков последовательно, т. е. от начала до конца. В этом случае применяется концентрированный технологический процесс сборки, состоящий из небольшого числа сложных операций. *К достоинствам* этого метода следует отнести: 1) сохранение неизменного положения основной базовой детали, что способствует достижению высокой точности собираемого изделия (особенно при крупных изделиях с недостаточно жесткой конструкцией); 2) использование универсальных транспортных средств, приспособлений и инструментов, что сокращает продолжительность и стоимость технической подготовки производства. *Недостатками* этого метода являются: 1) длительность общего цикла сборки, выполняемой последовательно; 2) потребность в высококвалифицированных рабочих, способных

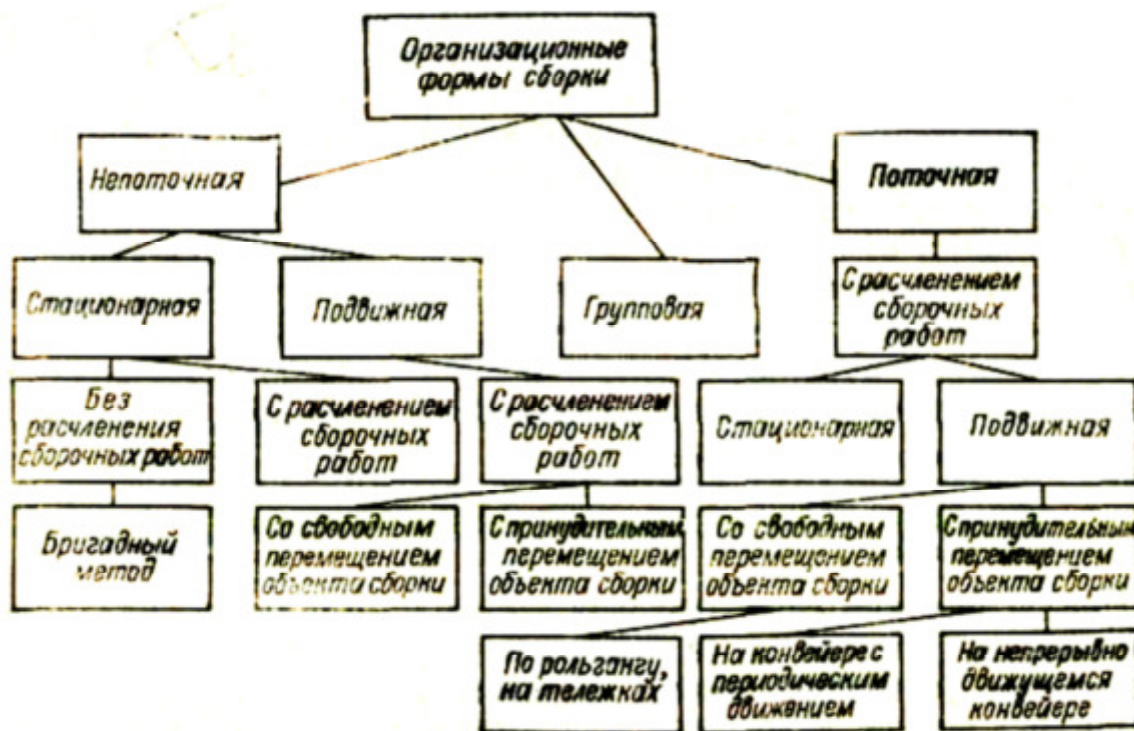


Рис. 15.2  
Схема организационных форм сборки

выполнять любую сборочную операцию; 3) увеличение потребности в больших сборочных стендах и высоких помещениях сборочных цехов, так как каждая машина, собираемая на стенде от начала до конца, длительное время занимает монтажный стенд. Это особенно существенно при увеличении производственной программы выпуска крупных машин, когда их выпуск лимитируется наличием монтажных стендов и высоких сборочных цехов.

Областью применения стационарной неподвижной сборки является единичное и мелкосерийное производство тяжелого и энергетического машиностроения, экспериментальные и ремонтные цехи (сборка крупных дизелей, прокатных станов, крупных турбин и т. п.).

*Непоточная стационарная сборка с расчленением сборочных работ предполагает дифференциацию процесса на узловую и общую сборку.*

Сборка каждой сборочной единицы и общая сборка выполняются в одно и то же время разными бригадами и многими сборщиками. Собираемая машина остается неподвижной на одном стенде. В результате такой организации длительность процесса сборки значительно сокращается.

Областью экономичного использования данного вида сборки является производство изделий, изготавливаемых единицами или в небольших количествах.

*Непоточная подвижная сборка характеризуется последовательным перемещением собираемого изделия от одной позиции к другой. Перемещение собираемого объекта от одной рабочей позиции к другой может быть свободным или принудительным. Технологический процесс сборки при этом разбивается на отдельные операции, выполняемые одним рабочим или небольшим их числом.*

*Поточная сборка характеризуется тем, что при построении технологического процесса сборки отдельные операции процесса выполняются за одинаковый промежуток времени — такт, или за промежуток времени, кратный такту. При этом на более продолжительных операциях параллельно работают несколько рабочих-сварщиков. Обеспечение одинаковой продолжительности технологических операций, называемое синхронизацией операций, достигается их перестройкой, заключающейся в уменьшении числа их переходов или их механизации (когда требуется ускорить их выполнение) или включение Главным условием организации поточной сборки является обеспечение взаимозаменяемости собираемых узлов и отдельных деталей, входящих в поточную сборку. В случае необходимости использования пригоночных работ они должны осуществляться за пределами потока на операциях предварительной сборки. При этом пригнанные детали и узлы должны подаваться на поточную сборку в окончательно скомплектованном и проконтролированном виде. Ответственным и сложным вопросом организации поточной сборки является проблема операционного контроля качества сборки и обеспечение исправления обнаруженных при контроле дефектов без нарушения установленного ритма сборки.*

## **2. Сборка типовых соединений**

- сборка подшипниковых узлов;
- сборка зубчатых передач;
- сборка червячных передач;
- сборка цепных передач;
- сборка клиноременных передач;
- сборка прокладочных соединений и уплотнений валов.

## **1.10 Лекция №10 (2 часа)**

**Тема: Технологичность конструкций машин и деталей.**

### **1.10.1 Вопросы лекции:**

1.1 Исходные данные для проектирования технологических процессов механической обработки

1.2 Проектирования технологических процессов механической обработки

### **1.10.3 Краткое содержание вопросов**

#### **1 Исходные данные для проектирования технологических процессов механической обработки**

Технология машиностроения рассматривает методы разработки и построения рациональных технологических процессов, выбор способа получения заготовки, технологического оборудования, инструмента и приспособлений, назначение режимов резания и установление технически обоснованных норм времени. К проектированию технологического процесса обработки детали можно приступить, если имеются следующие материалы: рабочий чертеж детали; данные о заготовке; размер производственной программы и срок ее выполнения; сведения о специфических условиях данного производства.

*Рабочий чертеж детали* должен полностью определять данную деталь и содержать необходимые указания для ее изготовления: сечений; все необходимые размеры, расставленные с соблюдением правил расстановки их на чертежах; допуски на неточность изготовления; данные о шероховатости поверхности после обработки; указания о необрабатываемых поверхностях (если они есть); материал и его марку; указания о термообработке и твердости; указание о числе деталей на одно изделие.

Кроме того, для понимания условий работы детали желательно ознакомиться со сборочным чертежом узла (машины), в который входит данная деталь.

*Данные о заготовке* желательно иметь в виде рабочего чертежа.

Чертеж заготовки дает представление о величинах припусков и допусков, о расположении заусенцев и уклонов у штамповок и отливок и т. д. Эти данные необходимы для выбора баз при механической обработке, режимов резания, проектирования приспособлений для механической обработки. Самостоятельные чертежи заготовок выполняют обычно в условиях массового и крупносерийного производств. В серийном производстве чертеж заготовки часто делают цветным карандашом на чертеже детали с проставлением соответствующих размеров и допусков. В единичном (индивидуальном) производстве чертеж заготовки можно не делать; в этом случае должны быть даны указания о величинах припусков, расположении заусенцев.



Проектирование (выбор) заготовки в зависимости от конкретных условий завода может осуществляться независимо от проектирования механической обработки детали. Однако и в этом случае данные (чертеж) заготовки должны быть согласованы с технологом, занимающимся проектированием процесса механической обработки детали.

*Размер производственной программы и срок ее выполнения* во многом определяют характер применяемого оборудования, приспособлений, инструмента, а также степень проработки технологического процесса. От суммы программных заданий всех изделий зависит производственная программа завода.

*Производственная программа* машиностроительного завода содержит номенклатуру и число выпускаемых изделий (с указанием их типов и размеров), а также перечень и количество запасных частей для выпускаемых изделий. Производственную программу устанавливают на год. При неравномерном по времени выпуске производственную программу можно устанавливать по кварталам или месяцам. На основании производственной программы завода составляют производственные программы отдельных цехов.

*Сведения об условиях данного производства* должны характеризовать его специфику (новый, реконструируемый, действующий завод). Для нового завода можно проектировать технологический процесс использованием самого новейшего оборудования. Для реконструируемого и особенно для действующего завода необходимо располагать сведениями об имеющемся оборудовании. Во всех случаях необходимо учитывать наличные площади для размещения оборудования. Могут быть и другие условия производства, которые также необходимо принимать во внимание, например необходимость развития производства в несколько очередей.

При проектировании технологических процессов необходимы справочные и нормативные материалы: каталоги и паспорта оборудования; альбомы и каталоги приспособлений; ГОСТы, нормалы и каталоги на режущие и измерительные инструменты; данные о шероховатости поверхностей и экономической точности при различных методах обработки резанием; данные о типовых вариантах обработки деталей для получения заданной точности; справочные данные о режимах резания и для определения норм времени на операции; тарифно-квалификационные справочники и другие материалы. Для оформления разработанных технологических процессов необходимо иметь бланки технологических карт.

Практически при проектировании технологических процессов, а также в заводских условиях величину партии деталей  $n$ , запускаемых в производство одновременно,

определяют из расчета пропускной способности сборочного цеха, т. е. его способности обеспечить бесперебойную равномерную сборку машин.

Программное годовое задание сборочного цеха обычно предусматривает равномерный выпуск изделий в течение года равными сериями, поэтому при отсутствии других установок величину партии деталей можно установить из выражения

$$n = \Pi_d / 12$$

где  $\Pi_d$  — производственное годовое задание по данной детали, шт.;

12 — число месяцев в году.

Задел — число деталей, находящихся в обработке. Межоперационные заделы деталей у станков дают возможность не нарушать ритм работы поточной линии при вынужденном уменьшении выпуска деталей с отдельных рабочих мест линии. В последующие часы выпуск деталей с этих рабочих мест должен быть увеличен, чтобы обеспечить заданный выпуск в смену и восстановить нарушенные межоперационные заделы.

В непоточном производстве необходимый задел деталей

$$Q = T_{\text{ц}} N,$$

где  $T_{\text{ц}}$  — продолжительность цикла изготавливаемых деталей, дни (которая учитывает станочное время, время передачи заготовки от станка к станку, время транспортирования между цехами, нахождение заготовок на складах; это время значительно больше суммы штучных времен операций);  $N$  — суточный выпуск деталей.

### **3.2 Проектирования технологических процессов механической обработки**

Проектирование технологических процессов — важный элемент процесса производства. От степени рациональности технологических процессов зависят качество и стоимость продукции.

При проектировании технологических процессов должны быть решены две основные задачи:

технологический процесс для заданных условий и масштаба производства должен обеспечить надежное (без брака) осуществление всех требований рабочего чертежа и технических условий на изделие;

технологический процесс должен быть максимально экономичным.

Требование экономичности процесса часто не совпадает с его максимальной производительностью. И в исключительных случаях (срочный выпуск особо важной продукции, расшивка «узких» мест производства и т. п.) на определенный период времени отступают от принципа экономичности процесса, отдавая предпочтение наибольшей производительности.

Для выбора наиболее экономичного варианта технологического процесса часто приходится составлять два-три конкурирующих варианта, которые сравнивают между собой. Обычно предпочтение при прочих равных условиях отдают наиболее экономичному варианту. Требование экономичности часто приводит к тому, что наиболее целесообразным оказывается не самый совершенный процесс из всех существующих и не на самом лучшем оборудовании, а тот, при котором надежно выполняются требования рабочего чертежа и который для данных условий является наиболее экономичным.

*Степень проработки технологического процесса.* В зависимости от масштаба производства технологический процесс бывает разработан более или менее подробно. В единичном и мелкосерийном производствах технологический процесс разрабатывают не подробно. В этих условиях составляют так называемую маршрутную технологию («технологический маршрут») — перечень операций, и на каждую операцию определяют штучное время и разряд работ. Однако при обработке сложных и дорогих деталей даже в условиях единичного производства технологические процессы разрабатывают более подробно.

В серийном производстве представляют маршрутно-операционное описание технологического процесса. На наиболее сложные операции составляют операционные процессы (с режимами резания), а на простые — технологический маршрут. Для сложных и ответственных деталей (корпуса редукторов, коленчатые валы и др.) разрабатывают операционную технологию (характерную для массового производства).

При крупносерийном и массовом производствах составляют операционную технологию, которая более подробна, чем маршрутно-операционная.

В состав работ при проектировании процессов обработки деталей входят: определение типа производства; определение вида и размера заготовки; составление плана обработки детали (установление порядка операций); выбор станков для отдельных операций; разработка отдельных операций; оформление технологической документации; технико-экономические расчеты.

В некоторых случаях для установления наиболее выгодного варианта обработки приходится разрабатывать два-три варианта технологического процесса. В этом случае часть или все перечисленные работы приходится также делать два-три раза.

*Определение вида и размера заготовки.* Его производят, исходя из материала детали и его технологических свойств (способности пластически деформироваться, литейных свойств и др.); формы и размеров детали; условий работы деталей; масштаба производства. Более подробно этот вопрос разобран в подразделе 2.1.

Составление плана обработки детали (установление порядка операций).

При составлении плана обработки детали руководствуются следующими общими положениями. Операции назначают, исходя из конструктивных форм, размеров детали и типа производства; в первую очередь обрабатывают те поверхности детали, которые будут базами для последующей обработки; после базовых поверхностей обрабатывают поверхности, с которых снимают наибольшие слои металла; отделочные операции выполняют в конце обработки; операции механической обработки увязывают с термическими операциями. Конструктивные формы и размеры детали являются исходными факторами, определяющими характер и последовательность обработки детали.

Так, черновую обработку деталей типа тел вращения производят на токарных станках, а детали с плоскими поверхностями обрабатывают на фрезерных и строгальных станках. Чистовую обработку деталей типа тел вращения ведут на круглошлифовальных станках, а деталей с плоскими поверхностями — на плоскошлифовальных станках. Зубья на зубчатом колесе с внутренними зубьями могут быть получены только методом зубодолбления.

Размеры деталей определяют выбор типоразмера станков, в некоторых случаях и метод обработки. Так, зубчатые колеса малых модулей экономичнее изготавливать зубодолблением, а крупных модулей — зубофрезерованием червячными фрезами.

Масштаб производства влияет на выбор применяемых методов обработки и станков. Например, черновую обработку плоских поверхностей в условиях единичного производства чаще ведут на строгальных станках, а в условиях серийного и массового производств — на фрезерных. Для изготовления мелких деталей типа тел вращения применяют при единичном производстве универсальные токарные станки, при серийном — токарно-револьверные, при массовом — токарные автоматы и полуавтоматы.

Обработка в первую очередь базовых поверхностей повышает точность последующей обработки. Характерным примером является предварительная обработка центровых гнезд при точении валов; последующую обработку валов ведут с использованием центровых гнезд в качестве баз.

При построении плана обработки стремятся к тому, чтобы каждая последующая операция была точнее предыдущей, поэтому в качестве первых операций механической обработки назначают операции, при выполнении которых снимают наибольшие слои металла. Это обусловлено, во-первых, тем, что при снятии больших слоев металла легче обнаружить дефекты заготовки (трещины, раковины, включения и т. п.), во-вторых, при снятии с заготовок припусков вследствие перераспределения напряжений возможно их коробление. При последующей чистовой обработке коробление будет минимальным.

Отделочные операции располагают в конце цикла обработки для уменьшения возможности повреждения окончательно обработанных поверхностей. Отделочные обработки выбирают в зависимости от требуемых чертежом точности и класса шероховатости поверхности.

Операции, связанные с механической обработкой детали, должны быть увязаны с термическими операциями. Часто закалку с низким отпуском проводят перед шлифованием, закалку с высоким отпуском (улучшение) — между черновой и чистовой обработкой точением, фрезерованием, строганием. Перед процессом механической обработки заготовки (отливки, штамповки, поковки) часто подвергают отжигу или нормализации.

При разработке плана обработки общий припуск распределяют по отдельным операциям и определяют операционные (межоперационные) размеры.

Выбор станков для отдельных операций. Станок выбирают по паспортам, каталогам, по фактическому наличию в соответствии с характером обработки, требованиями к точности и шероховатости поверхности на данной операции, размерами обрабатываемой детали, масштабом производства.

Размеры станка должны соответствовать размерам обрабатываемой детали. Необходимо стремиться к максимально эффективному использованию станка по мощности и времени, а для многопозиционных станков — позиций и суппортов.

При выборе станка важным фактором является его стоимость и себестоимость обработки на нем детали. При прочих равных условиях отдают предпочтение более дешевому станку или станку, обеспечивающему минимальную себестоимость обработки. Если дорогому станку соответствует минимальная себестоимость обработки детали, то следует определить экономическую целесообразность приобретения такого станка.

При выборе станков следует также учитывать необходимость использования имеющихся в наличии станков и реальную возможность приобретения того или иного станка.

В единичном производстве применяют универсальные станки, серийном — специализированные, а в массовом — специальные (автоматы, полуавтоматы, агрегатные и др.).

Разработка отдельных операций. При разработке отдельных операций выполняют следующие работы: выбирают базы; разбивают операцию на отдельные переходы; выбирают (или при необходимости проектируют) режущий и измерительный инструмент; выбирают или проектируют необходимое приспособление; назначают режимы резания; подсчитывают штучное время; определяют разряд квалификации работы; рассчитывают потребное число станков.

## **1 Вопросы лекции:**

### **1.1 Исходные данные для проектирования технологических процессов механической обработки**

### **1.2 Проектирования технологических процессов механической обработки**

## **3 Краткое содержание вопросов**

### **3.1 Исходные данные для проектирования технологических процессов механической обработки**

Технология машиностроения рассматривает методы разработки и построения рациональных технологических процессов, выбор способа получения заготовки, технологического оборудования, инструмента и приспособлений, назначение режимов резания и установление технически обоснованных норм времени. К проектированию технологического процесса обработки детали можно приступить, если имеются следующие материалы: рабочий чертеж детали; данные о заготовке; размер производственной программы и срок ее выполнения; сведения о специфических условиях данного производства.

*Рабочий чертеж детали* должен полностью определять данную деталь и содержать необходимые указания для ее изготовления: сечений; все необходимые размеры, расставленные с соблюдением правил расстановки их на чертежах; допуски на неточность изготовления; данные о шероховатости поверхности после обработки; указания о необрабатываемых поверхностях (если они есть); материал и его марку; указания о термообработке и твердости; указание о числе деталей на одно изделие.

Кроме того, для понимания условий работы детали желательно ознакомиться со сборочным чертежом узла (машины), в который входит данная деталь.

*Данные о заготовке* желательно иметь в виде рабочего чертежа.

Чертеж заготовки дает представление о величинах припусков и допусков, о расположении заусенцев и уклонов у штамповок и отливок и т. д. Эти данные необходимы для выбора баз при механической обработке, режимов резания, проектирования приспособлений для механической обработки. Самостоятельные чертежи заготовок выполняют обычно в условиях массового и крупносерийного производств. В серийном производстве чертеж заготовки часто делают цветным карандашом на чертеже детали с проставлением соответствующих размеров и допусков. В единичном (индивидуальном) производстве чертеж заготовки можно не делать; в этом случае должны быть даны указания о величинах припусков, расположении заусенцев.

Проектирование (выбор) заготовки в зависимости от конкретных условий завода может осуществляться независимо от проектирования механической обработки детали. Однако и в этом случае данные (чертеж) заготовки должны быть согласованы с технологом, занимающимся проектированием процесса механической обработки детали.

*Размер производственной программы и срок ее выполнения* во многом определяют характер применяемого оборудования, приспособлений, инструмента, а также степень проработки технологического процесса. От суммы программных заданий всех изделий зависит производственная программа завода.

*Производственная программа* машиностроительного завода содержит номенклатуру и число выпускаемых изделий (с указанием их типов и размеров), а также перечень и количество запасных частей для выпускаемых изделий. Производственную программу устанавливают на год. При неравномерном по времени выпуске производственную программу можно устанавливать по кварталам или месяцам. На основании производственной программы завода составляют производственные программы отдельных цехов.

*Сведения об условиях данного производства* должны характеризовать его специфику (новый, реконструируемый, действующий завод). Для нового завода можно проектировать технологический процесс использованием самого новейшего оборудования. Для реконструируемого и особенно для действующего завода необходимо располагать сведениями об имеющемся оборудовании. Во всех случаях необходимо учитывать наличные площади для размещения оборудования. Могут быть и другие условия производства, которые также необходимо принимать во внимание, например необходимость развития производства в несколько очередей.

При проектировании технологических процессов необходимы справочные и нормативные материалы: каталоги и паспорта оборудования; альбомы и каталоги приспособлений; ГОСТы, нормалы и каталоги на режущие и измерительные инструменты; данные о шероховатости поверхностей и экономической точности при различных методах обработки резанием; данные о типовых вариантах обработки деталей для получения заданной точности; справочные данные о режимах резания и для определения норм времени на операции; тарифно-квалификационные справочники и другие материалы. Для оформления разработанных технологических процессов необходимо иметь бланки технологических карт.

Практически при проектировании технологических процессов, а также в заводских условиях величину партии деталей  $n$ , запускаемых в производство одновременно,

определяют из расчета пропускной способности сборочного цеха, т. е. его способности обеспечить бесперебойную равномерную сборку машин.

Программное годовое задание сборочного цеха обычно предусматривает равномерный выпуск изделий в течение года равными сериями, поэтому при отсутствии других установок величину партии деталей можно установить из выражения

$$n = \Pi_d / 12$$

где  $\Pi_d$  — производственное годовое задание по данной детали, шт.;

12 — число месяцев в году.

Задел — число деталей, находящихся в обработке. Межоперационные заделы деталей у станков дают возможность не нарушать ритм работы поточной линии при вынужденном уменьшении выпуска деталей с отдельных рабочих мест линии. В последующие часы выпуск деталей с этих рабочих мест должен быть увеличен, чтобы обеспечить заданный выпуск в смену и восстановить нарушенные межоперационные заделы.

В непоточном производстве необходимый задел деталей

$$Q = T_{\text{ц}} N,$$

где  $T_{\text{ц}}$  — продолжительность цикла изготавливаемых деталей, дни (которая учитывает станочное время, время передачи заготовки от станка к станку, время транспортирования между цехами, нахождение заготовок на складах; это время значительно больше суммы штучных времен операций);  $N$  — суточный выпуск деталей.

### **3.2 Проектирования технологических процессов механической обработки**

Проектирование технологических процессов — важный элемент процесса производства. От степени рациональности технологических процессов зависят качество и стоимость продукции.

При проектировании технологических процессов должны быть решены две основные задачи:

технологический процесс для заданных условий и масштаба производства должен обеспечить надежное (без брака) осуществление всех требований рабочего чертежа и технических условий на изделие;

технологический процесс должен быть максимально экономичным.

Требование экономичности процесса часто не совпадает с его максимальной производительностью. И в исключительных случаях (срочный выпуск особо важной продукции, расшивка «узких» мест производства и т. п.) на определенный период времени отступают от принципа экономичности процесса, отдавая предпочтение наибольшей производительности.



Для выбора наиболее экономичного варианта технологического процесса часто приходится составлять два-три конкурирующих варианта, которые сравнивают между собой. Обычно предпочтение при прочих равных условиях отдают наиболее экономичному варианту. Требование экономичности часто приводит к тому, что наиболее целесообразным оказывается не самый совершенный процесс из всех существующих и не на самом лучшем оборудовании, а тот, при котором надежно выполняются требования рабочего чертежа и который для данных условий является наиболее экономичным.

*Степень проработки технологического процесса.* В зависимости от масштаба производства технологический процесс бывает разработан более или менее подробно. В единичном и мелкосерийном производствах технологический процесс разрабатывают не подробно. В этих условиях составляют так называемую маршрутную технологию («технологический маршрут») — перечень операций, и на каждую операцию определяют штучное время и разряд работ. Однако при обработке сложных и дорогих деталей даже в условиях единичного производства технологические процессы разрабатывают более подробно.

В серийном производстве представляют маршрутно-операционное описание технологического процесса. На наиболее сложные операции составляют операционные процессы (с режимами резания), а на простые — технологический маршрут. Для сложных и ответственных деталей (корпуса редукторов, коленчатые валы и др.) разрабатывают операционную технологию (характерную для массового производства).

При крупносерийном и массовом производствах составляют операционную технологию, которая более подробна, чем маршрутно-операционная.

В состав работ при проектировании процессов обработки деталей входят: определение типа производства; определение вида и размера заготовки; составление плана обработки детали (установление порядка операций); выбор станков для отдельных операций; разработка отдельных операций; оформление технологической документации; технико-экономические расчеты.

В некоторых случаях для установления наиболее выгодного варианта обработки приходится разрабатывать два-три варианта технологического процесса. В этом случае часть или все перечисленные работы приходится также делать два-три раза.

*Определение вида и размера заготовки.* Его производят, исходя из материала детали и его технологических свойств (способности пластически деформироваться, литейных свойств и др.); формы и размеров детали; условий работы деталей; масштаба производства. Более подробно этот вопрос разобран в подразделе 2.1.

Составление плана обработки детали (установление порядка операций).

При составлении плана обработки детали руководствуются следующими общими положениями. Операции назначают, исходя из конструктивных форм, размеров детали и типа производства; в первую очередь обрабатывают те поверхности детали, которые будут базами для последующей обработки; после базовых поверхностей обрабатывают поверхности, с которых снимают наибольшие слои металла; отделочные операции выполняют в конце обработки; операции механической обработки увязывают с термическими операциями. Конструктивные формы и размеры детали являются исходными факторами, определяющими характер и последовательность обработки детали.

Так, черновую обработку деталей типа тел вращения производят на токарных станках, а детали с плоскими поверхностями обрабатывают на фрезерных и строгальных станках. Чистовую обработку деталей типа тел вращения ведут на круглошлифовальных станках, а деталей с плоскими поверхностями — на плоскошлифовальных станках. Зубья на зубчатом колесе с внутренними зубьями могут быть получены только методом зубодолбления.

Размеры деталей определяют выбор типоразмера станков, в некоторых случаях и метод обработки. Так, зубчатые колеса малых модулей экономичнее изготавливать зубодолблением, а крупных модулей — зубофрезерованием червячными фрезами.

Масштаб производства влияет на выбор применяемых методов обработки и станков. Например, черновую обработку плоских поверхностей в условиях единичного производства чаще ведут на строгальных станках, а в условиях серийного и массового производств — на фрезерных. Для изготовления мелких деталей типа тел вращения применяют при единичном производстве универсальные токарные станки, при серийном — токарно-револьверные, при массовом — токарные автоматы и полуавтоматы.

Обработка в первую очередь базовых поверхностей повышает точность последующей обработки. Характерным примером является предварительная обработка центровых гнезд при точении валов; последующую обработку валов ведут с использованием центровых гнезд в качестве баз.

При построении плана обработки стремятся к тому, чтобы каждая последующая операция была точнее предыдущей, поэтому в качестве первых операций механической обработки назначают операции, при выполнении которых снимают наибольшие слои металла. Это обусловлено, во-первых, тем, что при снятии больших слоев металла легче обнаружить дефекты заготовки (трещины, раковины, включения и т. п.), во-вторых, при снятии с заготовок припусков вследствие перераспределения напряжений возможно их коробление. При последующей чистовой обработке коробление будет минимальным.

Отделочные операции располагают в конце цикла обработки для уменьшения возможности повреждения окончательно обработанных поверхностей. Отделочные обработки выбирают в зависимости от требуемых чертежом точности и класса шероховатости поверхности.

Операции, связанные с механической обработкой детали, должны быть увязаны с термическими операциями. Часто закалку с низким отпуском проводят перед шлифованием, закалку с высоким отпуском (улучшение) — между черновой и чистовой обработкой точением, фрезерованием, строганием. Перед процессом механической обработки заготовки (отливки, штамповки, поковки) часто подвергают отжигу или нормализации.

При разработке плана обработки общий припуск распределяют по отдельным операциям и определяют операционные (межоперационные) размеры.

Выбор станков для отдельных операций. Станок выбирают по паспортам, каталогам, по фактическому наличию в соответствии с характером обработки, требованиями к точности и шероховатости поверхности на данной операции, размерами обрабатываемой детали, масштабом производства.

Размеры станка должны соответствовать размерам обрабатываемой детали. Необходимо стремиться к максимально эффективному использованию станка по мощности и времени, а для многопозиционных станков — позиций и суппортов.

При выборе станка важным фактором является его стоимость и себестоимость обработки на нем детали. При прочих равных условиях отдают предпочтение более дешевому станку или станку, обеспечивающему минимальную себестоимость обработки. Если дорогому станку соответствует минимальная себестоимость обработки детали, то следует определить экономическую целесообразность приобретения такого станка.

При выборе станков следует также учитывать необходимость использования имеющихся в наличии станков и реальную возможность приобретения того или иного станка.

В единичном производстве применяют универсальные станки, серийном — специализированные, а в массовом — специальные (автоматы, полуавтоматы, агрегатные и др.).

Разработка отдельных операций. При разработке отдельных операций выполняют следующие работы: выбирают базы; разбивают операцию на отдельные переходы; выбирают (или при необходимости проектируют) режущий и измерительный инструмент; выбирают или проектируют необходимое приспособление; назначают режимы резания; подсчитывают штучное время; определяют разряд квалификации работы; рассчитывают потребное число станков.

## **1.11 Лекция №11 (2часа)**

### **Тема: «Базы и базирование заготовок»**

#### **1.11.1 Вопросы лекции**

1. Виды установок деталей на станках
2. Базы и их выбор
- 3.Правило шести точек.
- 4.Правила совмещения и постоянства баз

#### **1.11.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Виды установок деталей на станках**

Существуют два основных вида установки деталей на станках: установка детали на станке с выверкой ее положения и установка детали на станке без выверки ее положения. Установка детали на станке с выверкой ее положения может быть без разметки и по разметке. Для проверки точности установки детали на станке применяют линейки, уровни (для выверки горизонтального положения поверхностей), штангенрейсмусы, рейсмусы.

По разметке устанавливают главным образом крупные поковки и отливки, а также заготовки сложной конфигурации (например, сложные отливки). При разметке деталь (заготовку) покрывают меловой краской, а затем, после того как краска высохнет, на заготовку наносят осевые линии, контуры детали, «выкраивая» деталь из заготовки. Чтобы линии были заметнее, вдоль них через определенные промежутки наносят кернером углубления. Деталь на станке устанавливают по проведенным осям и линиям, что облегчает операцию.

Разметка весьма трудоемка и требует высокой квалификации рабочего (разметчика). Установка деталей по разметке не обеспечивает высокой точности. Точность разметки составляет 0,2...0,5 мм. В условиях крупносерийного и массового производства применение разметки недопустимо.

Установку детали на станке без выверки ее положения чаще применяют в условиях крупносерийного и массового производств с использованием специальных приспособлений. Этот вид установки обеспечивает достаточно высокую точность обрабатываемой детали и небольшие затраты времени на закрепление детали. В этом случае отпадает необходимость выверки точности установки детали на станке, устраняется влияние субъективных факторов на точность расположения детали на станке. Даже при применении специальных приспособлений станок периодически настраивают.

Настройка заключается в установке режущего инструмента относительно приспособления в такое положение, при котором обеспечивается требуемый размер

обрабатываемых деталей. Настройку станка производят либо при замене режущего инструмента, либо для восстановления размера детали в связи с износом инструмента.

В некоторых случаях деталь устанавливают на станке без выверки ее положения с применением только универсальных приспособлений. Например, установка зацентрированной заготовки в центрах токарного станка, установка заготовки обработанной поверхностью на стол фрезерного станка.

## **2. Базы и их выбор**

Базами служат поверхности, линии, точки и их совокупности, используемые для расположения деталей в узле или изделии, для ориентации детали на станке, для измерения детали. По назначению базы делятся на конструкторские, технологические и измерительные.

*Конструкторская база* — совокупность поверхностей, линий, точек, от которых заданы размеры и положение деталей или сборочной единицы в изделии. Конструкторские базы могут быть реальными (материальная поверхность) или геометрическими (осевые линии, точки).

*Технологические базы* — поверхности (а также линии и точки) детали, служащие для установки детали на станке и ориентирующие ее относительно режущего инструмента. Установочными базами могут быть различные поверхности заготовок (наружные и внутренние цилиндрические поверхности, центровые гнезда, плоскости, поверхности зубьев колес, поверхность резьбы). В качестве баз при первоначальной обработке используют необработанные поверхности (черновые базы), при последующей обработке — обработанные поверхности (чистовые базы).

Технологические базы делятся на основные и вспомогательные. Основные технологические базы — это поверхности, которые не только ориентируют заготовку (деталь) на станке, но и задают положение детали в машине относительно других деталей при ее работе. Например, отверстие зубчатого колеса является основной базой, используемой для ориентации колеса при сборке относительно других деталей. Это же отверстие может быть использовано и для установки зубчатых колес при обработке на станке.

Вспомогательные технологические базы — это поверхности, которые используют только для установки детали на станке, они не имеют особого значения для работы детали в машине. Примером вспомогательной базы могут служить центровые гнезда у вала, обтачиваемого и шлифуемого с установкой его в центрах.

*Измерительная база* — поверхность (линия или точка), от которой измеряют выдерживаемые размеры.

### 3 Правило шести точек.

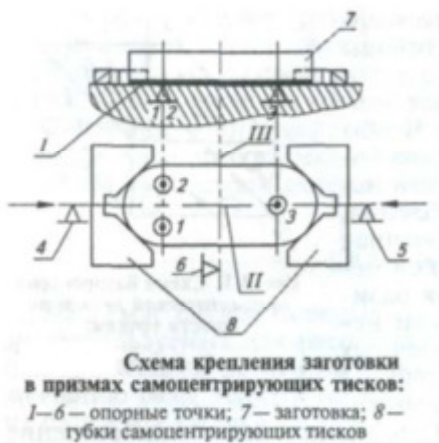
При установке заготовки на станке (в приспособлении) необходимо лишить ее всех степеней свободы. Из механики известно, что каждое твердое тело имеет шесть степеней свободы (три поступательных и три вращательных движения относительно трех взаимно-перпендикулярных осей). Чтобы лишить заготовку всех степеней свободы, необходимо ее прижать к шести неподвижным точкам приспособления, так как неподвижная одноточечная опора лишает тело только одной степени свободы. Таким образом, при базировании детали в приспособлении необходимо иметь шесть одноточечных опор (правило шести точек). На рис. приведена схема базирования призматической детали по шести точкам опор (правило шести точек). На рис. приведена схема базирования призматической детали по шести точкам. Стрелками показано направление трех зажимов.

Шесть опорных точек должны быть расположены в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях: три точки (1, 2 и 3) в плоскости  $XOY$ , две точки (4 и 5) в плоскости  $XOZ$  одна точка (6) в плоскости  $YOZ$ . Три точки (1, 2 и 3) лишают деталь возможности перемещаться в направлении оси  $Z$  и вращаться вокруг осей  $X$  и  $Y$ , т. е. лишают деталь трех степеней свободы. Две точки (4 и 5) не дают возможности детали перемещаться в направлении оси  $Y$  и вращаться вокруг оси  $Z$ , т. е. лишают деталь двух степеней свободы. Точка 6 лишает деталь одной степени свободы — не дает возможности перемещаться в направлении оси  $X$ .

Если увеличить число неподвижных опор сверх шести, то окажется, что деталь не будет опираться на все опоры либо при недостаточной жесткости она силой зажима может быть деформирована и прижата ко всем опорам. Излишнее число опор может привести к ошибкам закрепления, когда неточность обработки базирующих поверхностей будет превышать определенные пределы.

Точечные опоры (в виде штифтов со сферической головкой) в приспособлениях применяют при базировании заготовок, имеющих необработанные базовые поверхности (черновые базы), при установке заготовок с чисто обработанными поверхностями (чистовые базы) применяют опоры в виде пластин во избежание вмятин (при применении штифтов).

По лишаемым степеням свободы технологические базы разделяют на установочные (лишают заготовку трех степеней свободы), направляющие (лишают заготовку двух степеней свободы) и опорные (лишают заготовку одной степени свободы). Применительно к базированию призматической детали (см. рис. 3.1) плоскость  $XOY$  — установочная база,  $XOZ$  — направляющая база,  $YOZ$  — опорная база.



По характеру проявления технологические базы разделяют на явные и скрытые. Явная база — база в виде реальной поверхности. Скрытая (условная) база — база в виде воображаемой плоскости, оси или точки. На рис. 3.2 показана схема крепления заготовки в призмах самоцентрирующих тисков. Здесь цифрой / обозначена технологическая явная база, цифрой Я — направляющая скрытая (условная) база, цифрой III — опорная скрытая (условная) база

заготовки. Использование условных (скрытых) баз в некоторых случаях повышает точность базирования в результате исключения из расчетов погрешностей реальных поверхностей.

При базировании цилиндрической детали на призме необходимо также шесть одноточечных опор: 1—4 — на призме, 5 — в виде упора (для предотвращения осевого перемещения), 6 — в виде шпонки (для предотвращения вращательного движения).

**4 Правила совмещения и постоянства баз.** Выбор баз. Для достижения большей точности размеров детали придерживаются принципов совмещения и постоянства баз.

Принцип совмещения баз требует совмещения установочной и измерительной баз. Лучшие результаты по точности получаются в том случае, если установочная база является основной. При несовпадении измерительной и установочной баз возникают погрешности базирования.

Погрешность базирования — разность предельных расстояний измерительной базы относительно режущего инструмента (установленного на размер). Погрешность базирования имеет конкретный характер и рассчитывается для определенных условий обработки деталей.

При совмещении установочной и измерительной баз погрешность базирования равна нулю ( $e_5 = 0$ ). Кроме того, при работе методом пробных стружек, когда станок не настроен на размер и рабочий для каждой детали регулирует положение режущей кромки относительно детали, промеряет каждую деталь (от измерительной базы), погрешность базирования также считается равной нулю ( $e_5 = 0$ ).

На рис. приведена схема установки заготовки при фрезеровании уступа. Фреза установлена на размер  $a = \text{const}$  и  $b = \text{const}$  относительно точечных опор приспособления. Для размера  $a$  установочная и измерительная базы совмещены, поэтому погрешность базирования ( $e_5 = 0$ ). Колебания размера  $a$  в процессе обработки партии деталей

обусловлены неоднородностью материала заготовок, износом фрезы и др. Для размера  $h$  погрешность базирования равна допуску на размер  $H$ , т. е.

$$\varepsilon_{\text{бб}} = \Delta H,$$

где  $\Delta H$  — допуск на размер  $H$  заготовки.

заготовки (вала) в призму (рис. 3.5). Любая цилиндрическая заготовка имеет допуск на диаметр, поэтому на рис. 3.5, а заготовка



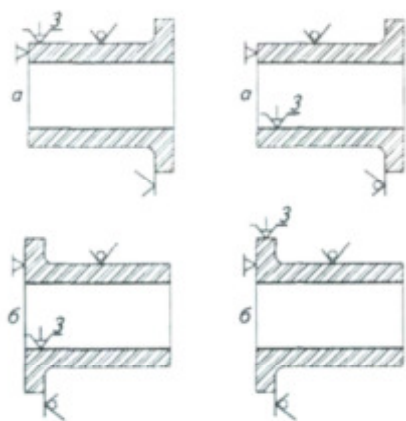
показана двумя диаметрами с центрами  $C$  и  $C''$ , различающимися на величину допуска. Точки  $K'$  и  $K''$  — точки касания деталей с поверхностью призмы. При выполнении размера  $A_j$  погрешность базирования определяется

разностью предельных размеров (точки  $A$  и  $A''$ ) до установленного на размер инструмента

Принцип постоянства базы требует применения в ходе обработки детали в качестве установочной базы одних и тех же поверхностей. Наилучший случай — обработка детали с одной базы (например, точение из пруткового материала детали типа болта, втулки за один установ). Для соблюдения постоянства базы на деталях часто создают вспомогательные установочные базы (центровые гнезда в валах, выточки в юбке поршня, отверстия под установочные штифты в корпусных деталях типа блоков). В некоторых случаях постоянство установочной базы трудно выдержать. Тогда стремятся иметь минимальное число баз и в качестве новой установочной базы выбирают более точно обработанные поверхности. При выборе черновых баз руководствуются несколькими основными правилами.

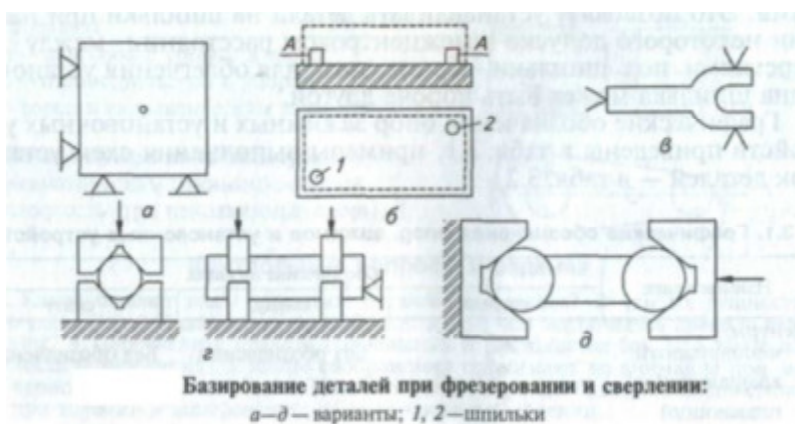
1. Базовые поверхности должны быть по возможности ровными и чистыми. Не следует принимать за базы поверхности, на которых располагаются литники, выпоры, заусенцы.





Схемы обработки втулки, наружный диаметр которой не требует обработки:  
а — правильно; б — неправильно

2. Базовые поверхности должны стабильно располагаться относительно других поверхностей. Так, не следует брать за черновую базу поверхность отверстия, получаемого отливкой, так как расположение отверстия может изменяться из-за смещения стержня. 3. За черновые базы рекомендуется принимать поверхности с минимальными припусками или вообще не подвергаемые обработке. Это уменьшает опасность появления брака по черноте. В качестве примера на рис. 3.6 приведена схема обработки на токарном станке детали типа втулки, наружный диаметр которой не требует обработки. При установке следует закрепить деталь за необрабатываемую поверхность (рис. 3.6, а); в данном случае внутренняя цилиндрическая поверхность будет концентрична наружной. Если при установке базировать деталь по внутренней поверхности (рис. 3.6, б), то после обработки на установке Б может образоваться неконцентричность наружной и внутренней поверхностей, т. е. разностенность детали или даже появление брака по черноте.



4. Черновые базы при переустановке заготовки заменяют чистовыми.

Чистовые базы выбирают с учетом следующих соображений.

1. При чистовой обработке в качестве установочных баз, если есть выбор, выбирают основные, а не вспомогательные базы; это обеспечивает большую точность обработки

2. Желательно вести обработку при минимальном числе баз.

3. Необходимо соблюдать принцип совмещения баз, т. е. совмещать установочную и измерительную базы.

4. Установочная база должна быть выбрана с учетом отсутствия деформаций заготовки; это достигается



соответствующим расположением базовых поверхностей и приложением силы зажима к детали.

Правильно выбранные базы (черновые и чистовые) должны обеспечить простоту и дешевизну приспособлений, удобство установки детали.

## 1.12 Лекция №12 (2часа)

**Тема: Жесткость и податливость технологической системы: станок – приспособление – инструмент – деталь**

### 1.12.1 Вопросы лекции

1.1 Погрешности обработки, возникающие вследствие упругих деформаций системы СПИД под действием сил резания.

1.2 Влияние разных факторов на жесткость технологической системы СПИД.

1.3 Понятие о технологической наследственности.

1.4 Основные причины отклонений деталей от правильной геометрической формы при токарной обработке.

1.5 Способы обеспечения точности обработки.

### 1.12.2 Краткое содержание вопросов:

**1. Погрешности обработки, возникающие вследствие упругих деформаций системы СПИД под действием сил резания.**

Рассмотрим погрешности обработки от упругих деформаций элементов станка, инструмента и обрабатываемой детали на примере точения.

**Станок.** Для рассмотрения существа вопроса введем понятие жесткости станка.

*Жесткость  $y$ , Н/м, — способность системы противостоять действию силы. Она выражается силой, отнесенной к возникшей деформации в направлении действия силы.*

Наибольшую деформацию при обработке деталей точением вызывает радиальная

составляющая силы резания  $P_y$ .  $J = \frac{P_y \cdot 9,81}{y \cdot 10^{-3}}$  Поэтому

где  $y$  — деформация элемента системы в направлении действия силы  $P_y$ , мм.

Реже для расчетов применяют понятие податливости системы,  $w$  мкм/кг, которая

представляет собой величину, обратную жесткости,  $W = \frac{1}{J} = \text{мм/кг} = \text{мкм/кг}$ . У токарного станка определяют жесткость передней, задней бабки и суппорта. Жесткость узлов станка устанавливают экспериментально путем их ступенчатого нагружения и одновременного замера возникающих деформаций испытуемого узла в направлении действия силы  $P_y$ . При этом строят зависимость  $y = AP_y$ . Нагрузочные и разгрузочные кривые — характеристика

жесткости – обычно не совпадают из-за явления гистерезиса (рассеивание энергии за один цикл нагружения). При повторных многократных нагружениях петля гистерезиса уменьшается. Зависимость  $y=f(P_y)$  для элементов станка не прямолинейна, хотя и близка к прямой.

Влияние жесткости станка на точность обработки рассмотрим на примере точения в центрах гладкого вала. Примем, что в качестве поводка использован рифленый передний центр. Для простоты рассуждений будем считать, что деформации детали близки к нулю, что возможно при ее значительном диаметре.

В процессе точения валика наличие силы  $P_y$  и ее реакции как бы раздвигает деталь и резец и ведет к уменьшению фактической глубины резания  $t_f$ . При этом возникает погрешность обработки  $\delta$ , равная разности заданной и фактической глубин резания.

При приложении силы  $P_y$  в середине вала ( $x=l/2$ ) на переднюю бабку действует сила  $P_{yn} = P_y/2$ , на заднюю бабку –  $P_{yz} = P_y/2$ . Зная значение силы  $P_y$  и соответствующие значения деформации  $y_1$  и  $y_2$  можно определить жесткость передней, задней бабки и суппорта.

Инструмент. Деформации и инструмента могут быть причиной значительных погрешностей обработки за счет тепловых деформаций и износа главной режущей кромки.

Деталь. При точении заготовку (вал) чаще всего закрепляют в патроне, в центрах, в центрах с использованием люнетов.

При закреплении заготовки в патроне можно определить прогиб вала как балки, закрепленной на одном конце.

При обработке вала, закрепленного в центрах, максимальный прогиб вала, мм, определяют как балки на двух опорах:

Обращаем внимание на то, что максимальные деформации вала при креплении в центрах в 16 раз меньше соответствующих деформаций при креплении его консольно в патроне.

Если один вал длиннее другого в 2 раза, то деформация длинного вала будет в 8 раз больше, чем короткого.

Форма обработанной детали показана на рисунке Диаметр в центре вала больше диаметра концов на величину  $2y$ .

Для выдерживания требуемой точности обрабатываемых валов рекомендуется консольное точение в патроне проводить при  $l/d < 4$  (где  $l$  — длина вала,  $d$  — его диаметр), в центрах — при  $4 < l/d < 10$ , в центрах с применением люнетов — при  $10 < l/d < 30 \dots 40$ .

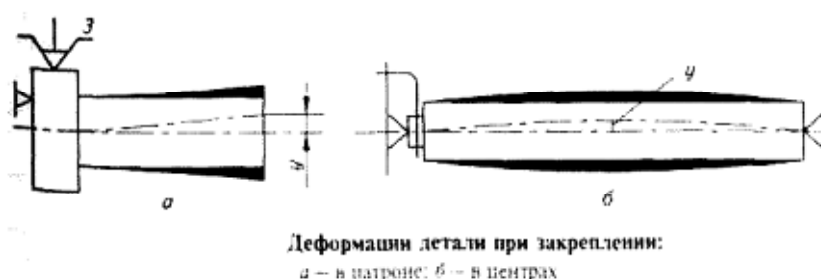
Для повышения точности обработки деталей при проектировании технологической оснастки создают дополнительные опоры, которые повышают жесткость системы СПИД.

Так, например, на расточных станках при растачивании глубоких отверстий для борштанги создают дополнительную опору за деталью, что уменьшает прогиб борштанги.

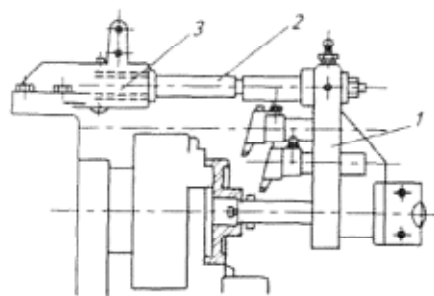
На revolverных станках для повышения жесткости системы к резцедержателю инструмента 1 (рис. 4.7) крепят скалку 2, которая входит во втулку 3, закрепленную на передней бабке станка.

## **2. Влияние разных факторов на жесткость технологической системы СПИДТ тепловые деформации системы СПИД.**

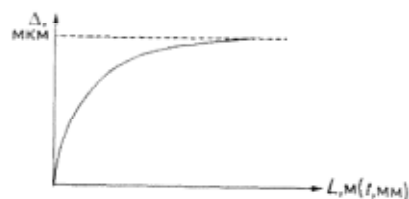
В процессе резания работа резания в основном превращается в тепло. По данным проф. В. Д. Кузнецова, 85...90 % всей работы резания превращается в теплоту, а 10... 15 % идет на искажение (в зоне резания) кристаллической решетки обрабатываемого материала. Образующаяся теплота распределяется между стружкой (50...86 %), резцом (40... 10 %) и обрабатываемой деталью (9...3 %). Около 1 % теплоты рассеивается в окружающей среде вследствие излучения. Теплота, выделяющаяся в зоне резания, вызывает нагрев частей станка, инструмента и заготовки и их температурные деформации, которые служат причинами возникающих погрешностей. В станке наибольшее количество теплоты выделяется в коробке скоростей. У токарного станка по мере нагревания коробки скоростей происходит удлинение шпинделя, что при работе на настроенном станке приводит к уменьшению длины обрабатываемых деталей при подрезке торцов.



Нагрев токарного резца в процессе резания приводит к его температурным деформациям, из которых практическое значение имеет удлинение (рис. 4.8). Удлинение резца в процессе точения ведет к увеличению глубины резания и, следовательно, к уменьшению диаметра обрабатываемой детали. Часто удлинение резца достигает 30...50мкм при работе без охлаждения. Применение смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) уменьшает удлинение резца в 3...3,5 раза.



Дополнительная опора к  
резцедержателю revolverной головки



Зависимость тепловой  
деформации резца от пути резания  $L$   
(времени работы  $t$ )

Нагрев круглой заготовки при точении может привести к погрешностям, величина которых сопоставима с полем допуска. Подтвердим это примером. Рассмотрим точение стальной заготовки  $d = 100$  мм.

Образующаяся теплота распределяется между стружкой (50...86 %), резцом (40... 10 %) и обрабатываемой деталью (9...3 %). Около 1 % теплоты рассеивается в окружающей среде вследствие излучения. Теплота, выделяющаяся в зоне резания, вызывает нагрев частей станка, инструмента и заготовки и их температурные деформации, которые служат причинами возникающих погрешностей.

В станке наибольшее количество теплоты выделяется в коробке скоростей. У токарного станка по мере нагревания коробки скоростей происходит удлинение шпинделя, что при работе на настроенном станке приводит к уменьшению длины обрабатываемых деталей при подрезке торцов.

Нагрев токарного резца в процессе резания приводит к его температурным деформациям, из которых практическое значение имеет удлинение. Удлинение резца в процессе точения ведет к увеличению глубины резания и, следовательно, к уменьшению диаметра обрабатываемой детали. Часто удлинение резца достигает 30...50 мкм при работе без охлаждения. Применение смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) уменьшает удлинение резца в 3...3,5 раза.

$$\Delta d = \alpha d \Delta t,$$

Нагрев круглой заготовки при точении может привести к погрешностям, величина которых сопоставима с полем допуска.

Подтвердим это примером. Рассмотрим точение стальной заготовки  $d = 100$  мм. Тепловое расширение (деформация)  $\Delta d$  в направлении линейного размера  $d$ : где  $\alpha$  — температурный коэффициент линейного расширения,  $1/^\circ\text{C}$ ;  $d$  — диаметр заготовки, мм;  $\Delta t$  — прирост температуры, град.

**Внутренние напряжения.** Значительные неуравновешенные внутренние напряжения возникают в крупных отливках, крупных поковках и штамповках, сварных

заготовках, при термической обработке. Вследствие их действия происходят деформации заготовки или готовой детали с одновременным уравниванием внутренних напряжений. Время уравнивания напряжений может достигать года. Механическая обработка крупных заготовок, особенно со снятием больших припусков, приводит к нарушению уравниваемости напряжений и деформации заготовки. В качестве основной меры борьбы с внутренними напряжениями в крупных отливках из чугуна используют естественное старение и термическую обработку (искусственное старение). Старение производят после предварительной обработки (обдирки) отливки. Естественное старение заключается в хранении (вылеживании) заготовок на воздухе в течение 6... 12 мес.

Недостаток способа — длительность процесса и неполное снятие напряжений.

Термическая обработка (искусственное старение) чугунных заготовок состоит в медленном нагреве до 500....600°C, выдержке при этой температуре 1...6ч, последующем медленном охлаждении до 150...200 °C и далее на открытом воздухе. По сравнению с естественным старением процесс менее длителен и дает лучшие результаты.

Для снятия остаточных напряжений в поковках и штамповках применяют отжиг, в сварных изделиях — высокотемпературный отпуск (600....650 °C).

Для уменьшения остаточных напряжений при проведении термической обработки следует отдавать предпочтение нагреву ТВЧ. Закалку предпочтительнее проводить всей детали, а не ее части; после объемной закалки обязателен отпуск.

**Размер деталей и погрешности из-за неточности их измерений.** Суммарная погрешность обрабатываемой детали зависит от ее размеров. Для размера  $d$  (диаметр, длина, толщина) погрешность

При точности измеряемого размера в пределах 5...8-го качества погрешность измерительных приборов и средств измерения находится в пределах  $1/3...1/4$  поля допуска, при точности 9...16-й качество точность измерения составляет  $1/4... 1/6$  поля допуска.

**3. Понятие о технологической наследственности.** Под технологиями наследственностью понимают перенесение на готовую деталь свойств (механических, физико-химических), погрешностей обрабатываемой заготовки, сформировавшихся на отдельных операциях изготовления детали. Технологическая наследственность зависит прежде всего от вида и режимов чистовой обработки, но в некоторых случаях наследуются свойства, которые формируются при черновой обработке. Проявление технологической наследственности может оказывать на эксплуатационные свойства детали как положительное, так и отрицательное влияние.

Износостойкость деталей зависит от вида обработки, режима резания или даже геометрии режущего инструмента. Так, если износ плоских образцов из чугуна, обработанных строганием, принять за 100 %, то после фрезерования он составит 62...71 %, после шлифования — 55...58, после накатки поверхности шариками только 24...29 % (т. е. уменьшится в последнем случае в 3...4 раза).

Переход от метода попутного фрезерования к встречному с неизменным режимом фрезерования повышает предел усталостной прочности нержавеющей стали 2Х13 на 8...10 %.

Применение резцов с отрицательными передними углами ( $\gamma$  до  $-50^\circ$ ) повышает усталостную прочность высокопрочной стали на 36...63%.

Во всех примерах уменьшение износа и повышение усталостной прочности деталей происходят прежде всего из-за упрочнения их поверхности режущими или упрочняющими инструментами.

Проявлением технологической наследственности является то, что при обработке «полной» заготовки (отливки, штамповки) получаем более «полную» деталь, при обработке «тощей» заготовки получим более «тощую» деталь (все это должно быть в пределах доступа) (см. подраздел 4.1).

Одним из перспективных направлений развития наук «Обработка металлов резанием» и «Технология машиностроения» является изучение вопросов резания металлов в совокупности с изменением их физико-механических характеристик — увязка режимов обработки с режимами упрочнения металлов.

**Основные причины отклонений деталей от правильной геометрической формы при токарной обработке.** Овальность – биение шпинделя, различная твердость обрабатываемой заготовки.

Конусность непараллельность продольных направляющих суппорта, смещение центра задней бабки, прогиб детали при консольном креплении в патроне, износ резца, различная жесткость передней и задней бабок.

Бочкообразность — недостаточная жесткость детали.

Неперпендикулярность торца – неперпендикулярность направляющих поперечного суппорта, различная твердость детали.

**Способы обеспечения точности обработки.** Заданную точность обработки обеспечивают разными способами в зависимости от условий производства. В единичном производстве применяют способ пробных проходов и п р о м е р о в, при массовом производстве — способ автоматического получения размера в. В серийном производстве применяют оба способа.

При способе пробных проходов станочник подводит режущий инструмент к заготовке и на небольшой длине снимает пробную стружку. Измерив обработанный участок детали и сравнив полученный размер с требуемым, станочник при необходимости корректирует глубину резания. Число пробных проходов (корректировок) инструмента зависит от квалификации станочника и требуемой точности детали. Только убедившись, что полученный размер соответствует размеру по чертежу детали, станочник обрабатывает всю поверхность детали. При этом способе точность обработки и время ее достижения зависят от квалификации станочника.

Способ автоматического получения размеров применяют на токарных автоматах и полуавтоматах, продольно-фрезерных станках и др. В этом случае используют специальные приспособления и наладчики предварительно настраивают станки и затем весь период их работы поднастраивают, т. е. обработку деталей ведут на предварительно налаженных станках. При этом влияние станочника на точность обработки максимально.

Для автоматического получения размеров на станках устанавливают специальные подналадчики — регулирующие устройства, которые в случае выхода выдерживаемого размера обрабатываемой заготовки из поля допуска автоматически поднастраивают (корректируют) систему на заданный размер. Данные устройства применяют для станков, выполняющих обработку за один рабочий ход (сквозное бесцентровое шлифование, чистовое растачивание и т. п.). Для станков, выполняющих обработку за несколько рабочих ходов (круглое наружное, внутреннее шлифование), используют устройства, измеряющие заготовку в период операции. При достижении заданного размера эти устройства автоматически отключают подачу инструмента (шлифовального круга). В результате повышается точность и производительность обработки.

Дальнейшим развитием способа автоматического получения размеров стало использование самонастраивающихся (адаптивных) и самооптимизирующихся систем управления станками. В станках с адаптивным управлением при обработке каждой заготовки регулируется режим обработки (подача, скорость резания), чтобы обеспечить заданное качество деталей и выдержать требуемую производительность обработки. В простейших адаптивных системах стабилизация силы резания часто осуществляется путем плавного изменения подачи инструмента.

### **1.13 Лекция №13 (2часа)**

#### **Тема: Систематические и случайные погрешности механической обработки**

##### **1.13.1 Вопросы лекции** 1.1 Влияние разных факторов на точность обработки

##### 1.2 Виды погрешностей

##### 1.3 Неточности станков и приспособлений



1.4 Погрешность режущих инструментов и их износ

1.5 Погрешности установки заготовки на станке

1.6 Погрешности настройки станка

### **1.13.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Влияние разных факторов на точность обработки**

Точность обработки разных поверхностей детали в виде допусков задает конструктор в рабочем чертеже. Заданную точность обработки выдерживает технолог, который должен иметь ясное представление о причинах возникновения погрешностей при механической обработке. Практически изготовить деталь абсолютно точно невозможно, так как при ее обработке всегда возникают погрешности. Вместе с тем абсолютная точность при изготовлении деталей практически и не требуется. Обеспечить точность обработки — это значит обеспечить соблюдение геометрических параметров обработанных деталей в пределах заданных допусков.

Понятие точности детали включает: точность выполнения размеров; точность формы поверхностей; точность взаимного расположения поверхностей.

Точность выполнения размеров детали определяется допусками, взятыми с рабочего чертежа детали.

Точность формы поверхностей детали определяется величиной отклонения формы поверхностей от геометрически правильной. Так, цилиндрические поверхности могут иметь небольшую конусность, овальность, искривление оси и др., плоские поверхности — небольшие выпуклости, вогнутости и другие погрешности формы. Часто допустимая величина отклонения формы поверхности задается частью допуска на ее размер. Так, при обработке шеек валов допустимая овальность и конусность обычно находятся в пределах половины допуска на диаметральный размер.

Точность взаимного расположения поверхностей определяется величинами отклонений поверхностей и осей детали от точного взаимного расположения. К погрешностям взаимного расположения деталей относят эксцентричность (несоосность) поверхностей, отклонения от параллельности, перпендикулярности, отклонения в расположении отверстий и др.

#### **2. Виды погрешностей.**

При исследовании точности обработки все погрешности разделяют на систематические и случайные. Систематическая погрешность возникает из-за неправильно выдержанного расстояния между осями направляющих втулок расточного кондуктора, погрешность формы обтачиваемой поверхности (конусность) из-за непараллельности направляющих станины оси вращения шпинделя токарного станка, погрешность (перпендикулярность оси отверстия базовой по-

верхности детали) из-за неперпендикулярности оси шпинделя плоскости стола вертикально-сверлильного станка и т. п.

Закономерно изменяющиеся систематические погрешности могут действовать непрерывно или периодически. Примером непрерывно действующей погрешности может быть погрешность детали, образующаяся в результате размерного износа режущего инструмента; эта погрешность возрастает с обработкой каждой детали. Примером периодически действующей погрешности может служить погрешность, образующаяся из-за температурных деформаций станка в начальный период его работы и до достижения станком состояния теплового равновесия.

К случайным погрешностям относят погрешности, значения которых для каждой конкретной детали практически невозможно определить расчетом. Это погрешности, возникающие из-за колебаний механических свойств материала, изменения величины припуска, неодинаковой силы зажима. В результате случайных погрешностей размеры деталей в партии колеблются в некоторых пределах, но при этом не должны выходить из поля допуска.

Общая (суммарная) погрешность, возникающая при механической обработке, обусловлена действием ряда факторов, из-за которых появляются элементарные погрешности. К ним можно отнести: неточности станков и приспособлений; неточности режущих инструментов и их износ; погрешности установки заготовки на станке; погрешности настройки станка; погрешности обработки, возникающие вследствие упругих деформаций системы «станок — приспособление — инструмент — деталь» (СПИД) под действием сил резания; тепловые деформации системы СПИД; погрешности, возникающие под влиянием внутренних напряжений; погрешности из-за неточности измерений детали.

Рассмотрим факторы, влияющие на точность обработки, более подробно.

### **3. Неточности станков и приспособлений.**

Любой станок, даже новый, имеет определенные погрешности (биение шпинделя, не-прямолинейность перемещения суппорта и т. д.). В техническом паспорте каждого станка указаны фактические и допустимые отклонения, зависящие от класса точности станка. Так, для токарных станков нормальной точности Н с диаметром обработки 250...400 мм овальность (постоянство диаметров образца в поперечном сечении) образцов не должна превышать 8 мкм, конусность (постоянство диаметров образца в продольном сечении) — 20 мкм (на длине 200 мм).

Систематические погрешности, в свою очередь, могут быть постоянного характера или закономерно изменяться при переходе от одной обрабатываемой детали к

последующей. Примерами постоянной систематической погрешности могут быть погрешности. С течением времени станки изнашиваются и обрабатываемые детали приобретают все большие погрешности, поэтому станки через определенное время необходимо проверять на точность, производить их техническое обслуживание и ремонт.

При разработке технологических процессов обработки деталей необходимо учитывать возможности станка по точности и для черновой обработки выбирать менее точные (более старые), а для чистовой — более точные (более новые) станки.

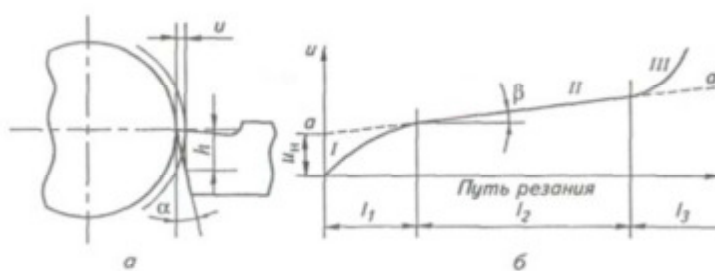
Точность приспособления также влияет на точность детали. Например, если межцентровое расстояние между кондукторными втулками сверлильного кондуктора имеет погрешность, то она перейдет на все обрабатываемые детали, поэтому точность приспособления должна быть выше точности детали. Допуски на точные размеры приспособления составляют  $1/2 \dots 1/3$  допусков на точные размеры детали.

#### 4. Погрешность режущих инструментов и их износ.

Неточности обработки могут возникнуть при использовании мерных инструментов (сверло, зенкер, протяжка, фасонный инструмент). Все ошибки в размере инструмента непосредственно передаются детали. На точность обработки влияет износ резца в радиальном направлении, который также называют размерным износом. Размерный износ, мм, связан с износом резца по задней поверхности:

$$\eta = htg\alpha$$

где  $h$  — износ резца по задней поверхности, мм;  $\alpha$  — задний угол резца, град. Зависимость размерного износа резца от длины пути резания  $h + h$  (времени работы) показана на рис. на котором видны три участка кривой износа. Участок I характеризуется повышенным износом—приработкой резца. Участок II прямолинеен и расположен к оси абсцисс под небольшим углом  $\beta$ . Это участок нормального, установившегося процесса износа.



Схемы для определения:  
а — размерного износа резца; б — размерного износа от пути резания

Участок III характеризуется быстрым катастрофическим износом. Здесь резец надо снимать и отправлять на

переточку.

Износ инструментов оказывает влияние на изменение геометрических параметров обрабатываемой детали. Так, при точении детали по наружному диаметру износ резца приводит к появлению конусности детали.

Для оценки погрешности детали вследствие износа резца существует понятие удельного износа инструмента — износ резца в радиальном направлении на 1000 м резания, который определяется на линейном участке кривой износа резца. Для учета начального износа инструмента принято увеличивать расчетную длину на 1000 м. Удельный износ  $u_0$  при чистовом точении углеродистой стали резцом, оснащенным сплавом Т30К4, равен 0,7...4 мкм/1000 м, для сплава Т15К6 — 5...7 мкм/1000 м. Тогда погрешность детали из-за износа резца  $u = u_0 L$ , где  $L$  — длина пути резания, м. Применительно к точению

$$L = \pi d \frac{l}{S} \cdot 10^{-3},$$

где  $d$  — диаметр обрабатываемой заготовки, мм;  $l$  — длина обрабатываемого участка заготовки, мм;  $S$  — подача, мм/об.

$$\Delta d = 2u_0 \left( \pi d \frac{l}{S} \cdot 10^{-3} + 10^3 \right) 10^{-3} = 2u_0 \left( \pi d \frac{l}{S} \cdot 10^{-6} + 1 \right).$$

Таким образом, увеличение диаметра детали  $\Delta d$  вследствие износа резца с учетом начального износа. Цифра 2 в формуле учитывает увеличение диаметра, так как износ резца увеличивает радиус точения.

Для снижения износа режущего инструмента и повышения точности обработки рекомендуется: выбирать более износостойкий материал для инструмента; применять смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ); не работать на режимах, приводящих к вибрациям системы СПИД.

## 5. Погрешности установки заготовки на станке.

Погрешность установки  $\Delta_y$  определяется суммой погрешностей базирования  $\epsilon_6$  и погрешностей закрепления  $\Delta_3$ .

Погрешность базирования возникает при несовпадении установочной базы с измерительной. Эта погрешность была рассмотрена ранее в разделе 3.

Погрешность закрепления возникает из-за смещения заготовки зажимной силой, прилагаемой для фиксации ее положения. Погрешность закрепления возникает вследствие деформации отдельных звеньев цепи, через которые передается сила зажима: заготовка — установочные элементы приспособления — корпус приспособления. Погрешность закрепления равна разности между наибольшей и наименьшей величинами смещения измерительной базы по направлению выполняемого размера.

При обработке плоских поверхностей вектор погрешности базирования и вектор погрешности закрепления действуют в одном направлении. Тогда погрешность установки равна сумме погрешностей базирования и закрепления

$$\Delta_y = \epsilon_6 + \Delta_3.$$

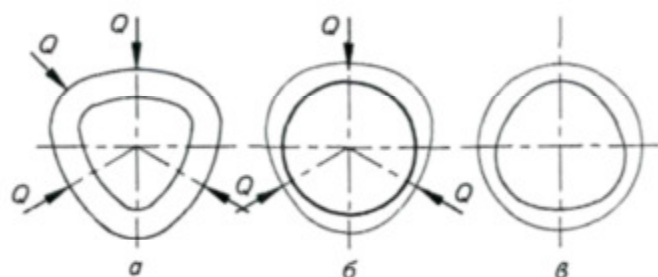
При обработке поверхностей тел вращения векторы погрешностей

базирования и закрепления расположены под разными углами. В этом случае погрешности установки можно принять по наиболее вероятному значению, равному корню квадратному из суммы квадратов погрешностей базирования и закрепления.

Погрешность базирования равна нулю ( $e_6 = 0$ ) при совмещении установочной и измерительной баз, поэтому следует, если это возможно, принимать в качестве установочной базы поверхность, от которой производят измерение. Погрешность базирования отсутствует при обработке деталей методом пробных проходов ( $e_6 = 0$ ).

К погрешностям закрепления можно отнести погрешности, возникающие при закреплении тонкостенных втулок, колец, гильз в патронах для обработки отверстий. Так, при закреплении в трехкулачковом патроне тонкостенное кольцо под действием сил деформируется, принимая форму, показанную на рис. 4.2, а. После растачивания в патроне отверстие приобрело правильную форму окружности (рис. 4.2, б). После снятия детали из патрона наружная поверхность ее принимает первоначальную форму окружности, а форма расточенного отверстия искажается (рис. 4.2, в). Погрешность этой поверхности представляет собой разность диаметров описанной и вписанной окружностей.

$$\Delta_y = \sqrt{e_6^2 + \Delta_3^2}.$$



Схемы деформации кольца при закреплении в трехкулачковом патроне

### 3.6 Погрешности настройки

**станка.** Инструмент в процессе работы изнашивается, что вызывает необходимость его замены на заточенный и наладки станка на требуемый размер детали. За период стойкости инструмента станок приходится подналаживать путем регулировки

положения резца относительно заготовки для компенсации его размерного износа. Задача наладки и подналадки состоит в том, чтобы обеспечить выполнение размеров обрабатываемых деталей в пределах полей допусков.

В условиях массового и серийного производства существуют два метода настройки станков: по пробным заготовкам и по эталонам.

При настройке станка по пробным заготовкам установку режущего инструмента производят последовательным приближением к данному настроечному размеру, обрабатывая пробные заготовки, контролируя их размеры, и на основе контроля определяют величину и направление необходимого смещения инструмента. Настройка по

пробным заготовкам обеспечивает необходимую точность, но трудоемка. На токарных автоматах и многоинструментальных станках на настройку затрачивается примерно 20 % общего фонда времени. Недостатком метода является и то, что часть пробных заготовок идет в брак, что неприемлемо при обработке дорогих деталей.

При настройке станка по эталонам режущий инструмент устанавливают в требуемое положение в нерабочем (выключенном) состоянии станка по эталону (готовой детали) или вне станка (при использовании съемных суппортов, расточных скалок, револьверных головок и других устройств). Настройка по эталонам менее трудоемка, чем по пробным заготовкам, дает стабильную точность и исключает расход (в брак) пробных заготовок. Ее можно осуществлять при наличии сменных инструментальных блоков, суппортов и револьверных головок.

Установку режущих инструментов по эталону применяют при наладке фрезерных и токарных станков. Инструмент устанавливают на размер при неработающем станке. На фрезерных станках фрезу подводят к эталону, закрепленному на корпусе приспособления, с минимальным зазором, который замеряют щупом. Погрешность установки фрезы по щупу ориентировочно оценивается в пределах 15...45 мкм. При настройке токарных многорезцовых станков эталон в виде обработанной заготовки устанавливают в центрах станка. Положение резцов в радиальном и осевом направлениях определяют доведением их режущих кромок до соприкосновения с соответствующими поверхностями эталона.

## **6. Кривые распределения размеров.**

Способ построения кривых распределения размеров применим при производстве большого числа одинаковых деталей, обрабатываемых как на предварительно настроенных станках, так и методом пробных рабочих ходов (пробных стружек). Данный способ позволяет оценить точность обработки.

Кривые распределения размеров строят следующим образом. Обрабатывают партии деталей в одинаковых условиях. Затем детали измеряют по одному важному размеру, определяющему точность. При этом оказывается, что, несмотря на одинаковые условия обработки, размеры отличаются друг от друга, хотя в отдельных случаях и совпадают. Разность максимального и минимального размеров, полученных для партии деталей, называют полем рассеивания размеров. Поле рассеивания размеров характеризует точность обработки: чем меньше поле рассеивания, тем точнее принятый метод и условия обработки.

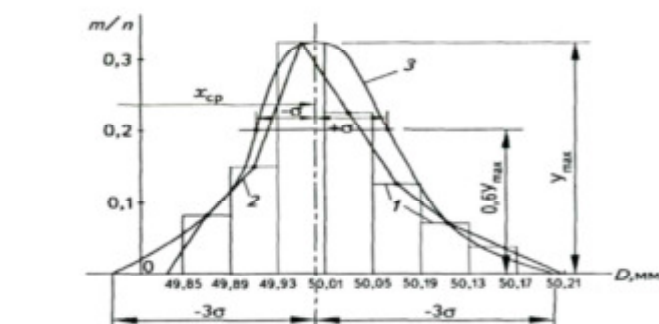
Точность обработки характеризуется также законом распределения размеров (кривая распределения).

Для построения кривых распределения измеряют данный размер на определенном числе деталей  $n$  (от 50 до 250). Совокупность измерений деталей разбивают на ряд групп размеров с одинаковыми интервалами. Число групп размеров  $K$  определяют по приближенной формуле

Полученные данные представляют в виде графика, называемого гистограммой распределения, на котором по оси абсцисс откладывают размеры групп, а по оси ординат — число деталей  $m$ , размеры которых находятся в пределах соответствующих групп. После нанесения на график точек получают ломаную линию, называемую полигоном распределения. Вместо абсолютного числа деталей  $m$  — абсолютной частоты в данном интервале размеров — по оси ординат можно откладывать отношение этого числа деталей  $m$  к общему числу деталей  $n$  в партии; отношение  $m/n$  называют относительной частотой, или частотой.

При обработке деталей на металлорежущих станках кривая распределения часто близка к кривой нормального распределения (закон Гаусса) рис.1. При обработке точных деталей (5...7-й квалитет) распределение размеров деталей может следовать другим законам (равной вероятности, треугольника — закон Симпсона и др.).

Кривая нормального распределения выражается уравнением Гаусса



Пример построения кривой нормального распределения (Гаусса):  
1 — гистограмма распределения; 2 — полигон распределения; 3 — теоретическая кривая нормального распределения

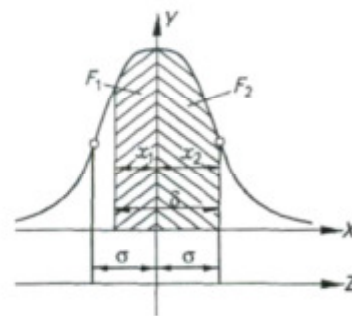


рис. 2. Кривая нормального распределения с полем допуска  $\delta < 6\sigma$

## 7. Определение вероятности возникновения брака при обработке.

Брак возникает, если допуск на обработку меньше поля рассеивания размеров. Предположим, что поле  $\delta$  установлено двумя размерами  $x_1$  и  $x_2$  границ этого допуска от среднего размера (рис.2). Вероятное количество годных деталей определяется в этом

случае отношением  $\frac{F_1 + F_2}{F}$ , где  $F_1$  и  $F_2$  — площади между участками кривых Гаусса и осью абсцисс при размерах  $x_1$  и  $x_2$ ,  $F$  — площадь между всей кривой Гаусса и осью абсцисс.

При значительном расширении поля допуска ( $x_1 = x_2 = \sigma$ ) отношение площадей приближается к единице, так как  $F_x + F_2 = F$ . В этом случае считают, что вероятность данного достоверного события равна единице.

Определим площади заштрихованных участков  $F_1$  и  $F_2$  при симметричном распределении кривой распределения относительно оси ординат:

$$F_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{x_1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx, \quad F_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{x_2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx.$$

Эти интегралы представляют в виде функции

$\Phi(z)$ , где  $z = x/\sigma$

$$F_1 = 0,5\Phi(z_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_1} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

$$F_2 = 0,5\Phi(z_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

выражают  
Гаусса и

Величины  $F_x$  и  $F_2$  меньше единицы. Они  
долю от всей площади между кривой

осью абсцисс. Площадь между всей кривой Гаусса и осью абсцисс при этом принимают за единицу.

Значения функции  $\Phi(z)$  через десятую долю аргумента приведены в табл. 4.2. При  $z = \pm 3$  функция  $\Phi(z) = 0,9973$ . Это означает, что из всей партии обработанных деталей только 0,27 % выходят за пределы допуска  $\delta = 6\sigma$ .

Значения функции  $\Phi(z)$

$z$	$\Phi(z)$	$z$	$\Phi(z)$	$z$	$\Phi(z)$
0,0	0,0000	1,2	0,7699	2,4	0,9836
0,1	0,0797	1,3	0,8064	2,5	0,9876
0,2	0,1585	1,4	0,8385	2,6	0,9907
0,3	0,2358	1,5	0,8664	2,7	0,9931
0,4	0,3108	1,6	0,8904	2,8	0,9949
0,5	0,3829	1,7	0,9109	2,9	0,9963
0,6	0,4515	1,8	0,9281	3,0	0,9973
0,7	0,5161	1,9	0,9426	3,1	0,99806
0,8	0,5763	2,0	0,9545	3,2	0,99862
0,9	0,6319	2,1	0,9643	3,3	0,99903
1,0	0,6827	2,2	0,9722	3,4	0,99933
1,1	0,7287	2,3	0,9786	3,5	0,99953

Другие законы распределения. Кроме закона Гаусса существуют и другие законы распределения: закон равной вероятности (рис. 4.13, б), закон треугольника (закон Симпсона, рис. 4.13, в), закон параболы (рис. 4.13, г), сочетание двух законов (Гаусса и равной вероятности), двухвершинная кривая Гаусса и др.

Распределение размеров по закону равной вероятности возникает в том случае, когда увеличение размеров деталей происходит из-за размерного износа инструмента (рис. 4.13, а),





т. е. размер деталей  $x = cn$ , где  $c$  — коэффициент пропорциональности, и — число обработанных деталей.

Если на выполняемый размер влияет закономерно изменяющаяся погрешность вначале замедленно,

а затем ускоренно (рис. 4.13, в), то действует закон треугольника (закон Симпсона). Такой закон может быть при совместном действии размерного износа режущего инструмента с сильной фазой начального износа и увеличения силы резания в результате его значительного затупления.

Параболический закон распределения получается в результате тепловых деформаций технологической системы (рис. 4.13, д) от числа обработанных деталей (времени обработки). Кривая распределения размеров приведена на рис. 4.13, е.

Сочетание кривой Гаусса и кривой равной вероятности показано на рис. 4.13, з. Это случай, когда на точность обработки влияет износ инструмента.

т. е. размер де Двухвершинная кривая распределения (рис. 4.13, ж, и) получается в случае, если партию деталей обрабатывали при двух различных настройках станка.

## Лекция №14 (2 часа)

### Тема: Методы сборки. Сборка типовых узлов и механизмов.

#### 1.14.1 Вопросы лекции:

1. Методы сборки
2. Организационные формы сборки
3. Сборка типовых соединений
4. Сборка с.х. машин

#### 1.14.2 Краткое содержание вопросов

## 1. Методы сборки

В зависимости от характера производства, его организации, технической оснащённости для достижения требуемой точности сборки применяют пять основных методов: полная взаимозаменяемость деталей (сборочных единиц); с подбором деталей (неполная взаимозаменяемость); селективная сборка с сортировкой деталей по группам (метод группового подбора); с применением компенсаторов; с индивидуальной пригонкой деталей по месту.

Данный вопрос тесно связан с вопросом о размерных цепях, который подробно излагается в курсе «Метрология, стандартизация, сертификация».

*Метод полной взаимозаменяемости* позволяет собирать машины без дополнительной обработки (пригонки) деталей. Он экономически целесообразен для массового и крупносерийного производств: ускоряется сборка машин и снижается ее трудоемкость. Кроме того, метод позволяет повысить эффективность эксплуатации машин, обеспечивая быструю замену изношенных деталей. Этот метод нерентабелен при небольшом объеме производства машин, поэтому решение о его использовании принимают на основе технико-экономических расчетов.

*Метод неполной взаимозаменяемости* состоит в том, что, исходя из положений теории вероятностей, допуски на звенья размерной цепи собираемых деталей расширяют, несколько рискуя получить допуск замыкающего звена (замыкающей детали) за пределом назначенной величины. В результате достигается экономический эффект при изготовлении отдельных деталей благодаря упрощению и удешевлению механической обработки. Сборочные единицы, оказавшиеся негодными по техническим причинам, разбирают на отдельные детали, которые затем снова поступают на сборку.

*Селективную сборку* с сортировкой деталей по группам применяют там, где по условиям работы деталей требуется получить зазор или натяг в более узких пределах, чем у деталей обычной сборки. Подбор деталей значительно упрощается. Недостатком метода является то, что при определенных условиях получается, что число деталей в группах для вала и втулки различно, т. е. некоторые детали не имеют пары и не идут на сборку. Это зависит от характера распределения размеров собираемых деталей — вала и втулки. Если распределение размеров вала и втулки подчиняется одному закону нормального распределения, то число деталей в каждой группе примерно одинаково и сборка идет нормально. Если же одна из деталей (например, втулка) подчиняется другому закону распределения, то часть деталей оказывается лишней.

Селективную сборку широко применяют при сборке точных подвижных сопряжений двигателей внутреннего сгорания (поршень — гильза, поршневой палец — поршень, шатун — поршневой палец, плунжерные пары).

*Метод с использованием компенсаторов* применяют при большом числе звеньев размерной цепи и малом допуске замыкающего звена. Регулировку производят при помощи специального компенсатора, вводимого в размерную цепь. Обработку всех остальных звеньев (деталей) размерной цепи осуществляют в пределах допусков требуемой точности. Компенсаторы могут быть неподвижными (прокладки, шайбы, промежуточные кольца) и подвижными, изменяющими положение одной из деталей клином, эластичной или пружинной муфтой, эксцентриком и др. Индивидуальная пригонка деталей по месту заключается в том, что установленная точность замыкающего звена в размерной цепи достигается изменением размера путем снятия слоя металла (подрезкой, опиловкой, шабрением); это звено называется компенсирующим. Данный метод требует значительных затрат труда высококвалифицированных рабочих, он неэкономичен, качество работы сильно зависит от квалификации исполнителей. В некоторых случаях использование этого метода требует дополнительной очистки и промывки собранных узлов и механизмов. Метод применяют при единичном и мелкосерийном производствах.

## **2 Организационные формы сборки**

В различных типах и при разных условиях производства организация сборки приобретает различные формы, указанные на рис. 15.2.

По перемещению собираемого изделия сборка подразделяется на стационарную и подвижную, по организации производства — на непоточную, групповую и поточную.

*Непоточная стационарная сборка характеризуется тем, что весь процесс сборки и его сборочных единиц выполняется на одной сборочной позиции:* стенде, станке, рабочем месте, на полу цеха. Все детали, сборочные единицы (узлы) и комплектующие изделия поступают на эту позицию.

Этот вид сборки может выполняться без расчленения сборочных работ, когда вся сборка изделия производится одной бригадой рабочих- сборщиков последовательно, т. е. от начала до конца. В этом случае применяется концентрированный технологический процесс сборки, состоящий из небольшого числа сложных операций. *К достоинствам* этого метода следует отнести: 1) сохранение неизменного положения основной базовой детали, что способствует достижению высокой точности собираемого изделия (особенно при крупных изделиях с недостаточно жесткой конструкцией); 2) использование универсальных транспортных средств, приспособлений и инструментов, что сокращает продолжительность и стоимость технической подготовки производства. *Недостатками* этого метода являются: 1) длительность общего цикла сборки, выполняемой последовательно; 2) потребность в высококвалифицированных рабочих, способных

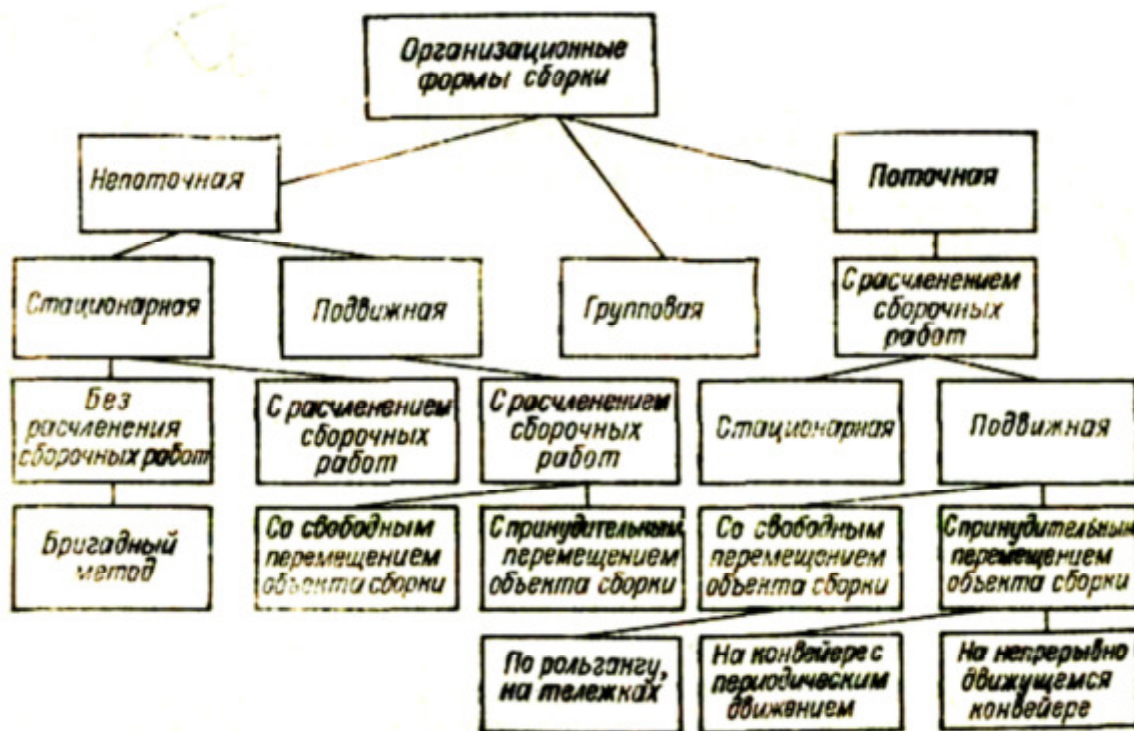


Рис. 15.2  
Схема организационных форм сборки

выполнять любую сборочную операцию; 3) увеличение потребности в больших сборочных стендах и высоких помещениях сборочных цехов, так как каждая машина, собираемая на стенде от начала до конца, длительное время занимает монтажный стенд. Это особенно существенно при увеличении производственной программы выпуска крупных машин, когда их выпуск лимитируется наличием монтажных стендов и высоких сборочных цехов.

Областью применения стационарной неподвижной сборки является единичное и мелкосерийное производство тяжелого и энергетического машиностроения, экспериментальные и ремонтные цехи (сборка крупных дизелей, прокатных станов, крупных турбин и т. п.).

*Непоточная стационарная сборка с расчленением сборочных работ предполагает дифференциацию процесса на узловую и общую сборку.*

Сборка каждой сборочной единицы и общая сборка выполняются в одно и то же время разными бригадами и многими сборщиками. Собираемая машина остается неподвижной на одном стенде. В результате такой организации длительность процесса сборки значительно сокращается.

Областью экономичного использования данного вида сборки является производство изделий, изготавливаемых единицами или в небольших количествах.

*Непоточная подвижная сборка характеризуется последовательным перемещением собираемого изделия от одной позиции к другой. Перемещение собираемого объекта от одной рабочей позиции к другой может быть свободным или принудительным. Технологический процесс сборки при этом разбивается на отдельные операции, выполняемые одним рабочим или небольшим их числом.*

*Поточная сборка характеризуется тем, что при построении технологического процесса сборки отдельные операции процесса выполняются за одинаковый промежуток времени — такт, или за промежуток времени, кратный такту. При этом на более продолжительных операциях параллельно работают несколько рабочих-сварщиков. Обеспечение одинаковой продолжительности технологических операций, называемое синхронизацией операций, достигается их перестройкой, заключающейся в уменьшении числа их переходов или их механизации (когда требуется ускорить их выполнение) или включение Главным условием организации поточной сборки является обеспечение взаимозаменяемости собираемых узлов и отдельных деталей, входящих в поточную сборку. В случае необходимости использования пригоночных работ они должны осуществляться за пределами потока на операциях предварительной сборки. При этом пригнанные детали и узлы должны подаваться на поточную сборку в окончательно скомплектованном и проконтролированном виде. Ответственным и сложным вопросом организации поточной сборки является проблема операционного контроля качества сборки и обеспечение исправления обнаруженных при контроле дефектов без нарушения установленного ритма сборки.*

### **3 Сборка типовых соединений**

- сборка подшипниковых узлов;
- сборка зубчатых передач;
- сборка червячных передач;
- сборка цепных передач;
- сборка клиноременных передач;
- сборка прокладочных соединений и уплотнений валов.

## **1.15 Лекция №15 (2 часа)**

**Тема: Технология сборки сельскохозяйственных машин.**

### **1.15.1 Вопросы лекции:**

1. Сборка с.х. машин.

### **1.15.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Сборка плугов.**

Для выполнения разнообразных технологических процессов орудия снабжают соответствующими рабочими органами. Сборка рабочих органов требует в некоторых случаях применения специальной технологической оснастки и определенных приемов сборочных работ. Рассмотрим сборку наиболее характерных орудий.

На рисунке 19.1 изображен навесной четырех -корпусный плуг общего назначения. Он имеет плоскую раму, состоящую из продольных 1 и поперечного грядилей 2. К грядилям прикреплены рабочие корпуса 3 и предплужники 4. Перед последней парой предплужник — корпус установлен дисковый нож 5. Присоединительные нижние 6 и верхний 7 шарниры служат для соединения рамы плуга с тягами навесного механизма трактора. Винтовой механизм 8 предназначен для вертикального перемещения опорного колеса 9 с целью регулирования глубины вспашки.

При сборке рамы базовой деталью служит балка жесткости поперечного грядиля 2, к которой присоединяются продольные грядили 1. Собранный рама служит базовой сборочной единицей при общей сборке плуга. Узловую сборку организуют для следующих сборочных единиц первого порядка: рабочих корпусов, предплужников, дискового ножа, опорного колеса. При сборке рабочего корпуса на стойке с помощью болтов и гаек с пружинными шайбами закрепляют отвал. Затем на корпус ставят и закрепляют тремя болтами лемех. После этого с помощью двух болтов присоединяют полевую доску. Полевые обрезы лемеха и отвала должны находиться в одной вертикальной плоскости и перекрывать поверхность стойки на 5...8 мм. Головки болтов, прикрепляющих детали к стойке корпуса, должны находиться заподлицо с рабочей поверхностью. Собранные опорное колесо и дисковый нож должны свободно вращаться на своих осях.

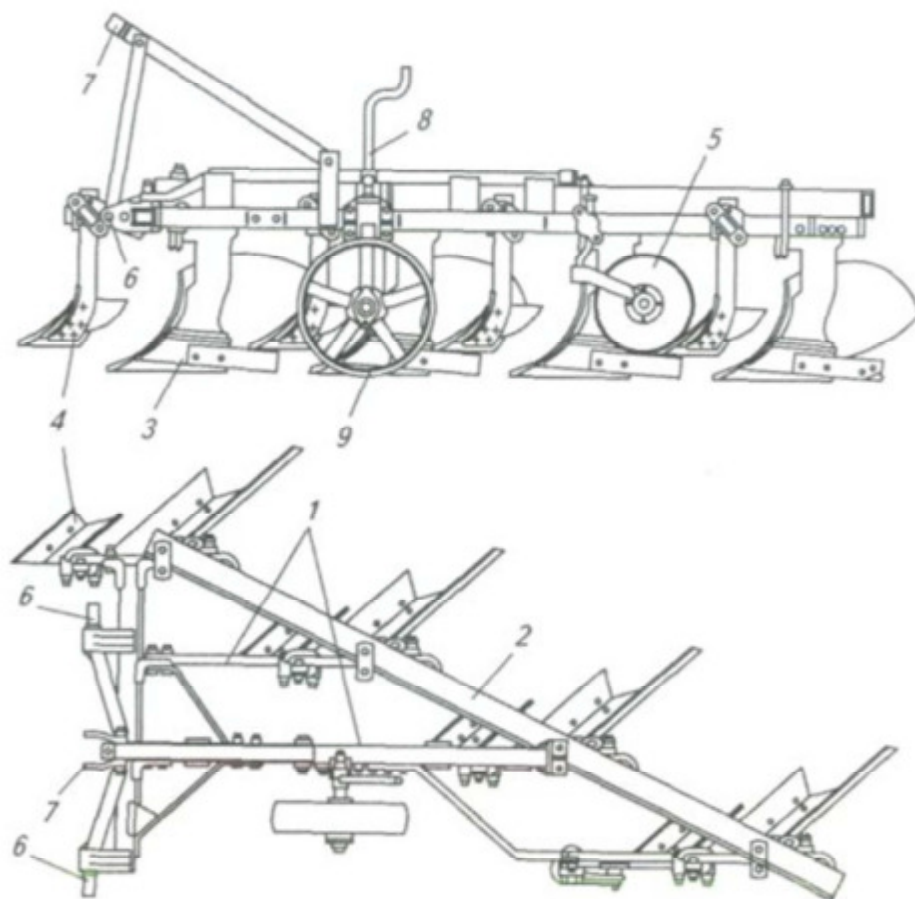


Рис. 19.1. Навесной четырехкорпусный плуг общего назначения

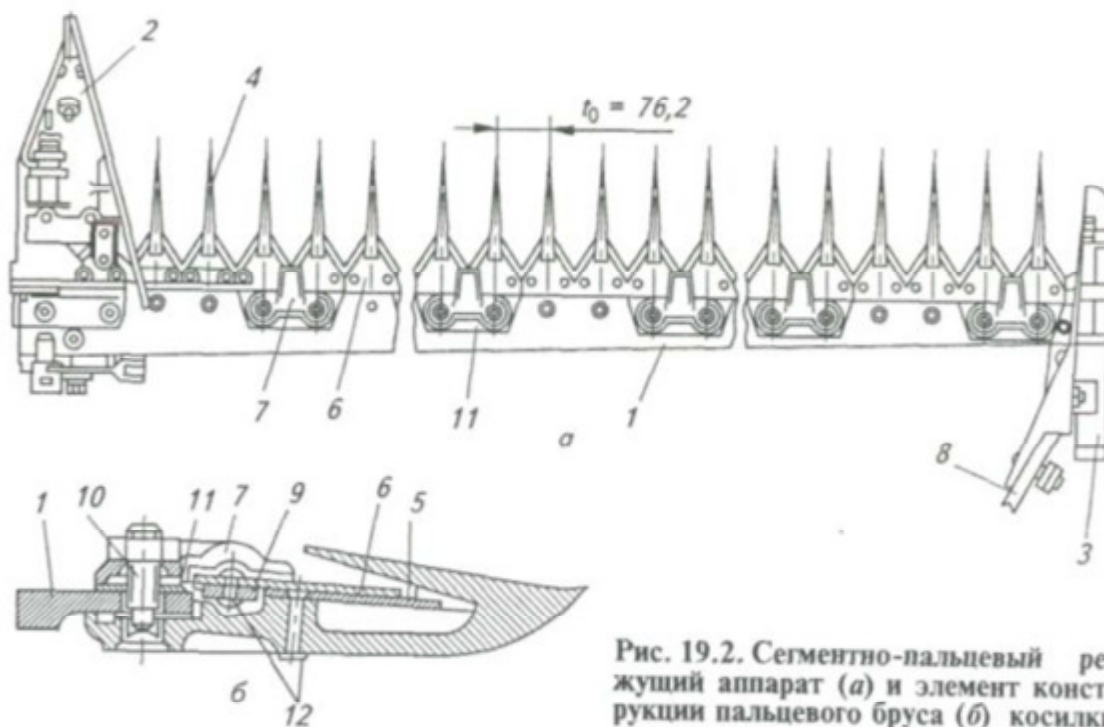


Рис. 19.2. Сегментно-пальцевый режущий аппарат (а) и элемент конструкции пальцевого бруса (б) косилки

Общая сборка плуга включает закрепление на продольных грядилях рамы рабочих корпусов и предплужников, винтового механизма 8 с опорным колесом и дискового ножа. Устанавливают также верхний и нижний присоединительные шарниры.

После завершения сборки проверяют равномерность расположения рабочих корпусов по ходу плуга и лемехов по высоте. Носки лемеха должны лежать на одной линии.

Расположение лемехов проверяют на контрольной площадке, расчерченной на прямоугольники. Все лемехи должны прилегать к поверхности площадки (допускается просвет не более 15 мм). Затем регулируют положение предплужников.

## **1.16 Лекция №16 (2 часа)**

### **Тема: Проектирование технологической оснастки**

#### **1.16.1 Вопросы лекции:**

1.1 Назначение и классификация приспособлений

1.2 Основные элементы и механизмы приспособлений

1.3 Исходные данные для проектирования приспособлений

#### **1.16.2 Краткое содержание вопросов**

##### **1. Назначение и классификация приспособлений**

Станочные приспособления — дополнительные устройства к станкам, предназначенные для закрепления обрабатываемых деталей и инструмента. Устройства для крепления режущих инструментов называют также вспомогательным инструментом.

К ним относятся различные резцедержатели, борштанги, переходные втулки для сверл и т. д.

Применение приспособлений при обработке деталей обеспечивает повышение точности обработки деталей; сокращение вспомогательного времени (на установку и снятие заготовки), что несколько повышает производительность обработки; устранение трудоемкой операции — разметки перед обработкой, что ускоряет и удешевляет процесс обработки детали.

Кроме того, снижаются требования к квалификации рабочего, что ведет к снижению затрат на рабочую силу; в некоторых случаях создаются условия для многостаночного обслуживания, т. е. повышается производительность обработки; появляется возможность увеличить число одновременно обрабатываемых на станке деталей путем использования многоместных приспособлений, что повышает производительность обработки; создается возможность совмещения вспомогательного времени (установка и снятие заготовки) с основным благодаря применению



многоместных приспособлений, что существенно повышает производительность обработки.

Приспособления классифицируют по типу станков и по степени специализации.

По типу станков приспособления бывают для токарных, сверлильных, фрезерных, строгальных, протяжных, зубообрабатывающих и других станков.

По степени специализации приспособления бывают универсальные, универсально-наладочные и специальные.

Универсальные приспособления потребитель может обычно заказать вместе с универсальным станком. Применительно к токарным и круглошлифовальным станкам это центры, патроны, люнеты, для фрезерных станков — станочные тиски, делительные головки. Эти приспособления применяют в единичном и серийном производствах.

Универсально-наладочные приспособления применяют при серийном производстве. К ним относятся, например, патроны со сменными кулачками, тиски со сменными губками и др. Эти приспособления легко перестраивать при переходе к обработке другой партии деталей.

## **2. Основные элементы и механизмы приспособлений**

К основным элементам и механизмам приспособлений относятся: корпуса и плиты — базовые элементы приспособлений; установочные — определяют положение заготовки относительно режущего инструмента; зажимающие — для закрепления заготовки; направляющие и настроечные — для направления инструмента в процессе обработки или для установки его в нужном положении относительно заготовки; делительные и поворотные устройства, фиксаторы — для изменения и фиксации положения заготовки относительно режущего инструмента; механизмы привода — для создания усилий зажима заготовки.

В конкретных случаях отдельные перечисленные элементы и механизмы могут отсутствовать.

Корпуса приспособлений делают из отливок (специальных или нормализованных), сварными, из нормализованных чугуновых профилей (угольников, швеллеров, двутавров, плит и др.). Наиболее удобны жесткие корпуса из отливок. Сварные конструкции приспособлений дешевле литых на 30...35 %, их изготовление требует меньше времени.

К установочным деталям и механизмам относятся опорные штыри и пластины; регулируемые опоры; подвижные (плавающие, самоустанавливающиеся) опоры; упорные пластины; установочные пальцы; призмы.

Опорные штыри (одноточечные опоры) показаны на рис. 6.1. При базировании по черновым (необработанным) базам применяют штыри со сферической опорной

поверхностью (рис. 6.1, б) и штыри с рифлениями на рабочей поверхности (рис. 6.1, в), а при базировании по обработанной поверхности — с плоской головкой (рис. 6.1, а).

Опорные пластины без канавок (рис. 6.2, а) и с канавками (рис. 6.2, б) используют при установке крупных заготовок по обработанным поверхностям. Пластины крепят к корпусу приспособлений винтами. Косые канавки глубиной 1...3мм способствуют очистке пластины от стружки.

На рис. 6.3 показана регулируемая опора 1, которую можно поднимать (или опускать) и закреплять гайкой 2. Регулируемые опоры применяют для

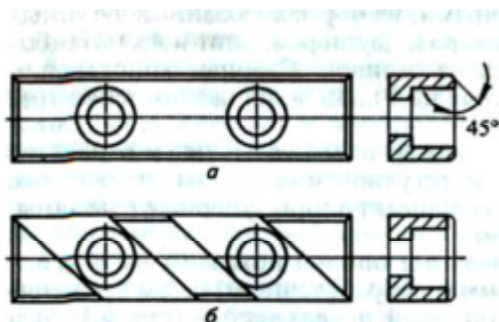


Рис. 6.2. Опорные пластины:  
а, б — варианты

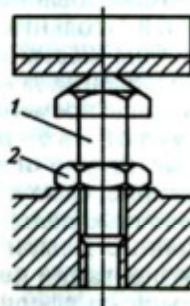


Рис. 6.3. Регулируемая опора

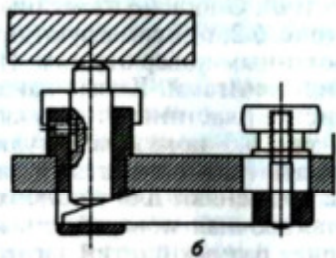
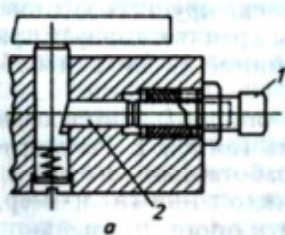


Рис. 6.4. Примеры самоустанавливающейся (а) и подводящейся опор (б)

Подвижные опоры применяют для уменьшения упругих деформаций заготовки (придания ей большей жесткости). Подвижные опоры бывают самоустанавливающиеся (рис. 6.4, а) и подводящиеся (рис. 6.4, б). В самоустанавливающейся опоре (см. рис. 6.4, а) при отвертывании винта 1 опорный плунжер 2 под действием пружины поднимается до соприкосновения с деталью. В этот момент его закрепляют, завертывая винт 1. В подводящейся опоре (см. рис. 6.4, б) ее подводят под деталь и зажимают крепежной

гайкой. На рис. 6.5

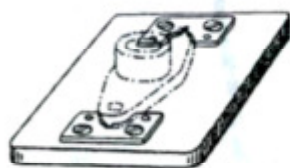


Рис. 6.5. Упорные пластины

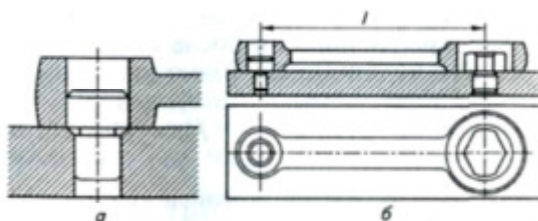


Рис. 6.6. Установочные пальцы:  
а — один; б — два

показана схема установки заготовки при помощи упорных пластин.

Установочные

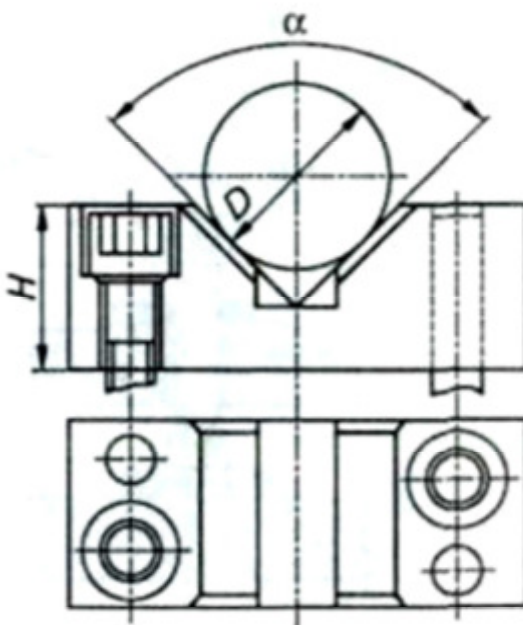
пальцы применяют

при базировании заготовки по одному (рис. 6.6, а) или двум обработанным отверстиям.

При наличии двух установочных пальцев один из них имеет срезанные бока (рис. 6.6, б), что облегчает установку заготовки и расширяет поле допуска на межосевое расстояние между ее отверстиями. Базирование по плоскости и двум отверстиям часто применяют при обработке корпусных деталей.

Призмы (часто парой) применяют при установке неподвижных заготовок — валов (рис. 6.7) при их фрезеровании и центровке на фрезерно-центровальных станках, при фрезеровании шпоночных канавок и сверлении отверстий (перпендикулярных оси) на валах. Призмы изготовляют с углом  $\alpha = 90^\circ$ , реже с углами 60 и  $120^\circ$ .

Зажимающие детали и механизмы обеспечивают прилегание обрабатываемой заготовки к установочным элементам приспособления. Важное требование к зажимам — создание в заготовке напряжений сжатия и исключение появления значительных изгибающих моментов и, следовательно, деформаций заготовки.



**Рис. 6.7. Конструкция призмы**

Зажимающие устройства могут быть ручными и механизированными. К ручным зажимам относятся винтовой, эксцентриковый, а также различные прихваты. Большинство ручных зажимов просты по конструкции, но не обладают быстродействием.

На рис. 6.8 показан пример винтового зажима с двумя рукоятками. Машинные тиски также являются одной из разновидностей винтового зажима.

### **3 Исходные данные для проектирования приспособлений.**

К ним относятся: рабочие чертежи заготовки и готовой детали с техническими условиями на их приемку; операционные эскизы заготовки на предшествующей и выполняемой операциях с указанием базирующих поверхностей и получаемых размеров; операционные карты, из которых можно установить используемое оборудование, режимы резания, а также при возможности норму штучного и вспомогательного времени; ГОСТы и нормали на детали и узлы станочных приспособлений, альбомы конструкций приспособлений.

При проектировании приспособлений необходимо сначала определить требования, предъявляемые к данной конструкции, и рабочие функции приспособления.

Приспособления должны: обеспечивать необходимую и стабильную точность установки заготовки на станке; создавать условия для высокопроизводительной работы благодаря применению быстродействующих механизированных зажимов, одновременной установке и обработке нескольких деталей, многоинструментальной обработке, использованию многопозиционных приспособлений; быть простыми по устройству, удобными и безопасными в эксплуатации. Целесообразно максимальное использование унифицированных деталей и узлов. Установка и снятие детали должны осуществляться без затруднений, места установки должны быть доступными для очистки от стружки, отвода охлаждающей жидкости.

Установка самого приспособления на станок должна быть простой, без сложных выверок.

Приспособление проектируют следующим образом.

По имеющемуся чертежу детали и технологическому процессу ее обработки знакомятся с типовыми конструкциями приспособлений, а также с приспособлением, принятым на заводе. На основе перечисленных выше требований к приспособлениям намечают общую схему вновь проектируемого приспособления или модернизацию существующего на заводе (одноместное или многоместное, с ручным или механизированным приводом и пр.).

После этого на миллиметровке наносят контуры обрабатываемой детали в необходимом числе проекций, желательно в масштабе 1:1. Проекции обрабатываемой детали раздвигают на расстояния, достаточные для размещения соответствующих проекций будущего приспособления. Контуры детали вычерчивают тонкими линиями.

Чертеж детали в первой проекции должен соответствовать рабочему положению детали на станке. Деталь изображают такой, какой она получится после выполнения предыдущей операции. Выделяют жирными линиями поверхности, обрабатываемые в проектируемом приспособлении. Проектирование надо начинать с направляющих элементов приспособлений (например, с кондукторных втулок). Важным этапом является нанесение установочных деталей (подвижных и неподвижных). Затем наносят зажимные элементы. На последнем этапе проектирования все нанесенные элементы приспособления должны быть соединены общим корпусом.

Размеры силовых и кинематических звеньев приспособлений выбирают на основе предварительного расчета и по конструктивным соображениям.

На чертеже должно быть не менее двух проекций приспособления и достаточное число размеров, которое требуется для полного определения форм, размеров и взаимодействия всех входящих в приспособление деталей.

В конструкции приспособления следует в максимальной степени использовать детали и узлы, предусмотренные стандартами (силовые цилиндры, фиксаторы, прижимы, призмы, установочные пальцы и др.). Следует стремиться к минимальному числу используемых материалов для деталей; предусмотреть, если это требуется, их термообработку.

Прочностные расчеты деталей приспособлений производят по формулам курса «Детали машин».

### **1.17 Лекция №17 (2 часа)**

#### **Тема: Технологический анализ производства**

##### **1.17.1 Вопросы лекции:**

1.1 Технологический анализ производства

1.2 Производственным технологическим комплексом

1.3 Средства технологического оснащения показатели механизации и автоматизации технологических процессов

1.4 Технологическая гибкость производства

##### **1.17.2 Краткое содержание вопросов:**

###### **1. Технологический анализ производства.**

В основе совершенствования и развития любого производства лежит его интенсификация. Факторы и резервы повышения интенсивности производства условно делят на четыре группы: факторы и резервы первого порядка—структура производства, система управления, социальное развитие, рыночная конъюнктура, т. е. управляющие процессы и социальная структура, в которой функционирует технологический процесс; факторы и резервы второго порядка – трудовые ресурсы, основные производственные фонды, материальные ресурсы (производственные ресурсы); факторы и резервы третьего порядка – объем производства и реализации продукции, себестоимость продукции, т. е. объемные и экономические показатели производства; факторы и резервы четвертого порядка—финансовое состояние и платежеспособность, т. е. финансовое обеспечение производственного процесса.

Технологический анализ производства служит основой анализа факторов и резервов второго порядка, он лежит в основе всех видов анализов производственной и хозяйственной деятельности предприятия. В технологический анализ производства в

качестве одной из основных частей входит совершенствование технологии производства на планируемый период и сокращение на основе этого затрат на выполнение технологического процесса. Задачей технологического анализа, как и большинства анализов деятельности предприятия, является экономическая целесообразность. В отдельных случаях критерием правильности принятых решений могут быть и другие технологические показатели, такие, как максимальная производительность технологических процессов, загрузка оборудования, использование оборудования по мощности и др.

В общем виде техническое нормирование – это установление технически обоснованных норм расхода производственных ресурсов. Основная задача технического нормирования – оптимизация затрат средств производства (оборудования и оснастки), предмета труда (заготовок) и живого труда (времени работы оператора) в условиях реального производства.

Для сравнительного анализа влияния средств производства (оборудования и оснастки) на стоимость обработки партии деталей используют графоаналитический метод.

В соответствии с затратами на обработку партии заготовок определяют экономическую целесообразность применения оборудования разной производительности.

Метод получения заготовки (предмет труда) должен позволить приблизить размеры заготовки к размерам изготавливаемой детали. Нормой расхода материала считается рассчитанное количество материала, необходимое для изготовления детали из заготовки в условиях конкретного предприятия, с учетом технологических возможностей и экономической целесообразности. Применение заготовок, полученных методами точного литья, горячих штамповок, порошковой металлургии, сваркой и другими, обеспечивает наименьшую норму расхода материала.

Минимально допустимая точность окончательной обработки и максимально допустимая шероховатость поверхности позволяют уменьшить число обработок и соответственно припуски на обработку. Экономическая эффективность метода получения заготовки зависит не только от использования материала заготовки, но и от величины партии изготавливаемых деталей. Как правило, наиболее точные методы получения заготовок более дорогостоящи и экономически оправданны при повышенной серийности производства.

Для анализа использования материала заготовок применяют коэффициент использования материала. Если значение получается ниже средних статистических значений, то вносят коррективы в технологию получения заготовки.

Анализ использования живого труда позволяет установить обоснованную меру применения рабочей силы для конкретных условий производства. Вопрос нормирования живого труда (рабочей силы) изложен в подразделе 8.4.

**2. Производственным технологическим комплексом (ПТК)** называется комплекс средств технологического оснащения, предназначенных для выпуска основной продукции. В состав средств технологического оснащения входят оборудование и оснастка, состоящая из инструментов и приспособлений. Процесс создания **ПТК** может включать четыре этапа (нулевой, первый–третий). На нулевом этапе формируется массив информации об объекте работы. На первом этапе разрабатывают технологию обработки деталей и сборки машин.

Второй этап – рационализация ПТК, которая включает мероприятия по исключению малозагруженного оборудования; разработку «обходных» технологических процессов при отсутствии необходимого оборудования; группирование оборудования для повышения его загрузки; мероприятия по уменьшению дефицита оборудования путем применения специальных оснастки и инструмента.

На третьем этапе оптимизируют ПТК на основе одного из возможных критериев, исходя из требований времени.

**3. Средства технологического оснащения показатели механизации и автоматизации технологических процессов.**

Механизацией технологических процессов называется частичная или полная замена ручного труда по непосредственному изменению состояния, формы или качества изделий. При этом оператор только управляет машиной или механизмом, а также контролирует выполнение процесса.

Автоматизация технологического процесса предполагает полную замену ручного труда машинным, включая управление работой машины. Оператор в этом случае только наблюдает за ходом выполнения процесса и при необходимости выполняет подналадку оборудования.

Правила применения средств механизации и автоматизации технологических процессов регламентированы рекомендациями Госстандарта Российской Федерации, которые устанавливают систему видов и категорий механизации и автоматизации, перечень средств технологического оснащения и номенклатуру показателей механизации и автоматизации технологических процессов.

Механизация и автоматизация может быть единичной и комплексной. Единичной называется механизация (или автоматизация), охватывающая только один элемент технологического процесса (операцию или переход). Если механизация и автоматизация

охватывает два и более элемента, она называется комплексной. В свою очередь, комплексная механизация и автоматизация подразделяется на частичную и полную. При полной механизации и автоматизации все составные части технологического процесса механизированы (или автоматизированы), при частичной некоторые из них выполняются вручную.

Средства технологического оснащения при механизации и автоматизации включают в себя станки, инструменты, приспособления, контрольные устройства, манипуляторы, транспортные устройства. Каждое из этих средств может быть ручного действия, механизированным или автоматическим<sup>1</sup>.

В средствах технологического оснащения ручного действия все рабочие и управляющие функции выполняются за счет энергии человека (оператора). Механизированные средства выполняют все технологические и вспомогательные действия с помощью энергии машины под управлением человека. Автоматические средства технологического оснащения функционируют и управляются по заданному алгоритму без участия человека.

Для оценки состояния механизации и автоматизации технологического процесса используют показатели уровня замены ручного труда машинами.

#### **4. Технологическая гибкость производства.**

Под гибкостью производства понимают возможность переориентации производственной системы при переходе на новое изделие без коренного изменения материально-технической базы. Гибкое производство может быть переориентировано без существенных изменений ПТК и имеющихся зданий и сооружений, а составляющие средства производства можно использовать без капиталовложений, соизмеримых с их стоимостью.

Частая смена продукции, выпуск ее мелкими партиями при желании сохранить организацию и себестоимость массового производства обусловили создание гибких автоматических производств (ГАП), гибких производственных систем (ГПС) и гибких производственных модулей (ГПМ).

Если при традиционном развитии поточного производства использовался путь дифференциации производственного процесса, то в ГПС главным принципом стала концентрация производства с интеграцией технологических процессов, стремление к максимальной обработке детали на одном рабочем месте.

Управление от центральной ЭВМ, единая транспортно-складская система и объединение станков позволили создать систему машин, сочетающую высокую гибкость с высокой производительностью. Созданы многооперационные станки с ЧПУ, их дополни-



ли промышленные роботы и манипуляторы с системами спутников. Совокупность этих средств образовала гибкий производственный модуль. Этот этап в развитии машиностроения занял 10...15 лет.

В настоящее время на базе гибких производственных систем (ГПС), гибких производственных линий (ГПЛ), гибких производственных участков (ГПУ) и гибких производственных цехов (ГПЦ) создаются заводы с гибким безлюдным производством. Гибкие производственные линии (ГПЛ) включают оборудование, расположенное в технологической последовательности выполнения операций. Гибкие производственные участки (ГПУ) состоят из оборудования, расположенного в разной последовательности, определенной маршрутом обработки. Гибкие производственные цеха (ГПЦ) включают ГПУ, могут включать ГПЛ и отдельное оборудование.

В гибкую производственную систему входят автоматизированные системы по всем элементам производства. Эти составляющие ГПС в основном и создают трудности их применения — большие начальные капиталовложения, сложность при проектировании и внедрении системы управления, необходимость подготовки высококвалифицированных кадров.

### **Лекция №18 (2 часа)**

#### **Тема: Производственные системы механической обработки и сборки.**

##### **1.18.1 Вопросы лекции:**

- 1.1 Показатели проектных решений
- 1.2 Гибкие интегрированные производства
- 1.3 Например использования интегрированных систем

##### **1.18.2 Краткое содержание вопросов:**

Итоговые показатели, характеризующие разработанные проектные решения по участку, цеху, заводу, необходимы для оценки качества и экспертизы проекта. В состав этих показателей включают:

а) основные показатели - годовой выпуск в натуральном выражении и в оптовых ценах; добавленная стоимость годового выпуска; численность работающих с разбивкой по группам; основные промышленно-производственные фонды; капитальные вложения, связанные с реализацией проекта; трудоемкость выпускаемой продукции;

б) показатели уровня техники, технологии, механизации и автоматизации производства - количество основного оборудования; удельный вес применяемых прогрессивных, малоотходных видов заготовок; фондовооруженность работающих

(отношение основных фондов к числу работающих); коэффициент использования материала; уровень механизации и автоматизации производственных процессов; наличие собственных технических решений, защищенных авторскими свидетельствами и патентами; показатели уровня организации труда, производства и управления - производительность труда (добавленная стоимость годового выпуска) на одного работающего; фондоотдача (добавленная стоимость годового выпуска, отнесенная к основным фондам); коэффициент сменности

работы оборудования; коэффициент кооперирования производства; количество примененной вычислительной техники в управлении и организации производства;

г) показатели уровня эффективности проекта - себестоимость продукции, рентабельность (отношение ожидаемой прибыли к приведенным затратам на годовой выпуск), срок окупаемости капитальных вложений, эффективность от внедрения проекта на 1 руб. затрат на проектирование;

д) показатели социальных факторов и условий труда - наличие решений по обеспечению наиболее благоприятных и безопасных условий труда; удельный вес рабочих, занятых на ручных операциях; наличие решений по охране окружающей среды и использованию отходов производства;

е) показатели оформления проекта - комплектность документации и соответствие ее нормативным документам о порядке разработки и утверждения проектов.

Объективно оценить качество проекта и сопоставить варианты очень сложно ввиду многочисленности и разноплановости приведенных показателей. Поэтому часто определяют значение интегрального (комплексного) показателя. Для этого прибегают к использованию метода векторной оптимизации, когда каждому частному показателю устанавливают соответствующий коэффициент значимости при использовании аддитивных моделей или коэффициент эластичности при использовании мультипликативных моделей.

С целью обеспечения высокого уровня проектных решений и наибольшей эффективности предполагаемых инвестиций проводят экспертизу проектов и смет. Для этой цели привлекают ведущих специалистов из независимых проектных организаций и фирм.

При технико-экономической оценке вариантов проектов необходимо учитывать перспективы развития производственных систем. Развитие производственных систем в машиностроении непосредственно связано с автоматизацией производства, обеспечением его гибкости и все более широкой интеграции на базе использования компьютерной

техники и информационных технологий. Это ведет в будущем к созданию заводов как высокоавтоматизированных производств с минимальным участием людей и постоянным их совершенствованием по мере развития научно-технического прогресса.

Создание гибких интегрированных производств невозможно при дальнейшем использовании традиционных подходов. Они требуют помимо постоянных усилий в направлении автоматизации основных и вспомогательных процессов производства применения новых решений как в технологии машиностроения, так и в организации производства. Эти решения начинают проявляться в следующих направлениях.

1. Все более широкое использование малооперационной технологии и уменьшение степени дифференциации ТП изготовления и сборки изделий. Это связано с тем, Постоянная модернизация производства в ходе научно-технического прогресса. Для обеспечения конкурентоспособности выпускаемых изделий необходимо совершенствовать не только их конструкции, но и производство, постоянно повышая его эффективность. С этой целью гибкие производственные системы следует строить с использованием блочно-модульного принципа создания гибких модулей обработки и сборки, элементов автоматизированных транспортно-накопительных и складских систем, систем инструментообеспечения и других компонентов. Этот принцип позволяет осуществлять постоянную модернизацию без остановки производства, внедряя и расширяя ГПС поэтапно, учитывая что ГАП является капиталоемким предприятием. Высокая стоимость ГПС требует тщательного анализа вариантов технологических и производственных процессов и затрат на их реализацию. В этих условиях становится не только необходимым, но и неизбежным *моделирование производственных процессов* при решении вопросов перспективного развития.

Переход на использование систем машин для выполнения комплекса работ, обеспечивающих непрерывность производственных процессов. Задача повышения эффективности производства в значительной мере связана с сокращением сроков ТПП и производственного цикла. При создании нового изделия до 99 % времени затрачивали на конструирование изделия и его техническую подготовку и только один процент - на изготовление и испытание опытных образцов. При традиционном подходе в условиях серийного производства только 5 % времени уходит непосредственно на обработку и сборку, а остальные 95 % времени в производственном цикле заготовки и детали находятся на складах и рабочих местах в ожидании обработки и сборки. Непрерывные производственные процессы требуют прежде всего интеграции конструкторской и ТПП

на базе систем автоматизированного конструирования и технологического проектирования (САПРК и АСТПП, за

рубежом C A D - C A M ) . Дальнейшая интеграция связана с объединением автоматизированных систем технической подготовки и планирования производства с ГПС различных видов обработки и сборки.

3. Например, использование интегрированных систем позволило уменьшить производственный цикл изготовления весьма сложных многоцелевых станков в ГПС “Система 21” фирмы “Ямазаки” (Япония) до четырех недель по сравнению с четырьмя месяцами, которые были необходимы при использовании станков с ЧПУ. По данным фирмы, производственный цикл будет доведен до одной недели.

Время на переналадку при переходе от изготовления одной достаточно сложной детали гидроаппаратуры к другой на одной из лучших отечественных ГПС АЛП-3-2 составляет 30 с (время, необходимое для смены паллеты). Это обеспечивает возможность вести обработку комплектных групп деталей для одного изделия и работать практически без складов по принципу “все только тогда, когда нужно”. Одновременно сокращение заделов ведет к уменьшению потребной площади.

Минимизация потерь от брака и выпуск высококачественной продукции. Качество продукции в ГПС все более широко будет обеспечиваться применением соответствующих систем автоматического контроля и управления ТП. Внедрение автоматических систем контроля качества заготовок и материалов на входе, в процессе изготовления деталей и сборки изделий, а также контроль и испытание готовой продукции с необходимой адаптацией ТП к изменяющейся производственной ситуации практически исключает брак, обеспечивает высокое качество продукции, не зависящее от квалификации оператора.

Для повышения качества обработки более широкое применение получают самонастраивающиеся и самоподнастраивающиеся системы автоматизации, системы с автоматическим контролем выходных параметров обработки и адаптивные системы.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### 2.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа).

**Тема:** «Составление схем технологических процессов изготовления типовых деталей (валы, зубчатые колеса, корпусные детали).»

**2.1.1 Цель работы:** Научиться проектировать технологические процессы на изготовление детали.

#### 2.1.2 Задачи работы:

1. Выбор технологических баз.
2. План обработки поверхностей
3. Составление вариантов маршрута обработки

#### 2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам.

#### 2.1.3 Описание (ход) работы:

1. Групповой технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками ГОСТ 3.1109-82

Выбор технологических баз:

Черновые базы

1. Базовые поверхности должны быть по возможности ровными и чистыми. Не следует брать за базы поверхности, на которых располагаются литники, выпоры, заусенцы и т. п.

2. Базовые поверхности должны стабильно располагаться относительно других поверхностей. Так, не следует брать за черновую базу поверхность отверстия, получаемого отливкой, так как расположение отверстия может изменяться из-за смещения стрелы.

3. За черновые базы рекомендуется брать поверхности с минимальными припусками или вообще не подвергаемые обработке. Это уменьшает опасность появления брака по черноте.

4. Черновые базы при переустановке заготовки заменяют чистовыми.

Чистовые базы

1. Обработка должна вестись при минимальном числе баз.

2. Необходимо соблюдать принцип совмещения баз, т. е. совмещать технологическую и измерительную базы. В этом случае погрешность базирования равна нулю.

3. При чистовой обработке желательно выбирать основные (для валов - центровые отверстия), а не вспомогательные базы, это обеспечивает большую точность обработки.

4. Технологическая база должна быть выбрана с учетом отсутствия деформаций заготовки; это достигается соответствующим расположением базовых поверхностей и приложением к детали силы зажима.

Правильно выбранные базы (черновые и чистовые) должны обеспечить простоту и дешевизну приспособлений, удобство установки детали.

2. При токарной обработке различают:

а) черновое точение или обдирочное с точностью обработки — IT13...IT11 и шероховатость до  $Ra = 6,3$  мкм;

б) получистовое точение — IT10...IT9 и шероховатость до  $Ra = 1,6$  мкм;

в) чистовое точение — IT8... IT6 и шероховатость до  $Ra = 0,4$  мкм.

При черновом обтачивании, как и при любой черновой обработке снимают до 70 % припуска. При этом назначают максимально возможные глубину резания  $t$ , и подача  $S$ .

3. Черновое обтачивание заготовок из проката (поковки) может быть выполнено по трём схемам:

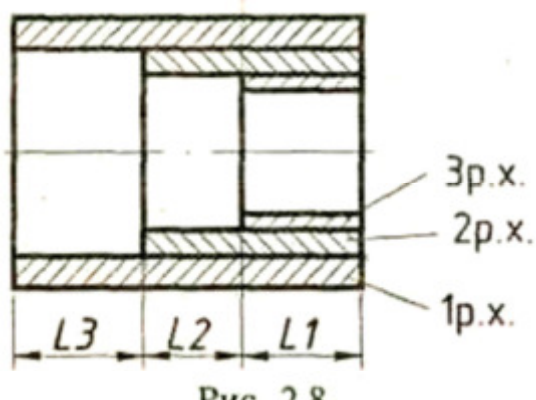


Рис.1 Схема черновой обработки от большего диаметра к меньшему

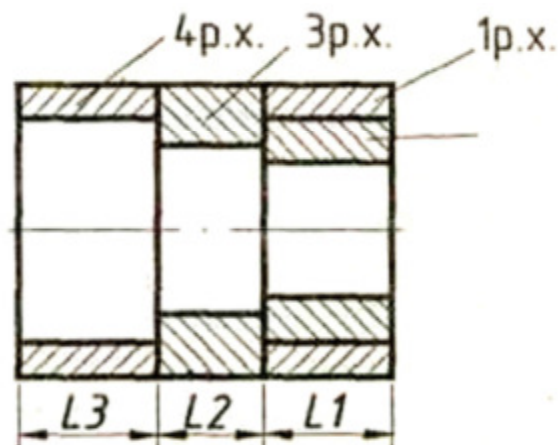


Схема черновой обработки от меньшего диаметра к большему

Число вариантов маршрута обработки рассматриваемой поверхности, удовлетворяющей техническому принципу, может быть весьма большим. Все варианты, однако, различны по эффективности производительности и рентабельности.

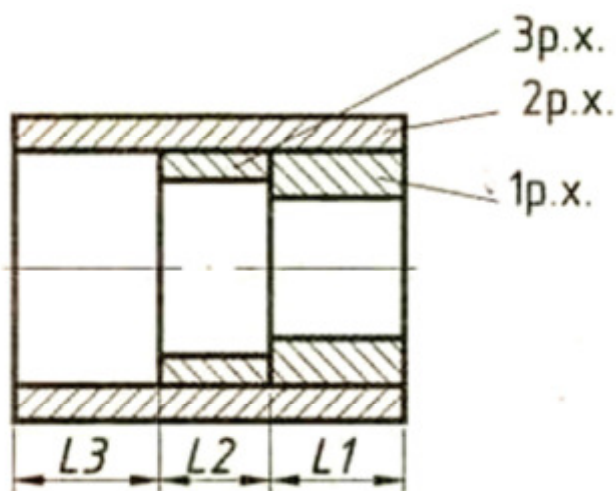


Рис.3 Схема черновой обработки для смешанного варианта

Например, случай построения вариантов маршрута обработки сквозного отверстия по 7-му качеству точности. Отверстие диаметром  $42 \pm 0,32$ ,  $R_z = 160$  мкм в заготовке из серого чугуна получено литьем по 6-му классу точности. В корпусной детали нужно получить сквозное отверстие  $50 \pm 0,021$ ,  $R_z = 0,63$  мкм. Для рассматриваемого случая (рис.4)

возможны 24 различных маршрута обработки отверстия.

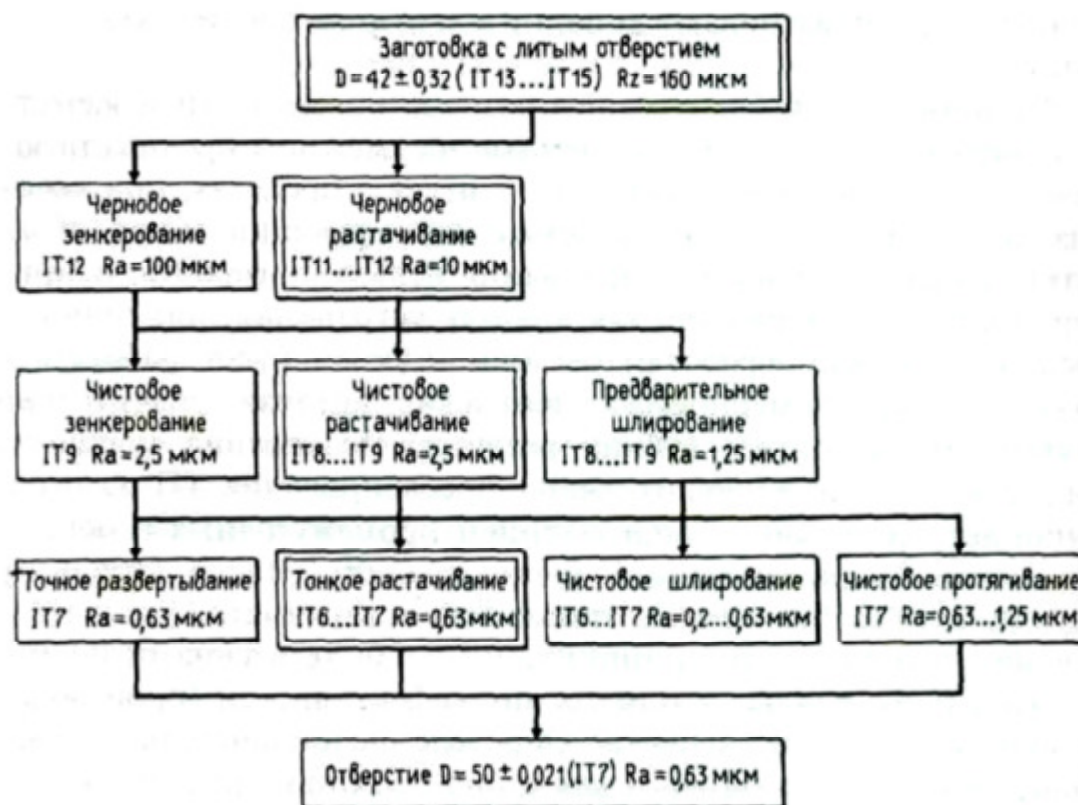


Рис. 4. Варианты построения маршрута обработки отверстия (двойной рамкой отмечены виды обработки в принятом маршруте).

## 2.2 Лабораторная работа № 2 (2 часа).

Тема: «Проектирование групповых технологических процессов.»

2.2.1 Цель работы: Научиться составлять технологические процессы механической обработки.

### 2.2.2 Задачи работы:

1. Анализ исходных данных
2. Определить класса детали
3. План обработки поверхностей.

### 2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам.

### 2.2.4 Описание (ход) работы:

1. Для технически грамотного и обоснованного изложения этого раздела необходимо изучить чертежи общих видов узлов и механизмов, дать описание назначения самой детали, основных ее поверхностей и влияния их взаимного расположения, точности и чистоты обработки на качество работы механизма, для которого изготавливается деталь. Если назначение детали неизвестно, то следует описать его по своему соображению, о чем сделать соответствующую оговорку. Говоря о поверхностях, необходимо присваивать каждой из них буквенные или цифровые обозначения. Эти же обозначения должны быть нанесены на соответствующие поверхности на чертеже. Далее следует определить отклонения на размеры и поверхности, отсутствующие на чертеже (на свободные размеры, неуказанные отклонения формы и расположения), для последующей записи их в технологические карты.

Из описания назначения и конструкции детали должно быть ясно, какие поверхности и размеры имеют основное, решающее значение для служебного назначения детали и какие — второстепенное.

Кроме того, необходимо высказать свои соображения относительно правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле и целесообразности его замены другими марками и какими именно.

Пример заполнения таблицы с указанием очередности выполнения технологических операций и переходов, т.е. технологического процесса изготовления детали согласно требованиям технических условий. Также выполняется нормирование данного процесса для определения типа производства.

Таблица 1 Технологический процесс на изготовление изделия

№ п/п	Вид технологической операции или технологического перехода	№ повер.	Квалитет	Формула	$T_0$	$\Phi_K$	$T_{шт.}$
1	Торцевание обдирочное			$0,37 \cdot 10^{-3}(D^2-d^2)$	0,26	1,36	0,35
2	Сверление	9	11	$0,52 \cdot 10^{-3}D \cdot l$	0,05	1,51	0,08
3	Сверление	10	11	$0,52 \cdot 10^{-3}D \cdot l$	0,04	1,51	0,06
4	Точение обдирочное	2,3	11	$0,1 \cdot 10^{-3}D \cdot l$	0,02	1,36	0,03
5	Растачивание обдирочное	6,8	11	$0,1 \cdot 10^{-3}D \cdot l$	0,17	1,36	0,2
6	Снятие фаски	4	11	$0,17 \cdot 10^{-3}D \cdot l$	0,006	1,36	0,008
7	Точение проточки	7	11	$0,17 \cdot 10^{-3}D \cdot l$	0,005	1,36	0,007
8	Торцевание чистовое	1,5	9	$0,052 \cdot 10^{-3}(D^2-d^2)$	0,027	1,36	0,04
9	Развертывание	9	9	$0,43 \cdot 10^{-3}d \cdot l$	0,003	1,36	0,05
10	Развертывание	10	9	$0,43 \cdot 10^{-3}d \cdot l$	0,037	1,51	0,06
11	Растачивание чистовое	6,8	9	$0,17 \cdot 10^{-3}D \cdot l$	0,06	1,36	0,08
12	Точение чистовое	2,3	9	$0,17 \cdot 10^{-3}D \cdot l$	0,03	1,36	0,04
13	Шлифование чистовое	6	6	$0,25 \cdot 10^{-2}D \cdot l$	0,42	1,55	0,65
14	Нарезание резьбы	2		$0,19 \cdot 10^{-3}d \cdot l$	0,03	1,36	0,04

## 2) Проектирование технологического процесса на изготовление детали.

Общие правила разработки технологических процессов определяются ГОСТом 14.301-83. Этим стандартом определены основные этапы:

- анализ исходных данных;
- определение типа производства;
- определение класса детали и выбор аналога типового или группового процесса;
- выбор исходной заготовки и методов её изготовления;
- выбор технологических баз;
- план обработки отдельных поверхностей;
- составление технологического маршрута обработки;
- разработка технологических операций (назначение режимов резания);
- нормирование технологического процесса;
- определение требований техники безопасности;
- расчет экономической эффективности технологического процесса;
- оформление технологической документации.

В соответствии с ГОСТ 14.310-83 технологические процессы подразделяются на три вида: единичный, типовой и групповой.



Единичный технологический процесс – это технологический процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства ГОСТ 3.1109-82  
Характерен для оригинальных изделий не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии .

### 2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа).

**Тема: «Определение типа производства по исходным данным»**

**2.3.1 Цель работы:** Научиться определять тип производства, на котором целесообразнее всего разместить заказ на изготовление детали в зависимости от её конструкции, назначения и исходных данных на проектирование.

#### 2.3.2 Задачи работы:

1. Анализ исходных данных на проектирование
2. Выполнить расчеты для определения типа производства
3. Выбрать тип производства по критерию коэффициента серийности

#### 2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам.

#### 2.3.4 Описание (ход) работы:

##### 1.Исходные данные:

программа изделий  $N_1 = 2500$  шт;  
количество деталей на изделие  $m = 4$  шт;  
количество запасных частей  $\beta = 3 \%$ .

2.При проектировании технологического процесса можно считать, что тип производства зависит от двух факторов, а именно:

1. Заданной программы
2. Трудоёмкости изготовления изделия.

На основании исходных данных рассчитывается годовая программа

$$N = N_1 m (1 + \beta) \quad (\text{шт}) \quad (1.1)$$

$$N = 2500 * 4 (1 + 0.03) = 10300 \text{ шт.}$$

где N-годовая программа с учетом изготовления запасных частей и количества деталей в изделии.

Далее определяется такт выпуска деталей

$$t_b = \frac{F_d * 60 * R}{N} \quad \text{мин/шт} \quad (1.2)$$

где  $F_d = 2070$  - действительный годовой фонд времени оборудования, час [1].

$$t_b = \frac{2070 * 60 * 1}{10300} = 12,058 \text{ мин/шт.}$$

Определяем среднее штучное время:

$$T_{\text{шт.ср}} = \frac{T_{\text{шт}}}{n} \quad \text{мин} \quad (1.3)$$

где  $T_{\text{шт}}$  - штучное время на изготовление, мин;

$n$  - число операций.

$$T_{\text{шт.ср}} = \frac{22,774}{13} = 1,752 \text{ мин} \quad (1.4)$$

$$T_{\text{шт}} = T_0 \Phi_k \text{ мин}$$

где  $T_0$  - основное время, определяемое по приближенным формулам данным в приложении 1. Расчет приведен в таблице 1.1

### 3. Определяется коэффициент серийности

$$K_c = \frac{t_b}{T_{штсер}} \quad (1.5)$$
$$K_c = \frac{12,058}{1,752} = 6,88$$

Приняты следующие коэффициенты серийности:

для массового производства	$K_c = 1$
для крупносерийного	$K_c = 2 \dots 10$
для среднесерийного	$K_c = 1 \dots 20$
для мелкосерийного	$K_c > 20$

Определяем тип производства как **-крупносерийный**.

### 2.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа).

**Тема: «Выбор исходных заготовок.»**

**2.4.1 Цель работы:** Научиться выбирать заготовки для изготовления деталей.

**2.4.2 Задачи работы:**

1. Изучить варианты исходных заготовок
2. Выполнить расчеты альтернативных заготовок
3. Выбрать заготовку

**2.4.4 Описание (ход) работы:** *Заготовка* — это предмет производства, из которого изменением формы и размеров, свойств материала и шероховатости поверхности изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу — узел.

Выбор заготовки — это значит определить ее рациональный вид, определяющий конфигурацию заготовки, напуски, уклоны, толщину стенок, размеры отверстий, припуски на обработку, размеры заготовки, допуски на точность их выполнения, назначить технические условия на выполнение заготовки и выбрать оборудование.

Исходной заготовкой называется заготовка перед первой технологической операцией (ГОСТ 3.1109-82).

Конфигурация заготовки вытекает из конструкции детали и определяется ее размерами и материалом, условиями работы детали в машине с учетом статических, динамических, температурных и других нагрузок.

Конструктор назначает технические требования, предъявляемые к детали, часто задает метод изготовления заготовки для определенного вида производства. В настоящее время число этих методов для каждого вида производства (литья, обработки давлением, прокатки, порошковой металлургии и др.) исчисляется многими десятками.

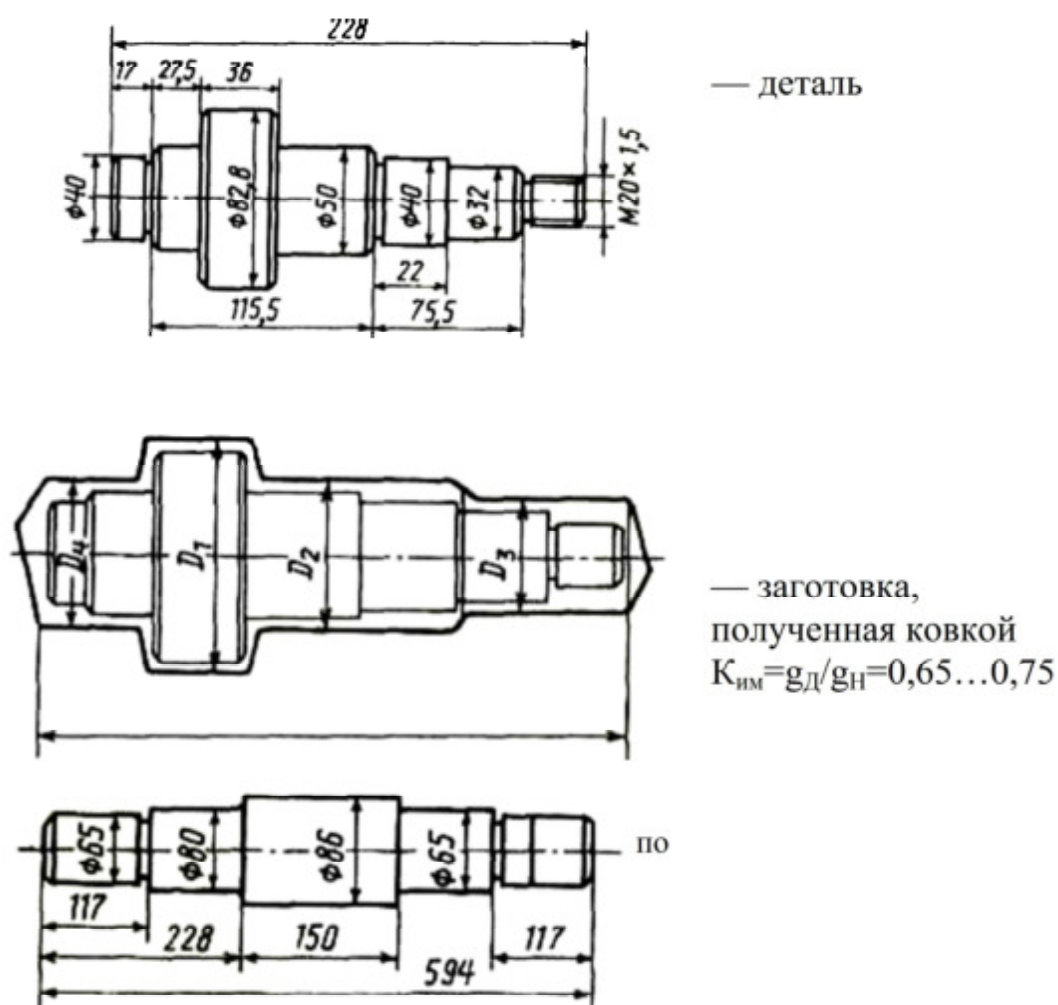
*Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления*

При выборе заготовки необходимо решить следующие вопросы:

- установить способ получения заготовки;
- рассчитать припуски на обработку каждой поверхности;
- рассчитать размеры и указать допуски на заготовку;
- разработать чертеж заготовки.

Основными видами заготовок для деталей являются заготовки, полученные:

- литьем;
- обработкой давлением;
- резкой сортового и профильного проката;
- комбинированными методами;
- специальными методами.



заготовки. Упрощенное сравнение возможных вариантов получения заготовки сводится в таблицу 1.

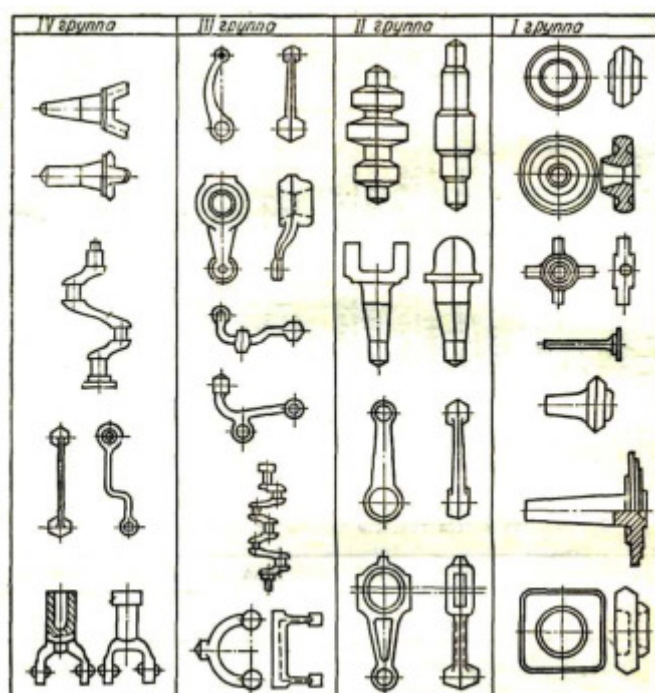
Сравнение методов получения заготовки по коэффициенту использования материала  $K = g_d / g_H$ , где  $g_d$  – масса детали, кг;  $g_H$  – норма расхода материала (т.е. материал перешедший в стружку), кг. При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом и крупносерийном производстве  $K > 0,85$ ; в среднесерийном и мелкосерийном производстве  $K > 0,5 \dots 0,6$ ;

2.

Таблица расчета стоимости заготовок при  
различных способах их получения

Наименование показателей	варианты	
	первый	второй
Вид заготовки	штамповка	прокат
Квалитет	17...15	17...15
Группа сложности	1	1
Масса детали, кг ( $g_d$ )	1,313	1,313
Масса заготовки, кг ( $g_n$ )	1,694	2,626
Кэфф. использования материала, ( $K_{им}$ )	0,78	0,5
Стоимость материала, руб/кг ( $Ц_m$ )	0,395	0,095
Стоимость стружки, руб/кг ( $Ц_o$ )	0,0144	0,0144
Час. тариф..ставка рабочих, руб/час ( $C_{зн}$ )	0,415	0,415
Отличительные операции мех. обработки	—	токарная
Основное время отлич.операций,мин ( $T_o$ )	—	1,5232
Цеховые накладные расходы, ( $C_n$ )	0,7	0,7
Стоимость получения заготовки, руб ( $C_M$ )	1,37	1,97

## Классификация заготовок по сложности их изготовления



Оптовые цены на штамповки, руб./т

Масса штампов ки, кг	Материал штамповки											
	Сталь 18ХГТ, 30ХГТ, 33ХС, 38ХС, 40ХС, 25ХГТ				Сталь 20ХН...45ХН и 20 ХНГР				Сталь 12ХН2			
	Группы сложности штамповок											
	простые	несложные е	сложные	особо сложные	простые	несложные е	сложные	особо сложные	простые	несложные е	сложные	особо сложные
До 0,25	655	710	775	850	715	775	830	900	750	810	870	940
0,25...0,6 3	525	580	645	710	570	630	685	745	605	665	725	785
0,63...1,6	415	465	515	585	465	520	570	630	500	555	610	670
1,6...2,5	365	405	460	520	395	450	500	555	420	480	534	590
2,5...4	310	350	400	455	345	390	435	470	375	420	465	510
4...10	275	315	355	395	315	350	390	430	345	380	420	460
10...25	250	280	315	355	300	325	355	395	320	345	375	415
25...63	240	265	295	330	285	310	340	370	310	330	355	395
63...160	235	255	285	315	280	300	330	360	300	320	345	380
160...400	230	250	275	305	275	295	320	350	295	315	340	370

### ЛИТЕРАТУРА

Технология машиностроения. Часть II. Проектирование технологических процессов: Учеб. Пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 498с.

### Оптовые цены на прокат, руб/т

Заготовки	Сталь			Цветные металлы и сплавы			
	Сталь 45	45ХНМ	95Х18	Алюминий	Бронза	Латунь	Медь
по выплавляемым моделям	3000	—	—	—	—	—	—
Горячештампованные	255	400	1250	—	1250	—	—
Холодноштампованные	430	700	2650	—	—	1500	1540
Сортовой горячекатаный прокат:							
мелкий до 19 мм	110	288	300	800	—	800	950
средний 20–110 мм	95	250	1200	600	—	700	900
крупный 120–150 мм	67	165	955	500	850	600	850

#### ЛИТЕРАТУРА

Технология машиностроения: В 2 т. Т 1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов/В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.-564с., ил

### Заготовительные цены на одну тонну стружки черных и цветных металлов, руб.

Тип отходов	Стоимость
Стальная и чугунная стружка для доменных печей.....	14,4
Лом и отходы легированной стали.....	29,8
Лом и отходы шарикоподшипниковой стали.....	38,0
Лом и отходы алюминиевых сплавов (стружка).....	146,0
Латунная стружка.....	319,0
Лом и отходы оловянной бронзы.....	443,0

#### ЛИТЕРАТУРА

Технология машиностроения. Часть II. Проектирование технологических процессов: Учеб. Пособие/Э.П. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.П. Мурашкина. СПб.: изд-во СПбГПУ, 2002. 498с.



**Часовые тарифные ставки рабочих-станочников машиностроительных  
и металлообрабатывающих предприятий**

Раз- ряд	Часовая тарифная ставка, руб./чел.-ч			
	на холодных работах		на работах с вредными условиями труда	
	Сдельщики	Повремен- щики	Сдельщики	Повремен- щики
I	0,415	0,399	0,436	0,419
II	0,438	0,426	0,460	0,447
III	0,479	0,438	0,503	0,460
IV	0,550	0,479	0,578	0,496
V	0,638	0,549	0,670	0,576
VI	0,742	0,638	0,779	0,670

**ЛИТЕРАТУРА**

Технология машиностроения. Часть II. Проектирование технологических процессов: Учеб. Пособие/Э.П. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 498с.

**Оптовые цены на поковки, изготавливаемые свободной ковкой,  
и на горячие штамповки, руб./т**

Масса поковки, кг	Материал поковки											
	Сталь 15Х-50Х				Углеродистая качественная сталь 08-85				Сталь 33ХС, 38ХС, 40ХС, 18ХГТ, 30ХГТ, 25ХГТ			
	Группы сложности поковок											
	простые	неслож- ные	сложные	особо сложные	простые	неслож- ные	сложные	особо сложные	простые	неслож- ные	сложные	особо сложные
До 2	395	445	500	585	350	400	450	510	420	470	525	610
2...10	350	395	445	505	310	350	400	450	375	420	470	530
10...25	315	355	400	445	275	310	360	410	340	380	425	470
25...70	290	325	365	410	250	275	325	375	315	350	390	435
70...180	270	300	335	375	235	255	300	345	295	325	360	400
180...320	255	280	310	345	225	240	280	320	280	305	335	370
320...700	245	265	290	320	215	225	260	295	265	285	310	340
700...1000	235	250	270	295	205	215	240	270	255	270	290	315

Оптовые цены на отливки, руб./т

Масса отливки, кг	Серый чугун					Высокопрочный чугун					Углеродистая сталь				
	Группы сложности отливок														
	простые	несложные	средней сложности	сложные	особо сложные	простые	несложные	средней сложности	сложные	особо сложные	простые	несложные	средней сложности	сложные	Оособо сложные
До 0,2	265	300	345	400	460	380	35	500	570	650	310	370	435	510	595
0,2...0,5	250	285	330	385	445	365	420	485	555	630	300	360	425	500	585
0,5...1,0	235	270	330	370	425	350	405	470	540	620	280	335	400	470	550
1,0...3,0	210	245	290	340	395	315	365	430	500	560	255	310	370	440	515
3,0...10	185	220	265	315	370	265	315	375	440	480	230	285	340	405	480
10...20	170	205	245	295	345	250	285	330	385	435	210	260	315	380	455
20...50	160	190	230	280	330	235	260	320	375	410	190	240	295	355	425
50...200	145	175	215	260	310	215	245	290	340	395	175	220	270	330	400
200...500	130	160	195	240	290	200	225	275	320	355	165	210	260	315	385
500...1000	125	155	190	230	275	195	215	265	310	335	155	200	250	305	370

3. Стоимость заготовки находится как, масса заготовки, умноженная на стоимость одного килограмма металла.

Рассчитаем стоимость заготовки.

$$C_m = q_m \cdot C_m - q_0 \cdot C_0 + C_{зч} \cdot T \cdot (1 + C_n). \quad (2.2)$$

Стоимость заготовки полученной литьем

$$C_m = 1,03 \cdot 0,465 - 0,83 \cdot 0,0298 + 0,438 \cdot 1 \cdot (1 + 0,7/100) = 0,663 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки полученной штамповкой

$$C_m = 1,10 \cdot 0,095 - 0,83 \cdot 0,0298 + 0,438 \cdot 1,38 \cdot (1 + 0,7/100) = 0,48 \text{ руб.}$$

Проанализировав таблицу 2.1 можно сделать следующие вывод: с учетом того, что стоимость штамповки меньше, чем стоимость литья с экономической точки зрения целесообразней выбрать в виде заготовки штамповку с целью снизить затраты на изготовление детали.

## 2.5 Лабораторная работа № 5 (2 часа).

### Тема: «Расчет операционных припусков»

**2.5.1 Цель работы:** Научиться грамотно рассчитывать припуски на механическую обработку поверхностей при достижении требуемых техническими условиями квалитетов точности и шероховатости.

### 2.5.2 Задачи работы:

1. Освоить расчет припусков на механическую обработку вала и отверстия
2. Научиться пользоваться справочным материалом при расчете припусков
3. Рассчитать припуски вал или отверстия

### 2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам.

**2.5.4 Описание (ход) работы:** Для определения минимального операционного припуска (на диаметр) используют следующую формулу для сверления:



$$Z_{\min.}=2 \cdot ( R_{z-1}+T_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} ) - \text{ для сверления}$$

$$Z_{\min.}= ( R_{z-1}+T_{i-1}+ \rho_{i-1} + \varepsilon_i ) - \text{ для фрезерования}$$

где  $R_{zi-1}$  - высота неровностей, полученных после предыдущей технологической операции, мкм

$T_{i-1}$  - глубина дефектного слоя, мкм

$\rho_{i-1}$  - пространственная погрешность, образованная при выполнении предыдущего перехода, мкм

Значения  $R_{zi-1}$  и  $T_{i-1}$  для штамповки выбираются из таблицы и заносятся в таблицу 3.1

Суммарное значение пространственных отклонений определяем по формуле

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор.}^2 + \rho_{см.}^2}$$

Наименьшие предельные размеры вычисляются вычитанием из минимального размера на предыдущем переходе величины минимального припуска

$$d_{\min.i-1} = d_{\min.i} - z_{\min.}$$

Наибольшие предельные размеры вычисляются суммированием наименьшего размера и величины допуска:

$$d_{\max} = d_{\min} + \delta$$

Максимальные значения припусков определяют как разность наименьших предельных размеров:

$$Z_{\max.} = d_{\min.i} - d_{\min.i-1}$$

Минимальные значения припусков определяет как разность наименьших предельных размеров:

$$Z_{\min.} = d_{\max.i} - d_{\max.i-1}$$

Наименование технической операции или перехода берется из таблицы 1.1. Допуск  $\delta$  берется из ГОСТа 27345-82.

2.

## 26. Расчетные формулы для определения величины припуска на обработку

Вид обработки	Расчетная формула
Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей	$z_{lmin} = R_{z_{l-1}} + T_{l-1} + p_{l-1} + \epsilon_l$
Параллельная обработка противоположных плоскостей	$2z_{lmin} = 2(R_{z_{l-1}} + T_{l-1} + p_{l-1} + \epsilon_l)$
Обработка наружных или внутренних поверхностей вращения	$2z_{lmin} = 2(R_{z_{l-1}} + T_{l-1} + \sqrt{p_{l-1}^2 + \epsilon_l^2})$
Обтачивание цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах; бесцентровое шлифование	$2z_{lmin} = 2(R_{z_{l-1}} + T_{l-1} + p_{l-1})$
Развертывание плавающей разверткой, протягивание отверстий	$2z_{lmin} = 2(R_{z_{l-1}} + T_{l-1})$
Суперфиниш, полирование и раскатка (обкатка)	$2z_{lmin} = 2R_{z_{l-1}}$
Обработка лезвийным или абразивным инструментом без выдерживания размера (как чисто) черной поверхности	$z_d = R_{z_{l-1}} + T_{l-1} + 0,25p_{l-1}$
Шлифование после термообработки:	
а) при наличии $\epsilon_l$	$z_{lmin} = R_{z_{l-1}} + p_{l-1} + \epsilon_l$ $2z_{lmin} = 2(R_{z_{l-1}} + p_{l-1} + \epsilon_l)$
б) при отсутствии $\epsilon_l$	$z_{lmin} = R_{z_{l-1}} + p_{l-1}$ $2z_{lmin} = 2(R_{z_{l-1}} + p_{l-1})$

Примечание:  $\sqrt{p_{l-1}^2 + \epsilon_l^2} \approx 0,96p_{l-1} + 0,4\epsilon_l$  при  $p_{l-1} > \epsilon_l$ ;  $\sqrt{p_{l-1}^2 + \epsilon_l^2} \approx p_{l-1}$  при  $p_{l-1} > 4\epsilon_l$ ;  $\sqrt{p_{l-1}^2 + \epsilon_l^2} \approx 0,4p_{l-1} + 0,96\epsilon_l$  при  $p_{l-1} < \epsilon_l$ ;  $\sqrt{p_{l-1}^2 + \epsilon_l^2} \approx \epsilon_l$  при  $p_{l-1} < 4\epsilon_l$

## 27. Качество поверхности различных видов заготовок

Вид заготовки	Класс точности	$R_z$	$T$
		мкм	
Отливки в земляные формы			
I класса	7—9		
наибольший габаритный размер отливки, мм:			
< 1250			600
1250—3150			800
то же II класса	8—9		
наибольший габаритный размер отливки, мм:			
< 1250			700
1250—3150			900

Продолжение табл. 27

Еид заготовки	Класе точности	$R_z$	$T$
		мкм	
Отливки в кокиль	5—7	200	300
Литье в оболочковые формы	5—7	40	260
Литье под давлением	3—5	20	140
Литье по выплавляемым моделям	2—5	80	170
Штампованные заготовки			
Масса, кг:			
≤ 0,25		150	150
0,25—2,5		150	200
2,5—25		150	250
25—100		200	300
100—200		300	300
Прокат			
горячекатаный диаметр, мм:			
5—25		150	150
26—75		150	250
80—150		200	300
160—250		300	400
калиброванный гладкотянутый	2а—5	60	60
калиброванный шлифованный	2—3	10	20

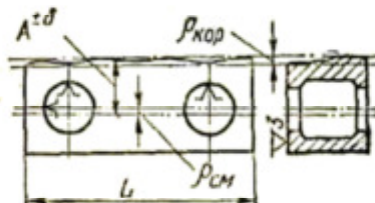
Примечание. Для отливок в земляные формы указано суммарное значение  $R_z + T$ .

### 31. Суммарное значение пространственных отклонений для различных видов заготовок и механической обработки

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
--------------------------------	-------	-------------------

#### I. Литые заготовки

Корпусные детали, по отверстиям с параллельными осями и перпендикулярной к ним плоскости



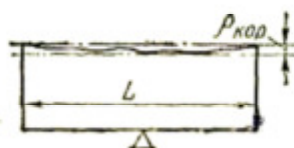
$$\rho = \sqrt{\rho_{kop}^2 + \rho_{cm}^2}$$

$$\rho = \rho_{kop} + \rho_{cm}$$

$$\rho_{cm} = \delta$$

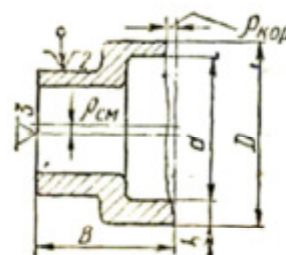
$$\rho_{kop} = \Delta_k L$$

То же, по плоскости, противоположной обрабатываемой



$$\rho = \rho_{kop}$$

Детали — тела вращения, в самоцентрирующих патронах по наружному диаметру с прижимом к торцевой поверхности



$$\rho_D = \rho_{kop} = \Delta_k D$$

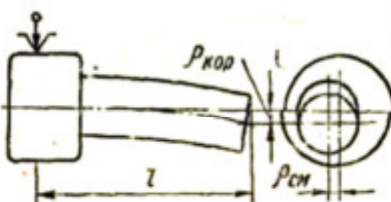
$$\rho_d = \sqrt{\rho_{kop}^2 + \rho_{cm}^2}$$

$$\rho_{cm} = \delta_v$$

$$\rho_v = \Delta_k B$$

#### II. Штампованные заготовки

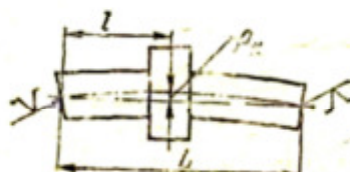
Стержневые детали (валы ступенчатые, рычаги и т. п.) с базированием по крайней ступени (поверхности)



$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{kop}^2}$$

$$\rho_{kop} = \Delta_k l$$

Стержневые детали при обработке в центрах



$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{kop}^2 + \rho_{cp}^2}$$

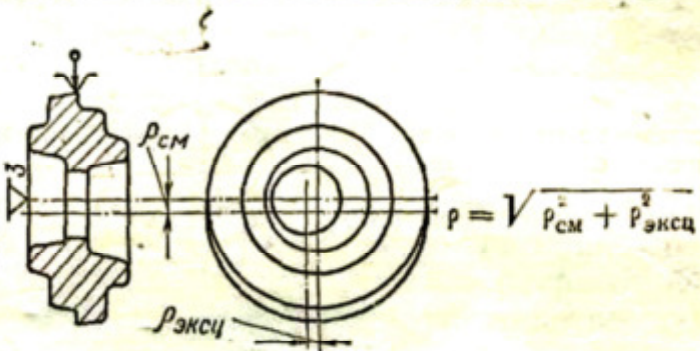
$$\rho_{kop} = \Delta_k l$$

при  $l \leq \frac{L}{2}$



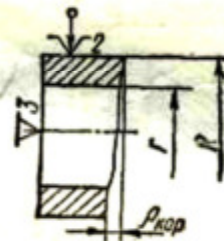
Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
--------------------------------	-------	-------------------

Детали типа дисков с прошиваемым центральным отверстием (шестерни, диски и т. п.) с установкой по наружному диаметру и торцу



$$r = \sqrt{r_{см}^2 + r_{эксц}^2}$$

То же, при обработке торцевых поверхностей

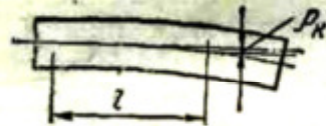


$$r = r_{кор}$$

$$r_{кор} = \Delta_k D = \Delta_k 2R$$

### III. Заготовки из сортового проката

При консольном закреплении в самоцентрирующих патронах



$$r_k = \Delta_k l$$

При обработке в центрах



$$r = \sqrt{r_k^2 + r_a^2}$$

$$r_k = \Delta_k l$$

при  $l \leq \frac{L}{2}$

### IV. Зацентрировка заготовок

При установке в самоцентрирующих зажимных устройствах



$$r_a = 0,25 \text{ мм}$$

и пространственных отклонений

### 32. Удельная кривизна заготовок $\Delta_k$ в $\mu\text{м}$ на 1 $\text{мм}$ длины

Материал и состояние	Диаметр заготовки, $\text{мм}$					
	5—25	25—50	50—75	75—120	120—150	> 150
1. Прокат калиброванный:						
2-й класс точности	0,50	0,50				
3-й »	1	0,75	0,5			
3а—4-й »	2	1	1			
5-й »	3	2	1			
Прокат калиброванный после термообработки	2	1,3	0,6			
Горячекатаный прокат:						
после правки на прессе	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
после термообработки	2,0	1,3		0,6		0,3
2. Штампованные заготовки:						
после правки	2,0		1,5		1,0	
после термообработки	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	
3. Отливки плиты корпуса				2—3 0,7—1		



**33. Погрешности штампованных заготовок по эксцентриситету  $\rho_{\text{эксц}}$  и короблению  $\rho_{\text{кор}}$ , получаемых на прессах и ГKM, мм**

Толщина, (высота) длина или ширина штампован- ных заготовок, мм	По эксцентриситету отверстий для группы точности			По кривизне (стреле прогиба) и короблению для группы точности		
	1	2	3	1	2	3
$\leq 50$	0,5	0,8	1,0	0,25	0,5	0,5
50—120	0,63	1,4	1,5	0,25	0,5	0,5
120—180	0,8	2,0	2,5	0,32	0,5	0,7
180—260	1,0	2,8	3,5	0,32	0,6	0,9
260—360	1,5	3,2	4,5	0,4	0,7	1,0
360—500	2,5	3,6	5,5	0,5	0,8	1,1

**34. Погрешности заготовок, штампованных на прессах и ГKM,  
по смещению  $\rho_{\text{см}}$ , мм**

Масса заготовок, кг	Для групп точности		
	1	2	3
$\leq 0,25$	0,2	0,3	0,5
0,25—0,63	0,25	0,4	0,6
0,63—1,6	0,3	0,5	0,7
1,6—2,5	0,35	0,6	0,8
2,5—4,0	0,4	0,7	0,9
4,0—6,3	0,5	0,8	1,0
6,3—10,0	0,6	0,9	1,2
10,0—16,0	0,6	1,0	1,3
16,0—25,0	0,7	1,1	1,4
25,0—40,0	0,7	1,2	1,6

**35. Удельный увод  $\Delta_{\text{у}}$  и смещение  $C_0$  оси отверстий при сверлении**

Диаметр отверстия, мм	Сверление спиральными сверлами		Глубокое сверление	
	$\Delta_{\text{у}}$ , мкм/мм	$C_0$ , мкм	$\Delta_{\text{у}}$ , мкм/мм	$C_0$ , мкм
3—6	2,1	10	1,6	10
6—10	1,7	15	1,3	15
10—18	1,3	20	1,0	20
18—30	0,9	25	0,7	25
30—50	0,7	30		

<i>ТО и ТП</i>	№ пов- ти.	К в- ли- те- т.	<i>Элементы припуска, мкм</i>			Рас- чет- ный при- пуск , мкм.	<i>d<sub>p,м</sub></i> расче- тный разме- р	<i>Пол- е доп- уска ,мкм</i>	<i>мм</i>		<i>мкм</i>	
			<i>R<sub>z</sub></i>	<i>T</i>	<i>ρ<sub>I</sub></i>				<i>d<sub>min</sub></i>	<i>d<sub>max</sub></i>	<i>Z<sub>min</sub></i>	<i>Z<sub>max</sub></i>
<i>Заготовка</i>	1;1 0	1 5	150	150	642	-	321,04	230 0	321,04	323,34	-	-
<i>Торцевание черновое</i>	1;1 0	1 1	10 0	100	38,5	94 2,6	320	360	320	320,43	942, 6	2,8
<i>Торцевание чистовое</i>	1;1 0	9	50	50	32,1	23 8	319,8	140	319,8	320	238	0,45
<i>Заготовка</i>	3;5; 7	1 5	150	150	642	-	22,31	840	22,31	23,15	-	-
<i>Точение обдирочное</i>	3;5; 7	1 1	10 0	100	38,5	18 85	20,425	130	20,425	20,55	188 5	2,59
<i>Точение чистовое</i>	3;5; 7	9	50	50	32,1	47 7	19,948	52	19,948	20	477	0,55
<i>Заготовка</i>	4;8		-	-	-	-	-	480	-	-	-	-
<i>Сверление</i>	4;8	1 1	40	60	44	0,9 7	2,005	60	1,945	2,005	0,97	1,00 2
<i>Развертова- ние</i>	4;8	9	10	25	24,6	10 20	3,025	25	3	1,025	102 0	1,05
<i>Заготовка</i>	6	1 5	15 0	150	642	-	24,673	840	24,673	25,513	-	-
<i>Точение обдирочное</i>	6	1 1	10 0	100	38,5	18 85	22,788	130	22,788	22,918	188 5	2,59
<i>Точение чистовое</i>	6	9	50	50	32,1	47 7	22,311	52	22,311	22,363	477	0,55
<i>Шлиование предварит- ельное</i>	6	7	10	20	-	26 4	20,047	21	22,047	22,068	264	0,29 5
<i>Шлифова- ние тонкое</i>	6	6	5	15	-	60	21,987	13	22,987	22	60	0,06



## 2.6 Лабораторная работа № 6 (2 часа).

**Тема:** «Расчет приближенных норм времени при работе на металлорежущих станках.»

**2.6.1 Цель работы:** Научиться определять категорию предприятия.

**2.6.2 Задачи работы:**

1. Составить технологический процесс обработки поверхностей
2. Выбрать приближенные формулы норм времени на обработку поверхностей
3. Выполнить расчет

**2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам.

**2.6.4 Описание (ход) работы:**

1. Составляется технологический процесс изготовления детали

Таблица 1 Технологический процесс на изготовление изделия

№ п/п	Вид технологической операции или технологического перехода	№ повер.	Квалитет	Формула	T <sub>0</sub>	Ф <sub>к</sub>	T <sub>шт.</sub>
1	Торцевание обдирочное			$0,37 \cdot 10^{-3} (D^2 - d^2)$	0,26	1,36	0,35
2	Сверление	9	11	$0,52 \cdot 10^{-3} D \cdot l$	0,05	1,51	0,08
3	Сверление	10	11	$0,52 \cdot 10^{-3} D \cdot l$	0,04	1,51	0,06
4	Точение обдирочное	2,3	11	$0,1 \cdot 10^{-3} D \cdot l$	0,02	1,36	0,03
5	Растачивание обдирочное	6,8	11	$0,1 \cdot 10^{-3} D \cdot l$	0,17	1,36	0,2
6	Снятие фаски	4	11	$0,17 \cdot 10^{-3} D \cdot l$	0,006	1,36	0,008
7	Точение проточки	7	11	$0,17 \cdot 10^{-3} D \cdot l$	0,005	1,36	0,007
8	Торцевание чистовое	1,5	9	$0,052 \cdot 10^{-3} (D^2 - d^2)$	0,027	1,36	0,04
9	Развертывание	9	9	$0,43 \cdot 10^{-3} d \cdot l$	0,003	1,36	0,05
10	Развертывание	10	9	$0,43 \cdot 10^{-3} d \cdot l$	0,037	1,51	0,06
11	Растачивание чистовое	6,8	9	$0,17 \cdot 10^{-3} D \cdot l$	0,06	1,36	0,08
12	Точение чистовое	2,3	9	$0,17 \cdot 10^{-3} D \cdot l$	0,03	1,36	0,04
13	Шлифование чистовое	6	6	$0,25 \cdot 10^{-2} D \cdot l$	0,42	1,55	0,65
14	Нарезание резьбы	2		$0,19 \cdot 10^{-3} d \cdot l$	0,03	1,36	0,04

2. Выбрать приближенные формулы норм времени на обработку поверхностей

Приближенные формулы для норм времени по обрабатываемой поверхности

### Основное технологическое время $T_0$ , мин

Черновая обточка за один проход	0.00017 $dl$
Чистовая обточка по 4-му классу точности	0.00010 $dl$
Чистовая обточка по 3-му классу точности	0.00017 $di$
Черновая полпрежка торца V 4	0.00037 $m^2$
Чистовая полпрежка торца V 6	0.000052 $dl$
Отрезание	0.00019 $dl$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным	0.00063 ( $D^2$ )
Шлифование грубое по 4-му классу точности	0.00007.4/
Шлифование чистовое по 3-му классу	0.0037 $dl$
Шлифование чистовое по 2-му классу	0.0001 $dl$
Растачивание отверстий на токарном станке	0.00018 $dl$
Сверление отверстий	0.00018 $dl$
Рассверливание	0.00043 $dl$
Зенкерование	0.00021 $dl$
Развертывание черновое	0.00043 $dl$
Развертывание чистовое	0.00065 $dl$
Внутреннее шлифование отверстий 3-го	0.0015 $dl$
Внутреннее шлифование отверстий 2-го	0.0018 $dl$

3. выполнить расчет времени по приближенным формулам

#### **2.7 Лабораторная работа № 7 (2 часа).**

**Тема: «Определение норм времени при работе на металлорежущих станках»**

**2.7.1 Цель работы: Научиться определять категорию предприятия.**

**2.7.2 Задачи работы:**

1. Установление технических обоснованных норм времени на выполнение технологических операций.
2. Изучить методы определения норм времени на технологическую операцию
3. Рассчитать норм времени методом (по заданию преподавателя)

**2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам.

#### **2.7.4 Описание (ход) работы:**

Задача технического нормирования — установление технических 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.

Норму штучного времени, т. е. времени, необходимого для обработки заготовки на данной технологической операции, определяют по формуле:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_д + T_{пз}/n_n$$

где  $T_0$  — основное технологическое время, затрачиваемое непосредственно на резание;  $T_в$  — 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;  $T_д$  — время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, время на перерывы в работе для отдыха и личных надобностей;  $T_{пз}$  — 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 завершению обработки сдать технологическую оснастку и обработанные заготовки

(единичное и мелкосерийное производства), на партию деталей для этой цели выделяется подготовительно-заключительное время.

где  $n_n$  — число заготовок в обрабатываемой партии.

Определение норм времени на технологическую операцию может производиться следующими методами.

*Расчетно-аналитический метод.* Применяют для станочных и сварочных работ при крупносерийном и массовом производствах; технические нормы времени определяют на основе расчетных данных основного технологического времени с учетом обоснованных норм вспомогательного времени.

*Исследовательский метод.* Применяют для работ, выполняемых вручную (слесарно-сборочные, кузнечные и др.); на основе данных хронометража и фотографии рабочего процесса.

*Метод сравнения.* Применяется при единичном и мелкосерийном производствах; нормы времени определяют путем сравнения с другой подобной работой, на которую имеется технически обоснованная норма времени.

При разработке технологических процессов обработки резанием применяют расчетно-аналитический метод определения нормы времени, которая считается технически обоснованной. На некоторых отделочных операциях (доводка, шевингование и некоторые другие) принимают нормы времени по укрупненным показателям с использованием метода сравнения.

Таким же методом определяют норму 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 проводят исследования, включающие 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 изучают 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. Используют 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 устраняют недостатки в организации производства. Данные фотографии рабочего дня применяют для установления норм подготовительно-заключительного времени. Непроизводительные затраты времени рабочего, вызванные организационно-техническими неполадками, нарушениями производственной дисциплины, неудовлетворительным материально-техническим снабжением, не входят в норму времени и оформляют соответствующими документами.

При установлении нормы времени на выполнение данной операции определяют также разряд квалификации работы по тарифно-квалификационному справочнику соответствующей отрасли промышленности. Правильное отнесение нормируемой операции к квалификационному разряду, как и правильное определение нормы времени, имеет весьма большое значение для эффективного использования фонда заработной платы.

Обычно при техническом нормировании учитывают также норму оплаты  $C_d$  за изготовление одной детали:

$$C_d = C_{\text{мин}} \cdot T_{\text{шт}}$$

где  $C_{\text{мин}}$  – стоимость одной минуты работы исполнителя соответствующей квалификации;  $T_{\text{шт}}$  – штучное время.

Чем больше при выполнении данной работы требуется знаний, опыта и самостоятельности, тем выше должен быть разряд исполнителя.

При единичном производстве требуется умение наладивать станки, устанавливать заготовки и инструмент, использовать измерительный инструмент общего назначения, поэтому квалификация рабочего должна быть высокой. В серийном производстве работа специализирована, и поэтому квалификация рабочего может быть ниже. В массовом производстве при высокой механизации и автоматизации труда или использовании автоматов и автоматических линий, концентрации операций на одном рабочем месте требуются исполнители высокой квалификации. При дифференциации процесса обработки или сборки на элементарные операции могут быть использованы рабочие низкой квалификации.

По мере совершенствования технологического процесса, повышения квалификации и культурно-технического уровня кадров растет производительность труда, а следовательно, должны снижаться нормы времени и увеличиваться технически обоснованные нормы выработки.

## **2.8 Лабораторная работа № 8 (1 час).**

**Тема: «Технологическая документация и ее оформление.»**

**2.8.1 Цель работы: Научиться оформлять технологическую документацию.**

**2.8.2 Задачи работы:**

1. Правила оформления технологических карт
2. Условные обозначения в графах КТП

**2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам.

**2.8.4 Описание (ход) работы:**

1. В настоящем параграфе рассмотрены правила заполнения отдельных граф карты технологического процесса (КТП) на операции, выполняемые с применением универсального оборудования.

Наименование технологической операции обработки резанием должно быть записано в соответствии с терминами, указанными в табл. 8.6.

Вспомогательные переходы записывают с использованием следующих ключевых слов: *установить, закрепить, переустановить, ослабить, снять, проверить, выверить*.

Порядок записи содержания технологического перехода условно можно выразить в записи, приведенной на рис.1 Любая технологическая операция начинается со вспомогательного перехода, связанного с установкой заготовки на станке, а заканчивается снятием заготовки со станка.

Допускается в записи объединение первого и последнего вспомогательных переходов.

При полной записи содержания переходов все размеры обрабатываемых поверхностей условно нумеруют арабскими цифрами. Номер размера обрабатываемой поверхности проставляют в окружность диаметром 6...8 мм, располагая ее на продолжении размерной линии. Нумерацию производят по часовой стрелке.

На эскизах к каждой данной операции нумерация размеров начинается с единицы (нумерация не является сквозной по всему технологическому процессу). При сокращенной записи переходов нумеруют не размеры, а обрабатываемые поверхности.

Для переходов, которым соответствуют размеры графических иллюстраций, форма записи будет следующей: «Точить поверхность, выдерживая размеры 1 и 2», т. е. указываются порядковые номера размеров, выдерживаемых на данном переходе.

Сокращенную запись переходов выполняют со ссылкой на условное (номерное) обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия. При этом необходимо, чтобы на операционном эскизе обрабатываемые конструктивные элементы были обозначены номерами. В этом случае размеры, выдерживаемые на операции, не нумеруют. Сокращенная запись переходов целесообразна при сравнительно простых операциях и переходах и когда графическая иллюстрация является четкой и ясной.

## 2. Условные обозначения в графах КТП

Наименование (условное обозначение) графы, строки	Содержание граф карты технологического процесса (КТП)
Код	Код материала
ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т. п.)
мд	Масса
ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или времени (1,10,100)
Н.расх.	Норма расхода материала
КИМ	Коэффициент расхода материала
Код загот.	Вид заготовки (отливка, прокат и т. д.)
Профиль и размеры	Профиль и размеры заготовки. Допускается указывать размеры (длину, ширину, высоту), например: 300 x 60 x 60
кд	Количество деталей, заготовок, изготавливаемых из одной заготовки
мз	Масса заготовки
Цех	Номер цеха
Уч.	Номер участка
РМ	Номер рабочего места
Опер.	Номер операции
Код, наим. операции	Наименование операции
Код, наим. оборудования	Модель и краткое наименование оборудования
СМ	Степень механизации
ПРОФ.	Профессия
Р	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
УТ	Условия труда
КР	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей
ОП	Объем производственной партии в штуках
$T_o$	Основное (машинное) время
$T_v$	Вспомогательное время
$T_{пз}$	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
$T_{шт}$	Норма штучного времени на операцию
ПИ	Номер позиции инструментальной наладки (для станков с ЧПУ)

В графе «Расчетные размеры» приводят размеры обрабатываемых поверхностей; расчетный диаметр (ширину) и расчетную длину обработки  $L$ , определяемую с учетом величин врезания и перебега. При этом учитывают наибольший диаметр, по которому рассчитывают скорость резания. При обработке сверлом, зенкером, разверткой, метчиком в графе «Диаметр, ширина» пишут диаметр инструмента.

Глубину резания при обработке  $t$  и число рабочих ходов  $i$  указывают в соответствии с условием обработки при переходе.

Подачу  $S_v$  операционной карте принимают в зависимости от вида обработки: для токарных работ — на один оборот заготовки (мм/об); для строгальных и долбежных — на один линейный ход стола или резца (мм/дв.ход); для сверлильных, расточных, резьбонарезных и других видов обработки отверстий с вращением инструмента — на один оборот шпинделя станка (мм/об).

При фрезерных работах в графе  $S$  записывают две подачи: в числителе — подачу в минуту (мм/мин), а в знаменателе — подачу на зуб (мм/зуб). При фрезеровании шпоночных пазов (с маятниковой подачей) двухзубыми фрезами указывают вертикальную и продольную подачи: в числителе — вертикальную на двойной ход фрезы (мм/дв.ход), а в знаменателе — продольную в минуту (мм/мин). При круглом наружном шлифовании с продольной подачей и при шлифовании отверстий подачу обозначают также дробью: в числителе — продольная в долях ширины шлифовального круга на один оборот заготовки или в мм/об, а в знаменателе — поперечная на двойной ход стола (мм/дв.ход).

При шлифовании методом врезания задается только поперечная подача на один оборот детали (мм/об), а при обработке плоскости торцом круга — вертикальная на оборот стола (при его вращении) или двойной ход стола (мм/об, мм/дв.ход).

## **2.8 Лабораторная работа № 8 (1 час).**

**Тема: «Проектирование штампованных поковок»**

**2.9.1 Цель работы: Ознакомиться с проектированием поковок.**

**2.9.2 Задачи работы:**

1. Методические пояснения
2. Основные припуски на механическую обработку (на сторону)
3. Табличные данные для разработки техпроцесса проектирования

**2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам.

**2.9.4 Описание (ход) работы:**

С3 — св. 0,16; до 0,32 вкл.;  
С4 — до 0,16.

Для штампов, полученных на горизонтально-коловых машинах, допускается определять степень сложности форм в зависимости от числа переходов:

- С1 — не более двух переходов;
- С2 — при трех переходах;
- С3 — при четырех переходах;
- С4 — более чем при четырех переходах или при изготовлении на двух коловых машинах.

При определении размеров описывающей поклажу геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раз геометрических линейных размеров детали.

Конфигурация поверхности рельефа штампа может быть плоской П, симметрично изогнутой И, и несимметрично изогнутой И<sub>н</sub>.

По стандарту при определении припусков и допусков штампованной поклажи используют исключающий индекс, который определяет зависимость от массы, группы стали, степени сложности и класса точности поковки (табл. 1.2). Стандартом предусмотрено 23 исключающих индекса (1...23).

1.2. Определение исключающего индекса

Масса поковки, кг	Группа стали	Степень сложности поковки	Класс поковки поковки	Исключающий индекс
До 0,5 вкл.	100	100	1.0	1
Св. 0,5 до 1,0 *	90	90	1.1	2
* 1,0 * 1,8 *	80	80	1.2	3
* 1,8 * 3,2 *	70	70	1.3	4
* 3,2 * 5,6 *	60	60	1.4	5
* 5,6 * 10,0 *	50	50	1.5	6
* 10,0 * 20,0 *	40	40	1.6	7
* 20,0 * 50,0 *	30	30	1.7	8
* 50,0 * 125,0 *	20	20	1.8	9
* 125,0 * 250,0 *	10	10	1.9	10
	9	9	2.0	11
	8	8	2.1	12
	7	7	2.2	13
	6	6	2.3	14
	5	5	2.4	15
	4	4	2.5	16
	3	3	2.6	17
	2	2	2.7	18
	1	1	2.8	19
			2.9	20
			3.0	21
			3.1	22
			3.2	23

1.1. Выбор класса точности поковки

Основные деформирующие обработки, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Криволинейные пористостонные прессы:					
открытая (обойма) штамповка					
закрытая штамповка					
выдавливание					
Горизонтальные коловые машины					
Прессы выжимные, гидравлические					
Горизонтальные автоматы					
Штамповочные молоты					
Калибры объёмные (шаровые и конические)					
Предназначенная штамповка					

Примечания:  
1. Прессовая штамповка — способ штамповки, обеспечивающий установленную точность и шероховатость одной или нескольких функциональных поверхностей поковки, которая не подвергается дополнительной обработке.  
2. Поковки, изготовленные на прессах, относятся к классу Т1.  
3. При коловых или горячей пластической калибровке точность принимается на один класс выше.

Легким сложностям соответствуют следующие числовые значения отношения  $G/L/G_0$ :

- С1 — св. 0,63;
- С2 — св. 0,32; до 0,63 вкл.;

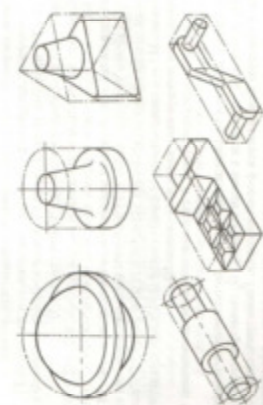


Рис. 1.1. Построение геометрических фигур по габаритам поковки

1.3 Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

Исключающий индекс	Утолщения детали, мм												
	до 25		25-40		40-63		63-100		100-160		160-250		св. 250
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм												
	до 40	40-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600	1600-2500				
1	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(30-1,5)}}$	$\sqrt{R_{(25-1,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
2	$\sqrt{R_{(30-1,5)}}$	$\sqrt{R_{(25-1,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
3	$\sqrt{R_{(25-1,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
4	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
5	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
6	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
7	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
8	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
9	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
10	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
11	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
12	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
13	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
14	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
15	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
16	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
17	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
18	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
19	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
20	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
21	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
22	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
23	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	
24	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	$\sqrt{R_{(100-12,5)}}$	



Согласно стандарту имеются два вида припусков на механическую обработку: основной и дополнительный (учитывает отклонение формы поковки).

Основные припуски на механическую обработку поковок определяют по табл. 1.3 в зависимости от исходного индекса, линейных размеров и шероховатости поверхности детали. Дополнительные припуски, учитывающие смещение по поверхности разреза штампов и отклонение от плоскостности, приведены в табл. 1.4 и 1.5 соответственно. Дополнительные припуски на отклонения межосевого расстояния берутся из табл. 1.6.

При изготовлении штампованных поковок по классу точности Т5 с применением пламенного нагрева заготовок допускается увеличение припуска для поковок массой:

1.4. Смещение по поверхности разреза штампов

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности, мм									
	Плоская поверхность разреза (П)									
	T1	T2	T3	T4	T5					
	Симметрично изогнутая поверхность разреза (И <sub>с</sub> )									
	T1	T2	T3	T4	T5					
Несимметрично изогнутая поверхность разреза (И <sub>н</sub> )										
T1 T2 T3 T4 T5										
До 0,5 вкл.										
Св. 0,5 до 1,0 *	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
* 1,0 * 1,8 *										
* 1,8 * 3,2 *										
* 3,2 * 5,6 *		0,2			0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
* 5,6 * 10,0 *										
* 10,0 * 20,0 *	0,2				0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
* 20,0 * 50,0 *		0,3								
* 50,0 * 125,0 *					0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,9
* 125,0 * 250,0 *	0,3				0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0	2,0

1.5. Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности, мм

Наибольший размер поковки	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 вкл.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св. 100 * 160 *	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
* 160 * 250 *	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
* 250 * 400 *	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
* 400 * 630 *	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
* 630 * 1000 *	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
* 1000 * 1600 *	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
* 1600 * 2500 *	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

7

1.6. Отклонения межосевого расстояния, мм

Разношение между диаметрами, мм	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 60 вкл.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
Св. 60 * 100 *	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
* 100 * 160 *	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
* 160 * 250 *	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
* 250 * 400 *	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
* 400 * 630 *	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
* 630 * 1000 *	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
* 1000 * 1600 *	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
* 1600 * 2500 *	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
* 2500 * 4000 *	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

до 1,3 кг — до 0,5 мм;  
от 1,3 до 10 кг — до 0,8 мм;  
св. 10,0 — до 1,0 мм.

Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

Минимальную величину радиусов закруглений наружных углов поковки в зависимости от глубины полости штампа устанавливают по табл. 1.7.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковки называются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки (табл. 1.8).

Допуски на внутреннюю форму поковки устанавливают с обратными знаками.

Допуск размеров, не указанных на чертеже поковки, принимают равным 1,3 допуска соответствующего размера поковки с равномерным допускаемым отклонением.

Допускаемую величину смещения по поверхности разреза штампа определяют в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разреза штампа и класса точности, она не должна превышать значений, приведенных в табл. 1.9.

1.7. Радиусы закруглений

Масса поковки, кг	Минимальный величину радиусов закруглений, мм, при глубине полости штампа, мм			
	до 10 вкл.	10—25	25—50	св. 50
До 1,3 вкл.	1,0	1,0	2,0	3,0
Св. 1,3 * 6,3 *	1,0	2,0	2,5	3,0
* 6,3 * 16,0 *	2,0	2,5	3,0	4,0
* 16,0 * 40,0 *	2,5	3,0	4,0	5,0
* 40,0 * 100,0 *	3,0	4,0	5,0	7,0
* 100,0 * 250,0 *	4,0	5,0	6,0	8,0

8

1.8. Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковки, мм

Исходный индекс	Наибольший линейный размер поковки, мм											
	до 40	40—63	63—100	100—160	160—250	250—400	400—630	630—1000	1000—1600	1600—2500	св. 2500	св. 2500
1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
2	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
3	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
4	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
5	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
6	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
7	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
8	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
9	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
10	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
11	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
12	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1



### 1.11. Описание межконтинентальных расстояний, км

Металлопрое- ростание	Допусковые отклонения металлопрое-ростания						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Св. до 60 кг.	±0,10	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30	±0,35	±0,40
от 60 до 100	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30	±0,35	±0,40	±0,45
от 100 до 150	±0,20	±0,25	±0,30	±0,35	±0,40	±0,45	±0,50
от 150 до 200	±0,25	±0,30	±0,35	±0,40	±0,45	±0,50	±0,55
от 200 до 250	±0,30	±0,35	±0,40	±0,45	±0,50	±0,55	±0,60
от 250 до 300	±0,35	±0,40	±0,45	±0,50	±0,55	±0,60	±0,65
от 300 до 350	±0,40	±0,45	±0,50	±0,55	±0,60	±0,65	±0,70
от 350 до 400	±0,45	±0,50	±0,55	±0,60	±0,65	±0,70	±0,75
от 400 до 450	±0,50	±0,55	±0,60	±0,65	±0,70	±0,75	±0,80
от 450 до 500	±0,55	±0,60	±0,65	±0,70	±0,75	±0,80	±0,85
от 500 до 550	±0,60	±0,65	±0,70	±0,75	±0,80	±0,85	±0,90
от 550 до 600	±0,65	±0,70	±0,75	±0,80	±0,85	±0,90	±0,95
от 600 до 650	±0,70	±0,75	±0,80	±0,85	±0,90	±0,95	±1,00
от 650 до 700	±0,75	±0,80	±0,85	±0,90	±0,95	±1,00	±1,05
от 700 до 750	±0,80	±0,85	±0,90	±0,95	±1,00	±1,05	±1,10
от 750 до 800	±0,85	±0,90	±0,95	±1,00	±1,05	±1,10	±1,15
от 800 до 850	±0,90	±0,95	±1,00	±1,05	±1,10	±1,15	±1,20
от 850 до 900	±0,95	±1,00	±1,05	±1,10	±1,15	±1,20	±1,25
от 900 до 950	±1,00	±1,05	±1,10	±1,15	±1,20	±1,25	±1,30
от 950 до 1000	±1,05	±1,10	±1,15	±1,20	±1,25	±1,30	±1,35
от 1000 до 1050	±1,10	±1,15	±1,20	±1,25	±1,30	±1,35	±1,40
от 1050 до 1100	±1,15	±1,20	±1,25	±1,30	±1,35	±1,40	±1,45
от 1100 до 1150	±1,20	±1,25	±1,30	±1,35	±1,40	±1,45	±1,50
от 1150 до 1200	±1,25	±1,30	±1,35	±1,40	±1,45	±1,50	±1,55
от 1200 до 1250	±1,30	±1,35	±1,40	±1,45	±1,50	±1,55	±1,60
от 1250 до 1300	±1,35	±1,40	±1,45	±1,50	±1,55	±1,60	±1,65
от 1300 до 1350	±1,40	±1,45	±1,50	±1,55	±1,60	±1,65	±1,70
от 1350 до 1400	±1,45	±1,50	±1,55	±1,60	±1,65	±1,70	±1,75
от 1400 до 1450	±1,50	±1,55	±1,60	±1,65	±1,70	±1,75	±1,80
от 1450 до 1500	±1,55	±1,60	±1,65	±1,70	±1,75	±1,80	±1,85
от 1500 до 1550	±1,60	±1,65	±1,70	±1,75	±1,80	±1,85	±1,90
от 1550 до 1600	±1,65	±1,70	±1,75	±1,80	±1,85	±1,90	±1,95
от 1600 до 1650	±1,70	±1,75	±1,80	±1,85	±1,90	±1,95	±2,00
от 1650 до 1700	±1,75	±1,80	±1,85	±1,90	±1,95	±2,00	±2,05
от 1700 до 1750	±1,80	±1,85	±1,90	±1,95	±2,00	±2,05	±2,10
от 1750 до 1800	±1,85	±1,90	±1,95	±2,00	±2,05	±2,10	±2,15
от 1800 до 1850	±1,90	±1,95	±2,00	±2,05	±2,10	±2,15	±2,20
от 1850 до 1900	±1,95	±2,00	±2,05	±2,10	±2,15	±2,20	±2,25
от 1900 до 1950	±2,00	±2,05	±2,10	±2,15	±2,20	±2,25	±2,30
от 1950 до 2000	±2,05	±2,					

III типологические уклоны выбирают в зависимости от признаваемого образования и характера расположения поверхности (наружная или внутренняя) (табл. 1.12).

### 1.12 III-групповые функции

Образование	Школьные годы, лет	
	на регулярной основе	на нерегулярной основе
Школьные годы, среднее образование	7	10
Пресса с начальными, средними, высшими школьными курсами	5	7
Средние школы	1	2

$$G_v = G \cdot K_{\alpha} K_{\beta}$$

Пример 1

Спроектировать детали — шестерню (рис. 1,2) из стали.

1. Штамповочное оборудование — КТШП (крупнотоннажный горизонтальный пресс). Нагрев газовыми излучателями.

Штамповка закрытая.

1.1. Материал — сталь 45ХН2МФА (0,42—0,50% С, 0,17—0,37% Si, 0,5—0,8% Mn, 0,8—1,1% Cr, 1,3—1,6% Ni; 0,2—0,3% Mo; 0,10—0,18% V).

1.2. Масса детали — 1,83 кг.

2. Исходные данные для расчета.

1.13. Коэффициент ( $K$ ) для определения фактического расчетной массы выноса

Группа	Характеристика изделия	Типовые простейшие	$\zeta_0$
1,1	Узкие, длинные формы	Вали, сек. шпиды, шпиги	1,2—1,6
1,2	С тупым концом	Рыбки, овалы рукояток	1,1—1,4
2	С закругленной остью		
2,1	Круглые в большинстве		
2,2	в плече		
2,3	Круглые	Шпиги, ступицы, фланцы	1,5—1,8
2,4	Конические, трапециевидные, цилиндрические	Фланцы, ступицы, гайки	1,3—1,7
3	С плоским концом		
3,1	Крестообразные (двух- и трехлопастные)	Крестовины, ножи	1,4—1,6
3,2	Крестообразные (двух- и трехлопастные) с закругленными концами (рис. 1 б и 2 б)	Крутки накрестные, накатные нити	1,3—1,8
4	С плоским концом, но с закругленными концами (рис. 1 в и 2 в)		
4,1	С плоским концом, но с закругленными концами	Балки кардана ось, рычаги	
5	С закругленным, углубленным, полукруглым, или полуэллиптическим концом (рис. 1 г и 2 г)	Полые валы, фланцы, диски на ступицах	1,1—1,3 1,8—2,2

2.1. Масса порошки — 3,3 кг (расчетная); расчетный коэффициент — 1,8 (см. табл. 1.13);  $1,83 \times 1,8 = 3,3$  кг.  
2.2. Класс вязкости —  $T_1$  (см. табл. 1.1).  
2.3. Грунт — сталь — М2.

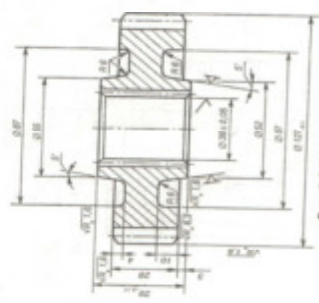


рис. 1.2. Чертёж шестерни

### 1.9. Существование непрерывности разложения

[illegible]

Допускаемые величины зазора между поверхью по контуру обреза не должны превышать:

- 2 мм — для половиков массой до 1,8 кг включительно;
- 3 мм — для половиков массой свыше 1,8 до 5,6 кг включительно;
- 5 мм — для половиков массой свыше 5,6 до 90 кг включительно;
- 6 мм — для половиков массой свыше 90 кг;

а при пробое отверстия из древесины может быть увеличен в 1,7 раз.

Допускаемое наибольшее отклонение от перпендикулярности пробоя к поверхности основания устанавливается в табл. 1.10.

Допускаемые отклонения межкомового расстояния в полах не должны превышать величин, указанных в табл. 1.11.

1.18. Отделение от концентрации пробного отверстия, и

Наибольший размер посуда	Допускаемые наибольшие отклонения от координатных профиля отрезка для данного размера				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 100 мм	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
100 до 160	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
160 до 250	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
250 до 400	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
400 до 630	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
630 до 1000	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

## **2.9 Лабораторная работа № 9 (2 часа).**

**Тема: «Проектирование отливок из металлов и сплавов»**

**2.9.1 Цель работы:** Освоить проектирование заготовок – отливок из металлов и сплавов

### **2.9.2 Задачи работы:**

1. Выбор способа литья
2. Определение припусков и допусков на размеры отливки
3. Расчет максимального припуска

### **2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам, измерительный инструмент.

### **2.9.4 Описание (ход) работы:**

### Порядок выполнения

1. По чертежу детали из серого чугуна выбрать способ литья.
2. Определить припуски и допуски на размеры отливки по ГОСТ 26645-85. На вертикальные плоскости назначить формовочные уклоны (ГОСТ 3212-92). Их величину можно принять равной 3° (для деревянных моделей).
3. Выполнить чертёж (эскиз) отливки.
4. Рассчитать возможный максимальный припуск на обработку по наружному диаметру отливки.

### Методические пояснения

Допуски на размеры и припуски на механическую обработку определяются по ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов».

Согласно ГОСТу отливки разделяют на 22 класса точности (1...16 и шесть цифр с буквой Т) размеров и масс, 6 классов (1...6) рядов припусков.

Эти ряды классов точности и припусков охватывают основные способы литья: центробежное под давлением в механические формы, в керамические формы и по выплавляемым моделям, в кокиль, в сырые и сухие песчано-глинистые формы.

Литье в песчаные формы — наиболее универсальный способ в отливочных литейных материалах, а также масс и габаритов отливок. Другие способы литья значительно повышают стоимость отливок, хотя позволяют получать отливки с минимальными припусками на механическую обработку или вообще почти исключить механическую обработку (литые небольшие детали из цветных сплавов под давлением в металлические формы).

ГОСТ допускает устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения размеров, при этом предпочтительно следующее расположение полей допусков:

несимметричное одностороннее «в тело» — для размеров элементов отливки (кроме толщины стенки), расположенных в одной части формы и не подвергавшихся механической обработке, при этом для отверстия — «в плюс», а для вала — «в минус»; симметричное — для размеров всех остальных элементов отливки.

Для оценки величины коробления отливок установлено 10 степеней коробления отливок.

Припуски на механическую обработку устанавливаются дифференцированно для каждого элемента отливки в зависимости от допуска на его размер. При этом различают основной и дополнительный припуски. Значение основного припуска относится к поверхностям отливки, находящимся при заливке снизу или сбоку. На верхние при заливке по-

верхности допускается увеличение припуска до значения, соответствующего следующему ряду припусков.

Дополнительный припуск дается для компенсации отклонений элементов отливки из-за коробления, смещения плоскости разреза, погрешности расположения обрабатываемой поверхности относительно базы обработки. Его назначают в случае, если наибольшее из предельных отклонений расположения поверхностей превышает половину допуска на соответствующий размер отливки. Общий припуск на механическую обработку представляет собой сумму основного и дополнительного припусков. Кроме того, учитывают определенное соответствие класса точности размеров отливок качеству точности размеров деталей после механической обработки.

### Пример 3

Спроектировать отливку шкива из серого чугуна СЧ20, НВ 170...229 (рис. 1.6). Производство серийное.

По табл. 1.14 выбираем способ литья — в песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой. Это наиболее распространенный способ получения отливок из серого чугуна для деталей средних и крупных размеров. Отливку производим в две полуформы с горизонтальной плоскостью разреза, совпадающей с плоскостью симметрии детали.

Для выбранного способа литья из серого чугуна при наибольшем габарите отливки до 630 мм ГОСТ рекомендует классы точности размеров и масс 7 Т — 12 и ряды припусков 2—4. Меньшие значения клас-

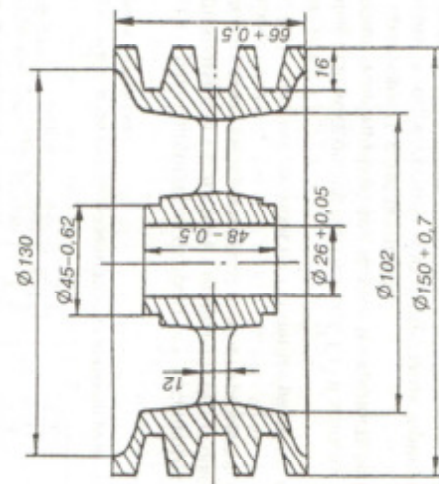


Рис. 1.6. Эскиз шкива



2.

3.

1.14. Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку для различных способов литья

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип металла и сплава		
		шестной, температур- на плавления 700 °С	шестной, температур- плавления выше 700 °С, серый чугун	ковкий, высоколегиро- ванный чугун, сталь
		Классы точности размеров и масс отливок в ряды припусков		
Литье под давлением в металлические формы	До 100	3-5	3-6	4-7
	Св. 100	1-2	1-2	1-2
Литье в керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	3-6	4-7	5-8
	Св. 100	1-2	1-2	1-2
Литье в кокиль и под низким давлением в металличе- ские формы без песчаных стержней и с песчаными стержнями, литье в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	4-9	5-10	5-11
	Св. 100 до 630	1-3	1-3	1-3
Литье в песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сырые и сухие песчано-глинистые формы	До 630	6-11	7-12	7-13
	Св. 630 до 4000	2-4	2-4	2-5
	Св. 4000	3-5	3-6	3-6
		8-13	9-14	4-6

Примечание. В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков

сов точности и рядов припусков относятся к массовому, а большие – к мелкосерийному или единичному производству отливок.

Для нашего случая выбираем класс точности размеров и масс 9, а ряд припусков 3.

В табл. 1.15 заносим допуски на основные размеры отливки, взятые из табл. 1.16.

Основные припуски определяем по табл. 1.17 и заносим их в табл. 1.15. При этом припуск на верхнюю при заливке поверхность берем по следующему ряду припусков (т. е. увеличенным).

Переходим к определению дополнительных припусков. Прежде всего определяем отношение наименьшего габаритного размера отливки к наибольшему.

1.15. Допуски, припуски и размеры отливки, мм

Размеры детали, мм	Допуски	Основной припуск	Дополнительный припуск	Размер
Наружный диаметр 150	2,4	$3,2 \times 2 = 6,4$	$0,3 \times 2 = 0,6$	$157 \pm 1,2$
Высота 66	2,2	$3,2 + 3,8 = 7$	0	$73 \pm 1,1$
Высота ступицы 48	2,0	$2,8 + 3,4 = 6,2$	0	$54 \pm 1,0$
Отверстие диаметром 26	1,8	$2,8 \times 2 = 5,6$	$0,3 \times 2 = 0,6$	$20 \pm 0,9$
Ступица диаметром 45	2,0	$2,8 \times 2 = 5,6$	$0,3 \times 2 = 0,6$	$51 \pm 1,0$
Обод диаметром 102	2,4	—	—	$102 \pm 1,2$
Обод диаметром 130	2,4	—	—	$130 \pm 1,2$
Толщина стенки 12	1,4	—	—	$12 \pm 0,7$

Это отношение  $\frac{73}{157} = 0,47$ , что соответствует степени коробления 1–7 (табл. 1.18). Для отливок из черных сплавов рекомендуются большие степени коробления. Выбираем 5-ю степень коробления.

По табл. 1.19 для габарита 157 мм и 5-й степени коробления предельное отклонение коробления составляет  $\pm 0,1$  мм, которое из-за незначительности можно не учитывать.

По табл. 1.20 при расхождении между центрируемыми устройствами формы до 630 мм и 9-м классе точности размеров отливки предельное отклонение смещения форм не должно превышать  $\pm 0,8$  мм. По-

1.16. Допуски линейных размеров отливок

Интервалы номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для классов точности размеров отливок														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	До 4	4 до 6	6 до 10	10 до 16	16 до 25	25 до 40	40 до 63	63 до 100	100 до 160	160 до 250	250 до 400	400 до 630	630 до 1000	1000 до 1600	1600 до 2500
Св. 4 до 6	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
Св. 6 до 10	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,80	1,00	1,20	1,60
Св. 10 до 16	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
Св. 16 до 25	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,40
Св. 25 до 40	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,80
Св. 40 до 63	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,40	3,20
Св. 63 до 100	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,80	3,60
Св. 100 до 160	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,40	3,20	4,00
Св. 160 до 250	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,80	3,60	4,80
Св. 250 до 400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 400 до 630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 630 до 1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 1000 до 1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 1600 до 2500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 2500 до 4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 4000 до 6300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 6300 до 10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

## 2.11 Лабораторная работа № 10 (2 часа).

**Тема:** «Выбор варианта маршрута обработки с учетом оценки трудоемкости технологических операций.»

**2.11.1 Цель работы:** Научиться выбирать оптимальный вариант техпроцесса.

**2.11.2 Задачи работы:**

1. Критерии выбора вариантов техпроцесса
2. Определить комплексный показатель
3. Присвоить категорию

**2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам. Измерительный инструмент

**2.11.4 Описание (ход) работы:** План обработки поверхностей.

1. При токарной обработке различают:

- а) черновое точение или обдирочное с точностью обработки — IT13...IT11 и шероховатость до  $Ra = 6,3$  мкм;
- б) получистовое точение — IT10...IT9 и шероховатость до  $Ra = 1,6$  мкм;
- в) чистовое точение — IT8... IT6 и шероховатость до  $Ra = 0,4$  мкм.

При черновом обтачивании, как и при любой черновой обработке снимают до 70 % припуска. При этом назначаются максимально возможные глубина резания  $t$ , и подача  $S$ .

Черновое обтачивание заготовок из проката (поковки) может быть выполнено по трём схемам:

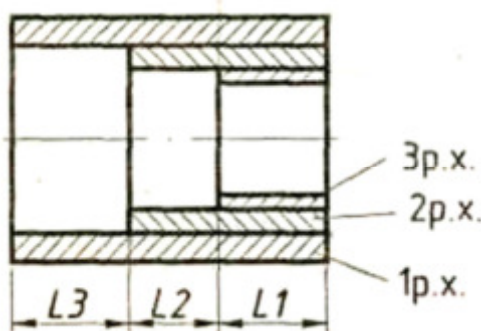


Рис. 2.8.

Схема черновой обработки  
от большего диаметра  
к меньшему

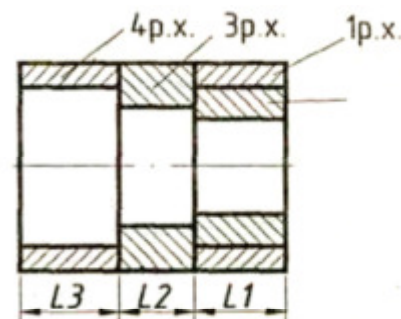


Схема черновой обработки от  
меньшего диаметра  
к большему

Число вариантов маршрута обработки рассматриваемой поверхности, удовлетворяющей техническому принципу, может быть весьма большим. Все варианты, однако, различны по эффективности производительности и рентабельности.

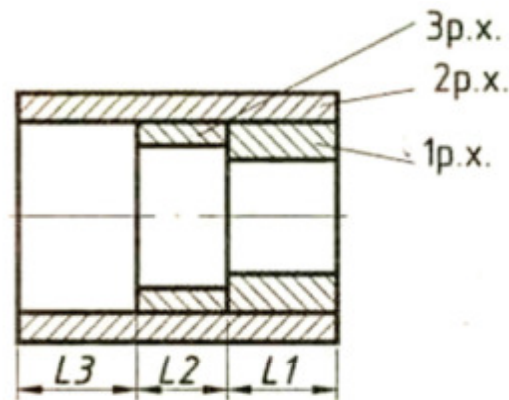


Схема черновой обработки  
для смешанного варианта

Например, случай построения вариантов маршрута обработки сквозного отверстия по 7-му качеству точности. Отверстие диаметром  $42 \pm 0,32$ ,  $R_z = 160$  мкм в заготовке из серого чугуна получено литьем по 6-му классу точности. В корпусной детали нужно получить сквозное отверстие  $50 \pm 0,021$ ,  $R_z = 0,63$  мкм. Для рассматриваемого случая (рис.4) возможны 24 различных маршрута обработки отверстия.

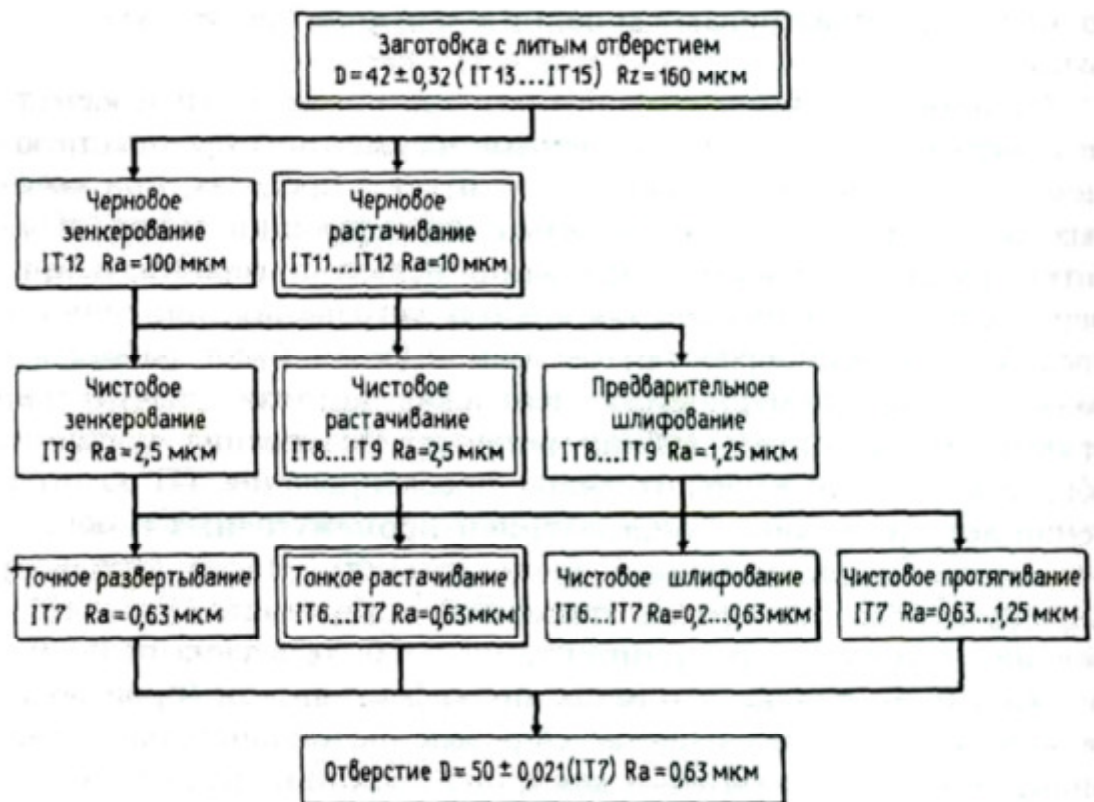


Рис. 4. Варианты построения маршрута обработки отверстия (двойной рамкой отмечены виды обработки в принятом маршруте).

Пример заполнения таблицы с указанием очередности выполнения технологических операций и переходов, т.е. технологического процесса изготовления детали согласно требованиям технических условий. Также выполняется нормирование данного процесса для определения типа производства.

## **2.12 Лабораторная работа № 12 (2 часа).**

**Тема: «Определение жесткости токарного станка»**

**2.12.1 Цель работы: Научиться определять категорию предприятия.**

**2.12.2 Задачи работы:**

1. Ознакомиться с методикой определения жесткости токарного станка
2. Установить влияние нагрузки на упругие деформации в узлах станка
3. Установить влияние жесткости узлов станка на точность обработки

**2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

**2.12.4 Описание (ход) работы:**

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам. Измерительный инструмент



Максимальная высота конуса

$$X = \frac{73+1,1}{2} \cdot \lg 3^{\circ} = 37 \cdot 0,0524 \approx 1,9 \text{ мм.}$$

Тогда максимальный диаметр заготовки  $D_{\max}$  равен:  $157 + 2 \times 1,9 \approx 160,8$  мм. С учетом допуска размер будет  $160,8^{+1,2}_{-1,2}$  мм. Тогда возможный максимальный припуск по наружному диаметру на обработку (на стону) равен  $\frac{160,8^{+1,2}_{-1,2} - 150}{2} = 5,4 + 0,6 = 6$  мм.

Содержание отчета. Чертеж (эскиз) отливки.

### 1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ УЗЛОВ ТОКАРНОГО СТАНКА (СТАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ)

#### Цели работы

1. Ознакомиться с методикой определения жесткости токарного станка.
2. Установить влияние нагрузки (сила  $P_y$ ) на упругие деформации в узлах станка (передняя и задняя бабки, суппорт).
3. Установить влияние жесткости узлов станка на точность обработки.

#### Методические положения

*Жесткость  $j$  (Н/мм)* — способность системы противостоять действию силы. Она выражается силой, отнесенной к возникшей деформации в направлении действия силы. Наибольшую деформацию при обработке деталей резанием вызывает радиальная составляющая силы резания  $P_y$ .

$$\text{Поэтому } j = \frac{P_y}{y},$$

где  $y$  — деформация системы в направлении действия силы  $P_y$ , мм.

У токарного станка определяют жесткость передней, задней бабок и суппорта.

При увеличении жесткости станка точность обработки возрастает.

Оборудование и принадлежности для проведения испытаний:

- а) станок модели 1К62 с высотой центров 200 мм;
- б) вал-оправка диаметром 100 мм, длиной  $l = 400$  мм. В центре вала лунка под шарик диаметром 10 мм;
- в) державка с шариковым наконечником;
- г) кольцевой динамометр от 0 до 5 кН;
- д) три индикатора со стойками для измерения перемещений в узлах станка.



Схема нагружения узлов станка и замера деформаций приведена на рис. 1.9.

В процессе точения валика наличие силы  $P_y$  и ее реакции (рис. 1.10) как бы раздвигает деталь и резец и ведет к уменьшению фактической глубины резания  $t_\phi$ . При этом получается погрешность обработки  $\Delta$ , равная разнице заданной и фактической глубин резания:

$$\Delta = t - t_\phi = y_1 + y_2 + y_e,$$

где  $t$  — заданная глубина резания, мм;  $t_\phi$  — фактическая глубина резания, мм;  $y_1$  — упругая деформация передней бабки, мм;  $y_2$  — упругая деформация задней бабки, мм;  $y_e$  — упругая деформация суппорта, мм.

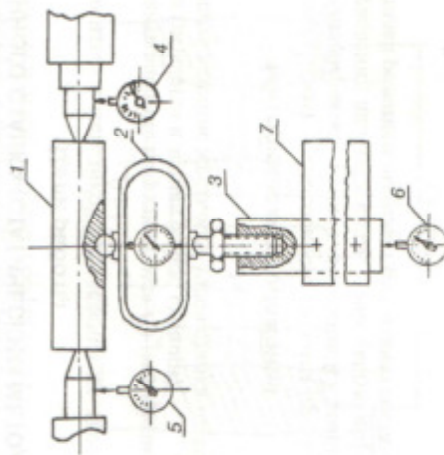


Рис. 1.9. Схема нагружения станка:  
1 — вал; 2 — динамометр; 3 — нагружающая державка; 4, 5, 6 — индикаторы;  
7 — резцедержатель станка

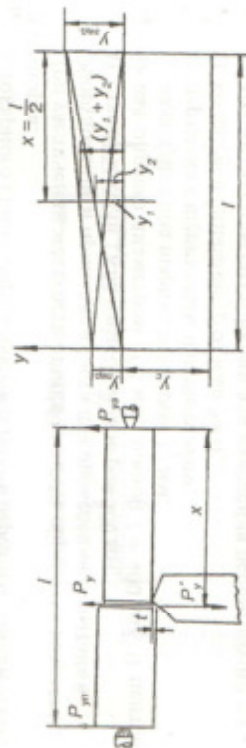


Рис. 1.10. Схема упругих деформаций узлов токарного станка

При приложении силы  $P_y$  в середине валика ( $x = \frac{l}{2}$ ) на переднюю бабку действует сила  $P_m = \frac{P_y}{2}$  и на заднюю бабку  $P_z = \frac{P_y}{2}$  (см. рис. 1.10). Зная значение силы  $P_y$  и соответствующие значения деформации  $y_1$  и  $y_2$ , можно определить жесткость передней и задней бабок, Н/мм:

$$j_{\text{пер}} = \frac{P_y}{2y_1};$$

$$j_{\text{зад}} = \frac{P_y}{2y_2};$$

жесткость суппорта, Н/мм:

$$j_e = \frac{P_y}{2y_e}.$$

Значение диаметра обработанного валика различно по его длине из-за разной жесткости передней и задней бабок. Жесткость задней бабки обычно меньше, и поэтому деформация у задней бабки больше.

На рис. 1.10 графически представлены деформации  $y_1$ ;  $y_2$ ;  $y_e$  при различных положениях резца (различном положении силы  $P_y$ ), т. е. при различной величине  $x$ . Поскольку деформации  $y_1$  и  $y_2$  упругие, то характер их изменения принят по закону прямой линии. При приложении силы  $P_y$  у передней бабки деформация  $y_1 = y_e$  и равна нулю у задней бабки.

При приложении силы  $P_y$  у задней бабки деформация  $y_2 = y_{\text{зад}}$  и равна нулю у передней бабки. При  $x = \frac{l}{2}$

$$y_1 = \frac{y_{\text{пер}}}{2} \text{ и } y_2 = \frac{y_{\text{пер}}}{2}.$$

Разность  $2(y_{\text{зад}} - y_{\text{пер}})$  должна дать величину возможной конусности  $\Delta_x$  обработанного валика из-за различной жесткости передней и задней бабок.

### Порядок выполнения

1. Установить в центрах станка вал. При этом расстояние от корпуса задней бабки до торца вала должно соответствовать величине, приведенной ниже.

Станки с наибольшим диаметром обрабатываемой детали $D$ , мм	100	125	160	200	250	320	400	500
Расстояние от торца корпуса задней бабки до торца вала, мм	50	60	70	80	95	115	140	170
Предельная нагрузка $P_y$ , Н	300	500	700	1000	1400	2000	2800	4000

Центр углубления на поверхности вала должен располагаться в горизонтальной плоскости, проходящей через ось вала.

2. Установить по центру и закрепить с левой стороны резцедержателя державку с шаровым наконечником.

3. Установить между валом и шаровой поверхностью державки кольцевой динамометр так, чтобы передаваемая нагрузка на узлы станка совпадала с направлением действия радиальной составляющей  $P_r$  силы резания. Между углублениями динамометра и вала поместить шарик.

4. На станине станка установить три стойки для индикаторов таким образом, чтобы одним из индикаторов можно было измерять перемещение шпинделя передней бабки, вторым — суппорта, третьим — задней бабки.

5. Установить индикаторы в гнезде стоек так, чтобы их наконечники соответственно касались:

- а) центра передней бабки;
- б) торца державки с шаровым наконечником;
- в) центра задней бабки.

6. Предварительно нагрузить систему до максимальной нагрузки (для станка модели 1К62 — 1600 Н) 1–2 раза и снять нагрузку.

7. Установить все индикаторы на ноль при натяге индикаторов, равном 0,5–2 мм.

8. Произвести ступенчатые нагружения системы до предельной нагрузки при интервале нагружения 0,4 кН. Нагружение системы осуществлять путем вывинчивания гаечным ключом винта с шаровым наконечником из державки.

9. В обратной последовательности произвести полную разгрузку станка. При этом кривые разгрузки не совпадают с кривыми нагружки.

10. Перемещения, возникающие в узлах станка под действием нагрузки, определяют по соответствующим индикаторам и заносят в протокол наблюдений.

11. Начертить схему нагружения системы.

12. Построить диаграммы нагрузки — перемещение для передней бабки, суппорта и задней бабки (рис. 1.11). Определить жесткость каждого узла токарного станка.

13. Подсчитать упругие деформации  $U_{\text{пер}}$  и  $U_{\text{зад}}$  передней и задней бабок, суппорта  $U_c$ . Построить схему упругих деформаций узлов токарного станка.

#### Протокол наблюдений

Жесткость суппорта  $j_c = 10 \text{ Н/мм}$ .

Жесткость передней бабки  $j_{\text{пер}} = 10 \text{ Н/мм}$ .

Жесткость задней бабки  $j_{\text{зад}} = 10 \text{ Н/мм}$ .

Упругие деформации передней бабки  $U_{\text{пер}} = 10 \text{ мкм}$ .

№ п/п	Показания индикатора динамометра, мкН	Цена деления индикатора, мкН	Нагрузка $P, \text{ Н}$		Упругие деформации узлов, мкм			
			суппорт	задняя бабка	передняя бабка		суппорт	задняя бабка
					нагрузка	разгрузка		
1	0		0	0	0			
2			400	200				
3			800	400				
4			1200	600				
5			1600	800				

Упругие деформации задней бабки  $U_{\text{зад}} = 10 \text{ мкм}$ .

Упругие деформации суппорта  $U_c = 10 \text{ мкм}$ .

Конусность обрабатываемого валика из-за различной жесткости передней и задней бабок  $\Delta_k = \text{мкм}$ .

**Содержание отчета.** В отчет необходимо включить схему измерения и схемы деформаций передней, задней бабок и суппорта токарного станка в зависимости от нагрузки; протокол наблюдений; графики зависимости упругих деформаций передней, задней бабок и суппорта от нагрузки и в зависимости от положения реза. В выводе указать величину конусности обрабатываемой детали, исходя из различной жесткости передней и задней бабок.

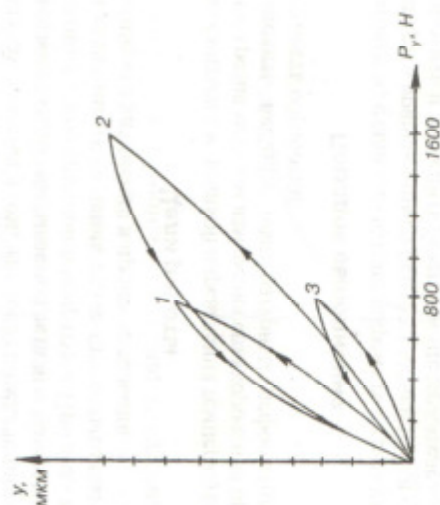


Рис. 1.11. Зависимость перемещений в узлах станка от нагрузки: 1 — задняя бабка; 2 — суппорт; 3 — передняя бабка



## 2.13 Лабораторная работа № 13 (2 часа).

Тема: «Определение погрешности обрабатываемой детали при точении в патроне»

2.13.1 Цель работы: Ознакомиться с методикой погрешности деталей при точении в патроне

### 2.13.2 Задачи работы:

1. Изучить погрешности обрабатываемой детали при точении в патроне.
2. Определить допустимый вылет детали при заданной точности

### 2.13.3 Описание (ход) работы:

### 2.13.4 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам. Измерительный инструмент

1.

**Порядок выполнения**

1. На токарном станке последовательно точить при закреплении в патроне четыре заготовки из проката диаметром  $d = 20$  мм при вылете  $l = 40, 60, 100$  и  $140$  мм ( $l/d = 2; 3; 5; 7$ ). Материал заготовок — сталь 45 с  $\sigma_s = 600 \dots 650$  МПа. Резец оснащен твердым сплавом Т15К6 и имеет следующую геометрию:  $\alpha = 8^\circ$ ;  $\gamma = 10^\circ$ ;  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 15^\circ$ ;  $\lambda = 0$ ;  $r = 0,5$  мм. Обработку вести при глубине резания  $t = 1$  мм, подаче  $S = 0,3$  мм/об и частоте вращения шпинделя  $n = 185$  (что соответствует скорости резания  $v = 11,6$  м/мин).
2. У каждой детали микрометром замерить диаметр на конце  $d$  и у патрона  $d'$ . По разности диаметров определить погрешности обрабатываемых деталей ( $\Delta d = d - d'$ , рис. 1.16).
3. С помощью расчета определить прогиб деталей (рассматривая детали, как консольные балки):

$$f = \frac{P_y l^3}{3 E J},$$

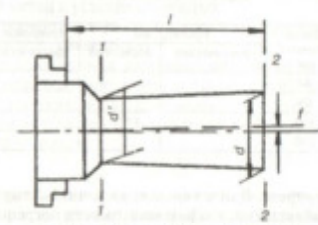
где  $P_y$  — радиальная составляющая силы резания, Н;  $l$  — вылет детали, мм;  $E$  — модуль упругости, Н/мм<sup>2</sup> ( $= 1$  МПа) (для стали  $E = 2 \cdot 10^5$  Н/мм<sup>2</sup> ( $2 \cdot 10^5$  МПа));  $J$  — момент инерции, мм<sup>4</sup>.

Для тел круглого сплошного сечения

$$J = 0,05 d^4,$$

где  $d$  — диаметр детали, мм.

При расчете считать, что основная причина погрешности детали заключается в ее прогибе под действием силы  $P_y$ . Величину  $P_y$  определить по справочникам. Для облегчения расчетов можно принять, что  $P_y = 0,4 P_c$ , а величина силы  $P_c$  для данных условий равна примерно



**Рис. 1.16. Схема замеров детали**

но 740 Н. Тогда сила  $P_y \approx 300$  Н. Погрешность  $\Delta d$  связана с величиной прогиба  $f$  от силы  $P_y$  следующей зависимостью:

$$\Delta d = 2f.$$

4. Результаты экспериментов и расчеты занести в протокол наблюдений.

5. Построить график (рис. 1.17) зависимости погрешности  $\Delta d$  обрабатываемой детали от отношения  $l/d$ , при котором погрешность равна величине допуска.

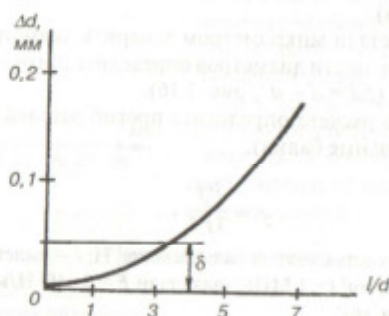


Рис. 1.17. Примерная зависимость погрешности обработанной детали в зависимости от отношения  $l/d$

Поле допуска  $\delta$  для 9-го качества точности принять равным 52 мкм (для диаметров 18–30 мм).

6. В выводах сравнить экспериментальные и расчетные данные о величине погрешности обработки. Определить отношение  $l/d$ , при котором погрешность обработки меньше величины допуска.

#### Протокол наблюдений

Диаметр заготовки $d$ , мм	Длина обточки $l$ , мм	Прогиб $f$ , мм		Изменение диаметра $\Delta d$ , мм	
		фактический	расчетный	фактическое	расчетное
20	40				
20	60				
20	100				
20	140				

**Содержание отчета.** В отчет следует включить схему замеров детали, протокол наблюдений, график зависимости погрешности обработанной детали от отношения  $l/d$ . В выводах сравнить эксперименталь-

## 2.14 Лабораторная работа № 14 (2 часа).

Тема: «Температурные деформации токарного резца»

**2.14.1 Цель работы:** Ознакомиться с методикой определения температурных деформаций токарного резца.

### 2.14.2 Задачи работы:

1. Определение интервала времени интенсивного роста деформаций
2. Построить график зависимости температурной деформации резца от пути резания

### 2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам. Измерительный инструмент

### 2.14.4 Описание (ход) работы:

1.

#### 1.4. ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТОКАРНОГО РЕЗЦА

Нагрев токарного резца в процессе точения приводит к его температурным деформациям, из которых практическое значение имеет удлинение. В результате удлинения резца в процессе точения увеличивается глубина резания и, следовательно, уменьшается диаметр обрабатываемой детали. Обычно удлинение резца достигает 30–50 мкм при работе без охлаждения. Применение смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) уменьшает удлинение резца в 3–3,5 раза. Изучение температурных деформаций обычно представляет практический интерес на режимах чистовой обработки, когда к точности детали предъявляют более высокие требования.

В большинстве случаев температурные деформации резца изучают экспериментально. Это объясняется значительной сложностью и неточностью аналитических расчетов из-за неопределенности количества теплоты, поступающей в резец, сложности законов распределения теплоты в теле резца, трудности учета всех факторов, влияющих на температурные деформации. К основным факторам, определяющим величину температурных деформаций резца, относятся прочность обрабатываемого материала, элементы режима резания (скорость и глубина резания, подача), физико-механические свойства (теплопроводность, теплоемкость и др.) материала, сечение, вылет и геометрия резца. Сравнительно простой и удобный метод определения температурных деформаций резца — измерение его укорочения при остывании. Сущность метода заключается в том, что после определенного времени работы резец отводят от обрабатываемой детали и замеряют его укорочение при остывании до комнатной температуры. При этом вполне естественно, что величина укорочения резца при остывании должна быть равна величине его удлинения в процессе точения.

#### Цели работы

1. Ознакомиться с методикой определения температурных деформаций токарного резца методом измерения его укорочения при остывании.
2. Установить влияние температурных деформаций токарного резца на точность обработки.

#### Порядок выполнения

1. Заготовку из стали или чугуна закрепить в трехлачковом патроне и подпереть вращающимся центром задней бабки станка.
2. Установить и закрепить резец в резцедержателе.
3. Установить и закрепить микронный индикатор на суппорте станка (рис. 1.12) так, чтобы при повороте резцедержателя на 90° (или

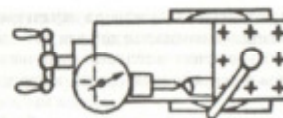


Рис. 1.12. Схема измерения температурной деформации токарного резца

на 180°) вершина резца касалась наконечника индикатора (при натяге не менее 0,05 мм).

4. Настроить станок на следующий режим резания:  $v = 120$  м/мин,  $S = 0,1$  мм/об,  $t = 0,3$  мм.

5. Включить станок и автоматическую продольную подачу. Спустя 1 мин после начала работы выключить автоматическую продольную подачу резца, отвести его от заготовки и быстро, но осторожно, повернуть резцедержатель до соприкосновения вершины резца с наконечником резцедержателя. В этом положении дать резцу остыть до окружающей температуры (до момента стабилизации показаний индикатора). Для ускорения процесса остывания резца можно его охлаждать мокрой ветошью. Записать величину укорочения резца.

6. Повторить указанные в п. 5 операции, приняв продолжительность работы резца равной 2, 5, 10 и 20 мин.

7. Подсчитать путь резания, м, для всех опытов

$$L = vt,$$

где  $v$  — скорость резания, м/мин;  $t$  — время работы резца, мин.

8. Занести необходимые данные и результаты экспериментов в протокол наблюдений.

9. Построить график температурной деформации резца от пути резания (продолжительности работы). Примерный характер такой зависимости приведен на рис. 1.13, из которого видно, что наиболее ин-

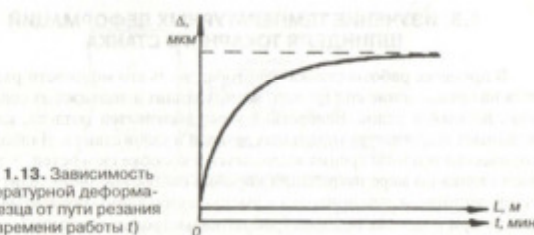


Рис. 1.13. Зависимость температурной деформации резца от пути резания  $L$  (времени работы  $t$ )

тенсивно деформация удлинения возрастает в начальный период работы резца. Затем деформация уменьшается до нуля, т. е. наступает тепловое равновесие (равенство количества теплоты, поступающей в тело резца и отводимой от резца в окружающую среду), когда удлинение резца прекращается.

10. Сделать вывод о возможной погрешности обрабатываемой детали по диаметру из-за температурных деформаций токарного резца, которая равна двойному удлинению резца.

#### Протокол наблюдений

Станок модели .....  
 Обрабатываемый материал .....  
 Диаметр заготовки  $D = \dots$  мм .....  
 Материал режущей части резца .....  
 Материал державки .....  
 Размеры резца  $B \times H$ , мм .....  
 Вылет резца, мм .....  
 Режим резания:  $v = \dots$  мин<sup>-1</sup>;  $\gamma = \dots$  м/мин;  $S = \dots$  мм/об;  $t = \dots$  мин.  
 Индикатор с ценой деления 0,001 мм.

Продолжительность работы резца $t$ , мин	1	2	5	10	20
Путь резания $L$ , м					
Температурное удлинение резца $\Delta$ , мкм					

**Содержание отчета.** В отчет следует включить схему измерения температурных деформаций токарного резца, протокол наблюдений, график зависимости температурных деформаций резца от продолжительности его работы. В выводах указать: в каком промежутке времени наблюдается наиболее интенсивный рост деформации; возможную погрешность обработки детали по наружному диаметру от температурной деформации токарного резца.

## 2.15 Лабораторная работа № 15 (2 часа).

**Тема:** «Оценка точности обработки построением кривых распределения действительных размеров.»

**2.15.1 Цель работы:** Научиться определять категорию предприятия.

**2.15.2 Задачи работы:**

1. Определить характер распределения размеров при механической обработке
2. Определить поле рассеяния размеров методами математической статистики

**2.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам. Измерительный инструмент

**2.15.4 Описание (ход) работы:**



но 740 Н. Тогда сила  $P_f \approx 300$  Н. Погрешность  $\Delta d$  связана с величиной прогиба  $f$  от силы  $P_f$  следующей зависимостью:

$$\Delta d = 2f.$$

4. Результаты экспериментов и расчеты занести в протокол наблюдений.
5. Построить график (рис. 1.17) зависимости погрешности  $\Delta d$  обрабатываемой детали от отношения  $l/d$ , при котором погрешность равна величине допуска.

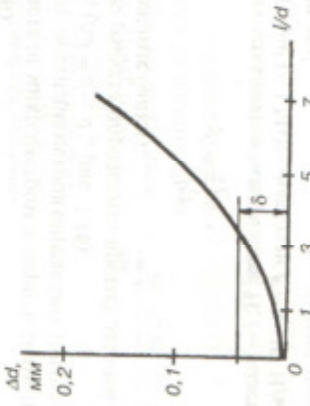


Рис. 1.17. Примерная зависимость погрешности отбоченной детали в зависимости от отношения  $l/d$

- Поле допуска  $\delta$  для 9-го качества точности принять равным 52 мкм (для диаметров 18–30 мм).
6. В выводах сравнить экспериментальные и расчетные данные о величине погрешности обработки. Определить отношение  $l/d$ , при котором погрешность обработки меньше величины допуска.

### Протокол наблюдений

Диаметр заготовки $d$ , мм	Длина отточки $l$ , мм	Прогиб $f$ , мм		Изменение диаметра $\Delta d$ , мм	
		фактический	расчетный	фактическое	расчетное
20	40				
20	60				
20	100				
20	140				

**Содержание отчета.** В отчет следует включить схему замеров детали, протокол наблюдений, график зависимости погрешности обработанной детали от отношения  $l/d$ . В выводах сравнить эксперименталь-

ные и расчетные данные о величине погрешности обработки. Определить отношение  $l/d$ , при котором погрешность обработки меньше величины допуска.

### 1.7. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБОМ ПОСТРОЕНИЯ КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ

Точность обработки деталей можно оценить путем построения кривых распределения размеров.

#### Цель работы

Определить характер распределения размеров при механической обработке (на примере точения). Методами математической статистики рассчитать поле рассеивания размеров, средний арифметический размер, среднее квадратичное отклонение, вероятность брака (%).

#### Методические пояснения

Способ построения кривых распределения размеров применим при производстве большого числа одинаковых деталей, обрабатываемых как на предварительно настроенных станках, так и методом пробных рабочих ходов (пробных стружек). Данный способ позволяет оценить точность обработки.

*Кривые распределения размеров* строят следующим образом. Обрабатывают партии деталей в одинаковых условиях. Затем детали измеряют по одному важному размеру, определяющему точность. При этом оказывается, что, несмотря на одинаковые условия обработки, размеры отличаются друг от друга, хотя в отдельных случаях и совпадают. Разность максимального и минимального размеров партии деталей называют полем рассеивания размеров. Поле рассеивания размеров характеризует точность обработки: чем меньше поле рассеивания, тем точнее принятый метод и условия обработки.

Точность обработки характеризуется также *законом распределения размеров* (кривая распределения).

Для построения кривых распределения размеров измеряют данный размер у определенного числа деталей  $n$  (от 50 до 250). Совокупность измерений размеров деталей разбивают на ряд групп размеров с одинаковыми интервалами. Число групп размеров  $K$  определяют по приближенной формуле

$$K \approx \sqrt{n}.$$

Полученные данные представляют в виде графика, называемого гистограммой распределения, в котором по оси абсцисс откладывают размеры групп, а по оси ординат — число деталей  $m$ , чьи размеры ле-

жат в пределах соответствующих групп. После нанесения на график точек получают ломаную линию, называемую *полигоном распределения*. Вместо абсолютного числа деталей  $m$  — абсолютная частость в данном интервале размеров, по оси ординат можно откладывать отношение этого числа  $m$  к общему числу деталей  $n$  в партии; отношение  $\frac{m}{n}$  называют *относительной частотой*, или *частостью*.

При обработке деталей на металлорежущих станках кривая распределения часто близка к кривой нормального распределения (закон Гаусса) (рис. 1.18). При обработке точных деталей (5—7-й квалификации) распределение размеров деталей может следовать другим законам (равной вероятности, треугольника — закон Симпсона и др.).

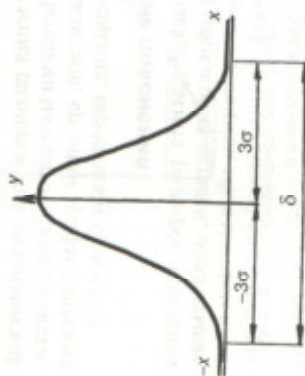


Рис. 1.18. Кривая нормального распределения (Гаусса)

Кривая нормального распределения описывается уравнением Гаусса:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}}$$

где  $x$  и  $y$  — текущие абсцисса и ордината кривой;  $x_0$  — среднее арифметическое всех измерений размеров;  $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение;  $e$  — основание натуральных логарифмов.

Среднее значение размера

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n},$$

где  $x_i$  — значение текущего измерения;  $n$  — число произведенных измерений.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - x_0)^2 + (x_2 - x_0)^2 + \dots + (x_n - x_0)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_0)^2}{n}}$$

Величина  $x_{cp}$  соответствует максимуму кривой  $y_{max}$ . В этом случае  $x = x_{cp}$ .

$$y_{max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma}$$

Точки перегиба кривой Гаусса находятся на расстоянии  $\pm\sigma$  и  $-\sigma$  от  $x_{cp}$  (оси симметрии кривой). Если  $x_{cp} = 0$ ,  $x = \sigma$ , то

$$y_{\sigma p} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\sigma^2}{2\sigma^2}} = \frac{y_{max}}{\sqrt{e}} \approx 0,6 y_{max} = \frac{0,24}{\sigma}$$

Ветви кривой Гаусса уходят в бесконечность, асимптотически приближаясь к оси  $X$ .

Приближенное построение теоретической кривой Гаусса возможно по 5 точкам, координаты которых приведены в табл. 1.23.

1.23. Координаты точек для приближенного построения кривой Гаусса

Номер точки	$x_i$	$y_i$
1	$x_1 = -3\sigma$	$y_1 = 0$
2	$x_2 = -\sigma$	$y_2 = \frac{0,24}{\sigma} = 0,6 y_{max}$
3	$x_3 = 0$	$y_3 = y_{max} = \frac{0,4}{\sigma}$
4	$x_4 = \sigma$	$y_4 = \frac{0,24}{\sigma} = 0,6 y_{max}$
5	$x_5 = 3\sigma$	$y_5 = 0$

Из уравнения кривой распределения Гаусса следует, что форма кривой определяется величиной среднего квадратичного отклонения  $\sigma$ . При уменьшении величины  $\sigma$  кривая получается менее растянутой, что соответствует меньшему рассеиванию размеров.

При помощи кривой распределения можно определить вероятное число годных деталей и вероятное число бракованных деталей, размеры которых выходят за поле допуска.

Если отложить по оси  $X$  (по обе стороны от нуля) величину  $\pm 3\sigma$ , то оказывается, что в данном интервале содержится 99,73% (почти 100%) всех величин (отклонений), относящихся к данной кривой (рис. 1.18).

Участками кривой Гаусса  $x > 3\sigma$  и  $x < -3\sigma$  можно пренебречь. На основании этого поле допуска на размер должно быть равно или более  $6\sigma$ , т. е.  $6 \geq 6\sigma$ . При расширении поля допуска сверх  $6\sigma$  вероятность появления брака снижается незначительно.

В результате действия систематических причин (например, подналадка станка) кривая распределения может быть двухвершинной



(рис. 1.19), в этом случае поле рассеивания увеличивается на величину  $\varepsilon$ , и допуск  $\delta$  на размер (без опасности появления брака) должен быть равен

$$\delta \geq 6\sigma + \varepsilon.$$

Определим вероятность возникновения брака при обработке. Брак возникает, если допуск на обработку меньше поля рассеивания размеров. Предположим, что поле допуска  $\delta$  установлено двумя размерами  $x_1$  и  $x_2$  границ этого допуска от среднего размера (рис. 1.20). Вероятное число годных деталей в этом случае определяется отношением

$$\frac{F_1 + F_2}{F},$$

где  $F_1$  и  $F_2$  — площади между участками кривых Гаусса и осью абсцисс при размерах  $x_1$  и  $x_2$ ;  $F$  — площадь между всей кривой Гаусса и осью абсцисс. При значительном расширении поля допуска ( $x_1 = x_2 = 3\sigma$ ) отношение площадей приближается к единице, так как  $F_1 + F_2 = F$ . В этом случае считают, что вероятность данного достоверного события равна единице.

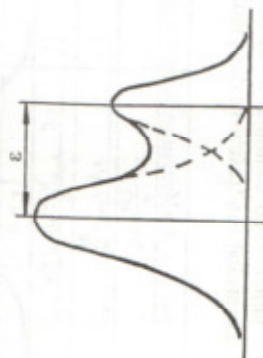


Рис. 1.19. Двухвершинная кривая распределения

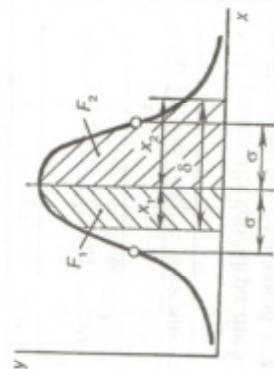


Рис. 1.20. Кривая нормального распределения с полем допуска  $\delta < 6\sigma$

Определим площади заштрихованных участков  $F_1$  и  $F_2$  при симметричном расположении кривой распределения относительно оси ординат:

$$F_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx,$$

$$F_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx.$$

Эти интегралы представляют в виде функции  $\Phi(z)$ , где  $z = \frac{x}{\sigma}$ :

$$F'_1 = 0,5\Phi(z_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_1} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

$$F'_2 = 0,5\Phi(z_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Величины  $F'_1$  и  $F'_2$  меньше единицы. Они выражают долю всей площади между кривой Гаусса и осью абсцисс. Площадь между всей кривой Гаусса и осью абсцисс при этом принимают за единицу.

Значения функции  $\Phi(z)$  через десятую долю аргумента приведены в табл. 1.24. При  $z = \pm 3$  функция  $\Phi(z) = 0,9973$ . Это значит, что из всей партии обработанных деталей размеры только 0,27% выходят за пределы допуска  $\delta = 6\sigma$ .

1.24. Значения функции  $\Phi(z)$

$z$	$\Phi(z)$	$z$	$\Phi(z)$	$z$	$\Phi(z)$
0,0	0,0000	1,2	0,7699	2,4	0,9836
0,1	0,0797	1,3	0,8064	2,5	0,9876
0,2	0,1585	1,4	0,8385	2,6	0,9907
0,3	0,2358	1,5	0,8664	2,7	0,9931
0,4	0,3108	1,6	0,8904	2,8	0,9949
0,5	0,3829	1,7	0,9109	2,9	0,9963
0,6	0,4515	1,8	0,9281	3,0	0,9973
0,7	0,5161	1,9	0,9426	3,1	0,99806
0,8	0,5763	2,0	0,9545	3,2	0,99862
0,9	0,6319	2,1	0,9643	3,3	0,99903
1,0	0,6827	2,2	0,9722	3,4	0,99933
1,1	0,7287	2,3	0,9786	3,5	0,99953

Ниже приведены два примера решения практических задач по анализу точности обработки деталей по кривым распределения размеров.

#### Пример 4

Определить вероятность получения брака деталей, если среднее квадратичное отклонение метода обработки  $\sigma = 0,02$  мм, допуск на обработку  $\delta = 0,08$  мм. Границы поля допуска (см. рис. 1.20) расположены на расстояниях  $x_1 = 0,02$  мм и  $x_2 = 0,06$  мм от центра группирования.

**Решение.** Найдем значения  $z_1$  и  $z_2$ :

$$z_1 = \frac{x_1}{\sigma} = \frac{0,02}{0,02} = 1; \quad z_2 = \frac{x_2}{\sigma} = \frac{0,06}{0,02} = 3;$$

По табл. 1.24:

$$F'_1 = 0,5\Phi(z_1) = 0,3413; F'_2 = 0,5\Phi(z_2) = 0,4986.$$

Вероятность получения брака

$$W = 1 - (F'_1 + F'_2) = 1 - (0,3413 + 0,4986) = 0,16.$$

#### Пример 5

Насколько уменьшится вероятность получения брака по условиям предыдущей задачи, если центр группирования кривой распределения совместить с серединой поля допуска путем настройки технологической системы?

**Решение.** В данном случае  $z_1 = z_2 = z = 0,04 : 0,02 = 2$ . По табл. 1.24  $F'_1 = F'_2 = 0,5\Phi(z) = 0,4772$ . Вероятность получения брака  $W = 1 - (F'_1 + F'_2) = 1 - (0,4772 + 0,4772) = 0,046$ .

По сравнению с предыдущим случаем вероятность получения брака уменьшилась на 11,4%.

#### Порядок выполнения

1. Точить на токарном станке по наружному диаметру 50 штук заготовок типа «диск», установленных на оправке, которая зажата в трехкулачковом патроне с закреплением гайкой (рис. 1.21). Заготовки обрабатывать при одной настройке станка без смены инструмента и его подналадки. Настройку станка на размер (указанный мастером или преподавателем) произвести на первой заготовке, а затем при обточке других заготовок резец не отводить в радиальном направлении. Для этого снимать обработанную заготовку при выключенном станке в крайнем левом положении резца, после чего отводить резец в крайнее правое положение и крепить следующую заготовку.

2. Измерить микрометром обточенные заготовки и результаты замеров занести в протокол отчета.

3. Построить кривую распределения фактических размеров. По оси  $Y$  откладывать значения относительной частоты  $m/n$ , а по оси  $X$  — размеры деталей с рассчитанным интервалом.

4. Вычислить величину среднего квадратичного отклонения и на кривой распределения нанести границы  $\pm 3\sigma$ .

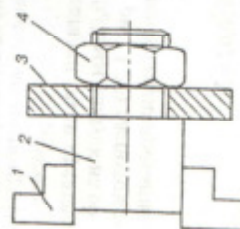


Рис. 1.21. Схема установки заготовки на станке:  
1 — кулачек патрона, 2 — оправка, 3 — заготовка;  
4 — гайка

## 2.16 Лабораторная работа № 16 (2 часа).

Тема: «Влияние параметров резания на шероховатость обработанной поверхности»

2.16.1 Цель работы: Научиться определять категорию предприятия.

2.16.2 Задачи работы:

1. Получить навыки по изучению шероховатости обработанной поверхности

5. Сделать вывод о возможной величине допуска на данную деталь, при которой брак будет практически отсутствовать ( $W = 0,27\%$ ).
6. Построить приближенную кривую Гаусса по 5 точкам. Пример построения полигона распределения и приближенной теоретической кривой Гаусса приведен на рис. 1.22.
7. Определить вероятность получения брака деталей, в т. ч. исправного, при заданной величине допуска.

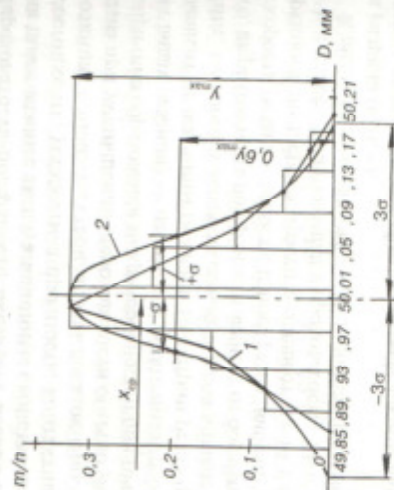


Рис. 1.22. Полигон распределения размеров — 1 и теоретическая кривая нормального распределения — 2

**Содержание отчета.** В отчет следует включить условия обработки (станок, приспособления, режим резания, обрабатываемый материал, измерительный инструмент) и полученные результаты ( $X_{гр}$ ,  $\sigma$ ,  $6\sigma$ ), протокол замеров деталей, таблицу для построения кривой распределения действительных размеров (интервалы размеров, абсолютная частота  $m$ , относительная частота  $m/n$ ), кривую распределения действительных размеров. Сделать вывод о величине допуска на данную операцию.

## 1.8. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

### Цели работы

Получить навыки по изучению шероховатости обработанной поверхности; исследовать влияние элементов процесса резания (подачи, скорости резания, радиуса резца при вершине и др.) на шероховатость



## 2. Исследовать влияние элементов процесса резания на шероховатость

### 2.16.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Чертеж детали, калькулятор, ГОСТ 3.1109-82, ГОСТом 14.301-83, справочный материал по допускам и посадкам. Измерительный инструмент

### 2.16.4 Описание (ход) работы:

1.

обработанной поверхности; сопоставить шероховатость при резании стандартным резцом и резцом для больших подач.

#### Методические положения

Под шероховатостью поверхности понимают совокупность микронеровностей (с относительно малыми шагами), присутствующих на данной поверхности и рассматриваемых на определенной (базовой) длине. Шероховатость поверхности оказывает весьма значительное влияние на такие важные эксплуатационные свойства детали машин, как износостойкость, усталостная прочность, контактная жесткость, антикоррозийная стойкость, стабильность посадок и др. Перечисленные свойства при уменьшении шероховатости обычно улучшаются.

Первопричина образования микронеровностей при точении (а также при других видах резания) — небольшие остаточные гребешки, высота которых зависит от величины подачи и геометрии резца (радиуса резца при вершине, главного и вспомогательного углов в плане  $\phi$  и  $\phi_1$  и др.). Кроме того, шероховатость поверхности зависит от обрабатываемого материала, скорости резания, нароста, износа резца, вибраций и т. д.

Поверхности по шероховатости разделяют на 14 классов (ГОСТ 2789-73): 1-й класс — наибольшая шероховатость, 14-й класс — наименьшая. Классы шероховатости 6–14-й дополнительно подразделяют на три разряда (а, б, в).

Основным средством цехового контроля шероховатости поверхности деталей машин является сравнение их с эталонными образцами соответствующих классов, полученных тем же методом обработки, что и данная деталь. Поверхности с 1-го по 6-й класс включительно проверяют визуально или ощупыванием; до 7-го класса включительно — зрительным сличением при помощи лупы пятикратного увеличения; с 8-го по 12-й класс включительно — зрительным сличением при помощи сравнительного микроскопа.

Для перевода классов шероховатости поверхности в величину  $R_a$  (среднее арифметическое отклонение профиля) можно воспользоваться следующими данными:

Класс шероховатости поверхности	1	2	3	4	5	6	7
$R_a$ не более, мкм	80	40	20	10	5	2,5	1,25

В лабораторных условиях для оценки шероховатости поверхности применяют специальные приборы (двойной микроскоп, интерференционный микроскоп, профилометры и т. д.).

Работу выполняют на токарно-винторезном станке. Обрабатываемый материал — заготовка из стали марки 40 ( $\sigma_s = 544...590$  МПа, HB217) диаметром 70–80 мм, длиной 400 мм. Заготовку крепят в трех-

кулачковом самоцентрирующемся патроне и подпирают центром задней бабки. Токарный проходной резец, оснащенный пластинкой твердого сплава Т15К6, с главным углом в плане  $\phi = 45^\circ$  крепят в резцедержателе по высоте центров станка.

#### Порядок выполнения

1. Точить заготовку при различных (определенных) условиях обработки (определенный режим и геометрия резца) и определить класс шероховатости обработанной поверхности, сравнивая ее со стальными эталонами шероховатостей. Длина обработки 20–25 мм:

а) изучить влияние подачи на шероховатость поверхности. Эксперименты выполнить на токарно-винторезном станке модели 1К62 с частотой вращения шпинделя  $n = 200$  мин<sup>-1</sup> и подачей  $S = 0,084$  мм/об (при использовании других моделей токарных станков  $n$  и  $S$  берут близкими к этим значениям из фактически имеющихся на станке). Станок включить, подвести ручную резец к заготовке до касания, установить глубину резания  $t = 0,5$  мм и точить заготовку на автоматической подаче  $S = 0,084$  мм/об. Затем последовательно точить участки заготовки на подачах  $S$ , равных 0,61; 1,04; 1,56; 2,8 мм/об. Полученные данные занести в протокол наблюдений, в графу «класс шероховатости поверхности»;

#### Протокол наблюдений

Станок токарно-винторезный Модель 1К62  
Материал режущей части резца \_\_\_\_\_  
Обрабатываемый материал (марка, НВ) \_\_\_\_\_

№ опыта	Режущий инструмент	Радиус закругления вершины резца $r$ , мм	Диаметр заготовки $D$ , мм	Частота вращения шпинделя, $n$ , мин <sup>-1</sup>	Скорость резания $v$ , м/мин	Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Шероховатость $R_a$ , мкм	Класс шероховатости
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Резец проходной стандартный	0,5		200		0,5	0,084		
2		0,5		200		0,5	0,61		
3		0,5		200		0,5	1,04		
4		0,5		200		0,5	1,56		
5		0,5		200		0,5	2,8		
6	Резец проходной стандартный			40		0,5	0,17		
7				250		0,5	0,17		
8				630		0,5	0,17		
9				1600		0,5	0,17		

Окончание									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Резец проходной стандартный	0,5		200		0,5	0,17		
11		2,0		200		0,5	0,17		
12		5,0		200		0,5	0,17		
13	Резец проходной (для больших подач)			200		0,5	2,8		

б) изучить влияние скорости резания на шероховатость поверхности. Опыты провести тем же резцом при постоянной подаче  $S = 0,17$  мм/об и глубине резания  $t = 0,5$  мм. Скорость резания изменять путем изменения частоты вращения заготовки. При частоте вращения шпинделя, равной (для станка модели 1К62) 40, 250, 630 и 1600 мин<sup>-1</sup>, точить заготовку на общую длину 80 мм. Результаты занести в протокол наблюдений;

в) изучить влияние радиуса закругления вершины резца на шероховатость обработанной поверхности при обточке проходным резцом с постоянными частотой вращения шпинделя  $n = 200$  мин<sup>-1</sup>, подачей  $S = 0,17$  мм/об и глубиной резания  $t = 0,5$  мм. Использовать резцы с радиусами закругления вершины, равными 0,5, 2 и 5 мм. Обточив заготовку последовательно этими резцами, сравнить обработанную поверхность с эталонными образцами для стали и определить класс шероховатости поверхности. Результаты опытов занести в протокол наблюдений;

г) точить заготовку проходным резцом для больших подач при частоте вращения шпинделя  $n = 200$  мин<sup>-1</sup>, подаче  $S = 2,8$  мм/об и глубине резания  $t = 0,5$  мм. Геометрическая форма проходного резца для больших подач приведена на рисунке 1.23, режущая кромка с углом в плане  $\varphi = 0$

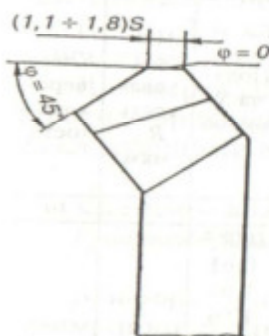


Рис. 1.23.  
Проходной резец  
для больших  
подач

срезает остаточные гребешки. Ее длину берут равной  $S + (1,2...3)$  мм или  $(1,1...1,8)S$ .

2. Экспериментальные данные оформить в виде графиков в прямоугольной системе координат и определить влияние подачи, скорости резания и радиуса закругления вершины резца на шероховатость поверхности.

**Содержание отчета.** В отчет необходимо включить: геометрические параметры резца; протокол наблюдений; графики зависимостей класса шероховатости поверхности от подачи, скорости резания и радиуса закругления вершины резца. В выводах сделать анализ влияния подачи, скорости резания и радиуса закругления резца на шерохова-

## 2.17 Лабораторная работа № 17 (2 часа).

Тема: «Составление технологических схем сборки изделий сельскохозяйственного машиностроения»

2.17.1 Цель работы: Научиться составлять технологические схемы сборки узлов с.х. машин

### 2.17.2 Задачи работы:

1. Изучить последовательность сборки машин, узла или подузла из элементов

2.17.3 Описание (ход) работы: Технологические схемы сборки составляют при разработке технологических процессов сборки машин, узлов (групп), подузлов (подгрупп). Эти схемы отражают последовательность сборки машины, узла или подузла из элементов.



Исходным материалом для составления схемы сборки служит чертеж изделия (узла, подузла) со спецификацией составляющих элементов (деталей, узлов, подузлов).

Каждую деталь (подузел, узел) на схеме сборки изображают в виде прямоугольника, разделенного на три части, в которых указывают номер детали (подузла, узла) по спецификации, наименование детали (подузла, узла) и число собираемых деталей (подузлов, узлов).

При разработке схемы сборки вначале выбирают так называемую *базовую деталь* или *базовый узел (подузел)*. Таким базовым элементом является элемент собираемого узла (машины), на который устанавливают остальные детали и подузлы (узлы).

От базового элемента проводят прямую линию, к которой подводят прямоугольники, обозначающие сборочные элементы в порядке их присоединения. В конце линии прямоугольником обозначают узел (подузел, изделие) в сборе.

Для облегчения распознавания на схеме сборки подузлов и узлов от деталей прямоугольники, обозначающие подузлы и узлы, обводят двойной линией. Например,

Иногда детали от узлов (подузлов) отличают другим способом. Детали располагают сверху линии, соединяющей базовый элемент с собираемым узлом (подузлом, изделием), а подузлы (узлы) — снизу этой линии.

В технологических схемах сборки указывают методы осуществления соединений, если они не определены типом собираемых деталей. Так, пишут «приварить», «запрессовать», но не пишут «сболтить», «заклепать», если указана постанова болтов и заклепок.

На рис. 2 приведен сборочный чертеж «Шестерня ведущая главной передачи заднего моста с картером подшипников», а на рис.2 — технологическая схема сборки этой сборочной единицы.

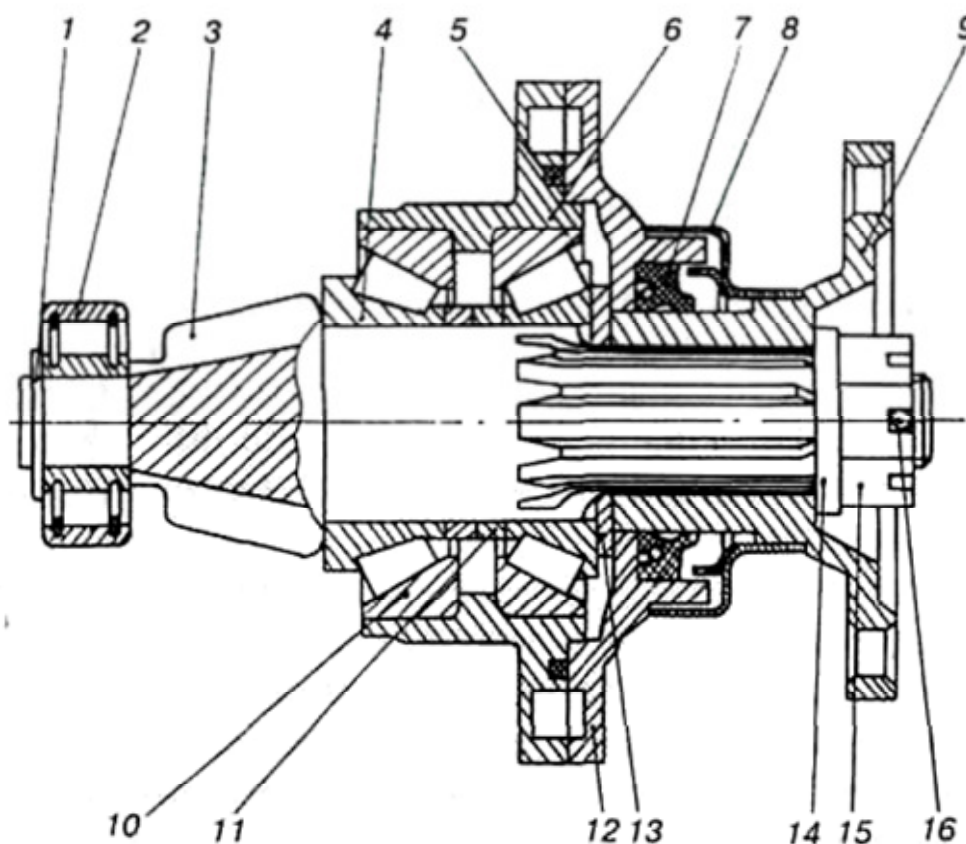


Рис. 5. Шестерня ведущая главной передачи заднего мостас картером подшипников: где, 7 — кольцо стопорное; 2 — подшипник роликовый; 3 — вал-шестерня ведущий; 4 — кольцо подшипника внутреннее в сборе с

сепаратором; 5 — пробковая прокладка; 6 — картер подшипников; 7— манжета; 8 — пыльник; 9 — фланец; 10 — кольцо подшипниковое наружное; 11 — кольцо упорное; 12 — крышка; 13, 14 — шайба; 15 — гайка; 16 — шплинт.

На основании технологических схем сборки подузлов, узлов и изделия можно судить о технологичности изделия с точки зрения удовлетворения требованиям сборки.

Условие технологичности сборки — возможность расчленения изделия на большое число узлов и подузлов и параллельной сборки (одновременно в нескольких местах) узлов (подузлов) с уменьшением цикла сборки изделия.

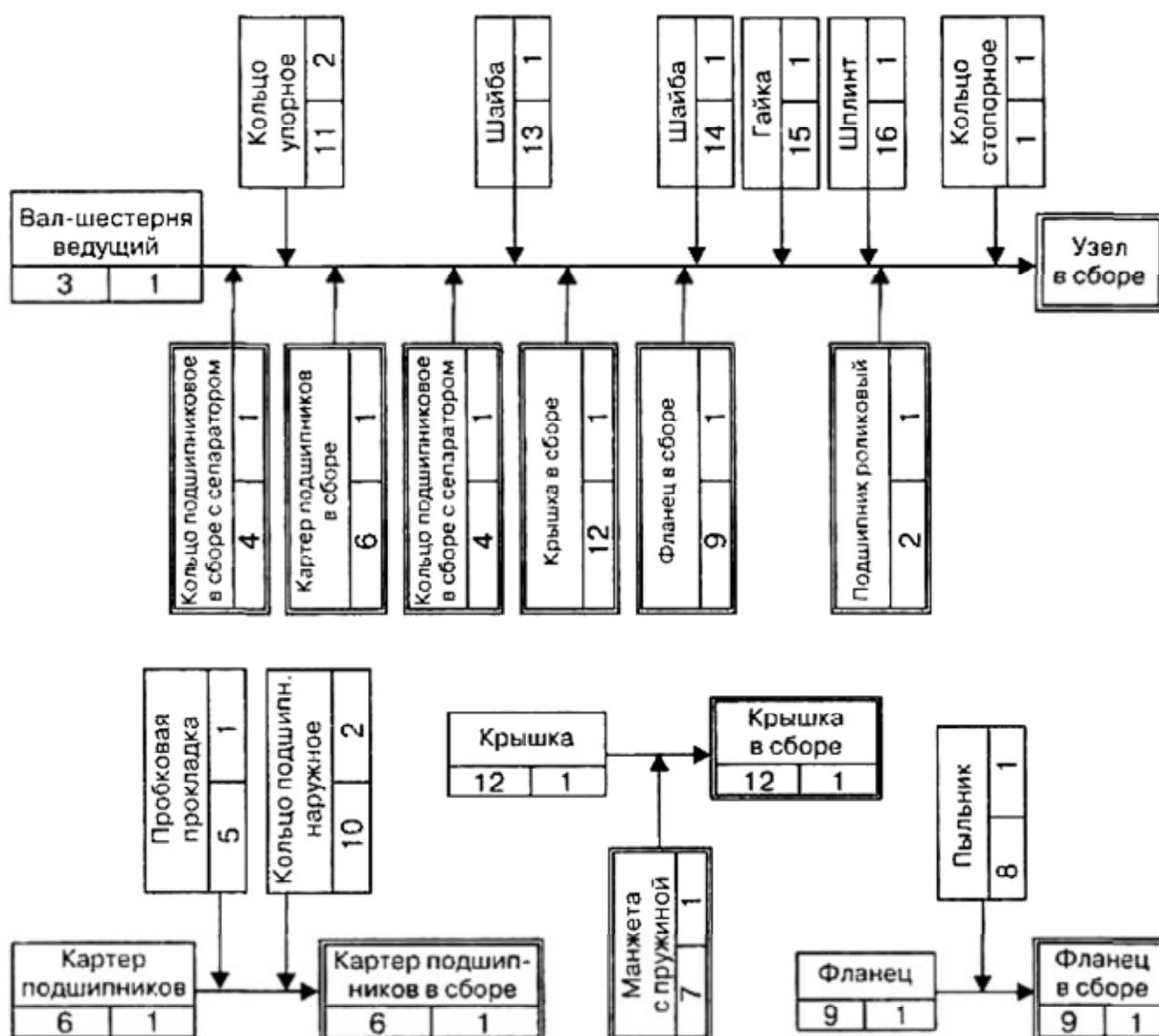


Рис.6 Схема технологического процесса сборки

### 2.18 Лабораторная работа № 18 (2 часа).

Тема: «Расчет технико-экономических показателей технологического процесса (коэффициент загрузки станка, коэффициент использования оборудования по основному времени и др.)»

**2.18.1 Цель работы:** Ознакомится с методикой расчета технико-экономических показателей технологического процесса

**2.18.2 Задачи работы:** Научится определять коэффициент загрузки станка, коэффициент использования оборудования по основному времени и др

#### 2.18.3 Описание (ход) работы:

1. Определение потребного количества оборудования и построение графиков загрузки

Правильный выбор оборудования определяет его рациональное использование во времени, т.е. необходимо выбрать станки по их производительности таким образом, чтобы исключить их простой. С этой целью определяют критерии, показывающие степень использования каждого станка в отдельности и всех вместе по разработанному технологическому процессу.

Расчетное количество станков определяется как отношение штучного времени на данную операцию  $T_{шт}$  к такту выпуска  $t_b$ :

$$m_p = \frac{T_{шт}}{t_b}$$
$$t_b = 1,65$$

Для токарной обработки  $T_{шт} = 7,67$  мин

$$m_p = \frac{7,67}{1,65} = 4,65$$

Принимаем 5 токарно-винторезных станков 1А616.

Для шлифовальной обработки  $T_{шт} = 0,87$  мин

$$m_p = \frac{0,87}{1,65} = 0,53$$

Принимаем 1 шлифовальный станок 3Б153.

Подсчитываем коэффициент загрузки станка:

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n}$$

Использование станка при точении:  $\eta_z = 0,93$

Использование станка при шлифовании:  $\eta_z = 0,53$

Определяем коэффициент использования станка по основному времени:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт}}$$

Для токарного станка  $T_o = 1,87$  мин;  $\eta_o = 0,24$ .

Для шлифовального станка  $T_o = 0,049$  мин;  $\eta_o = 0,06$ .

$\eta_o$  свидетельствует о доле машинного времени в общем времени работы станка.

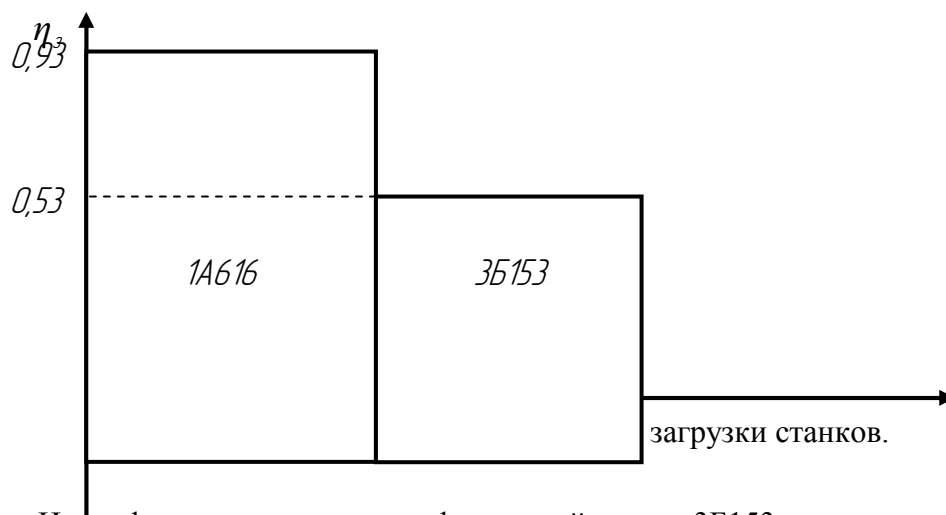
Коэффициент использования оборудования по мощности привода  $\eta_M$  представляет собой отношение необходимой мощности на приводе станка к мощности установленного электрооборудования, электродвигателя

$$\eta_M = \frac{N_p}{N_n}$$

Для токарной обработки  $N_p = 4,4$  кВт,  $N_n = 4,5$  кВт;  $\eta_M = 0,98$ .

Для шлифовальной обработки  $N_p = 3,9$  кВт,  $N_n = 5,5$  кВт,  $\eta_M = 0,71$ .

Графики служат наиболее наглядным способом оценки технико-экономической эффективности разработанного технологического процесса.



Из графика следует, что шлифовальный станок 3Б153 загружен всего на 53%. Поэтому его можно применять также для других работ не связанных с изготовлением данной детали.

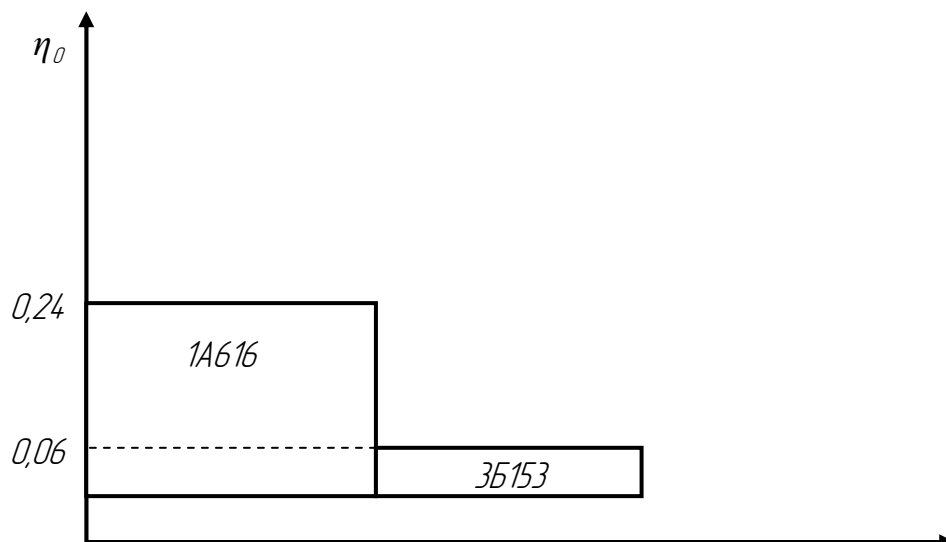
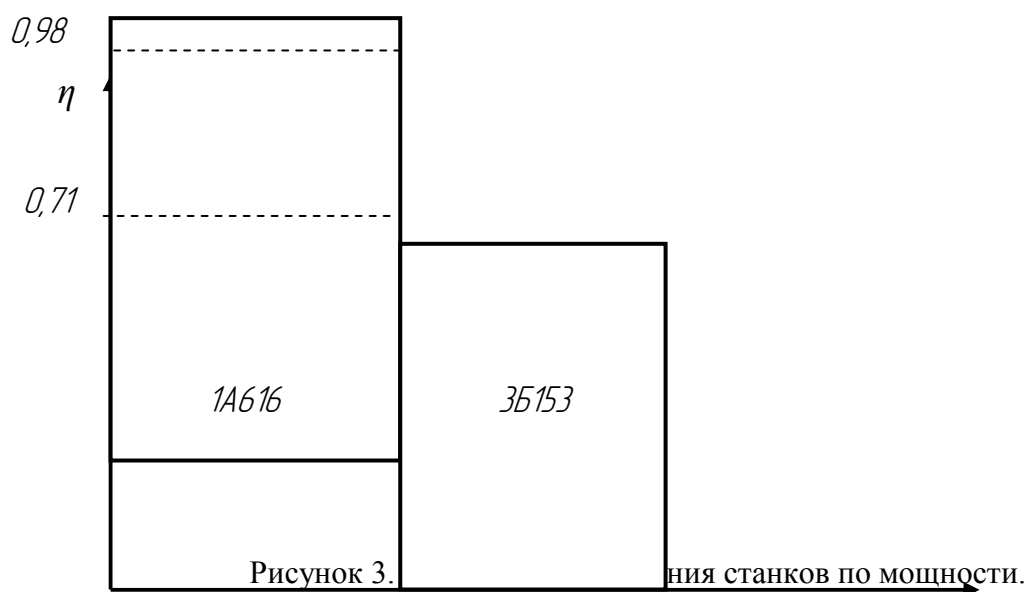


Рисунок 2. График использования станков по основному времени.



Из графика видно, что использование токарно-винторезного станка 1А616 по основному времени в 4 раза больше чем шлифовального станка 3Б153.



Из графика видно, что предполагается практически полностью использовать мощность станков.