

Федеральное агентство по образованию РФ  
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УНР  
Е.С. Астапова

\_\_\_\_\_ подпись, И.О.Ф

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности: **08050** – «Экономика и управление в машиностроении»

Факультет *инженерно - физический*

Кафедра *физического материаловедения и лазерных технологий*

Составитель – канд. техн. наук, ст. преподаватель А.В. Козырь

Благовещенск  
2007 г.

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
инженерно-физического факультета  
Амурского государственного  
университета

А.В. Козырь

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов очной формы обучения специальности: 080502 – «Экономика и управление в машиностроении». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 119 с.

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной формы обучения по специальности: 080502 – «Экономика и управление в машиностроении» в формировании знаний и развития экономических аспектов специальности в сфере машиностроительного производства. Программа предусматривает изучение студентами основ “Технологии машиностроения”, возможностей повышения производительности производственных процессов и снижения себестоимости продукции.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Рабочая программа дисциплины	4
2. График самостоятельной работы студентов	11
3. Конспект лекций	17
4. Лабораторные работы	90
4. Практические занятия	103
5. Задания для проверки остаточных знаний	119

Федеральное агентство по образованию РФ  
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УНР  
Е.С. Астапова

\_\_\_\_\_ подпись, И.О.Ф

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине *Технология машиностроения*

для специальности **080502**

Курс 2 Семестр 3, 4

Лекции 72 (час.) Экзамен – 3,4 семестр

Практич. (семинарские) занятия 36 (час.)

Лабораторные занятия – 36 (час)

Самостоятельная работа 144 (час.)

Всего часов -288

Составитель к.т.н., ст. преподаватель Козырь А.В.

Факультет *инженерно - физический*

Кафедра *физического материаловедения и лазерных технологий*

2006 г.

Рабочая программа составлена на основании авторских разработок  
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физического  
материаловедения и лазерных технологий

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.ф.-м.н. Астапова  
Е.С.

Рабочая программа одобрена на заседании УМС \_\_\_\_\_  
(наименование специальности)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель \_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры от \_\_\_\_\_  
протокол № \_\_\_\_\_ .

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись \_\_\_\_\_ Ф.И.О. \_\_\_\_\_

СОГЛАСОВАНО  
Начальник УМУ

\_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО  
Председатель УМС факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий выпускающей  
кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Цель курса:

1.изучить теоретические основы машиностроительного производства с использованием лабораторного практикума;

2.сформировать умения и навыки расчетов себестоимости продукции и повышения производительности производственных процессов.

Преподавание курса связано с другими курсами государственного образовательного стандарта: “Машины и оборудование машиностроительного производства”, Материаловедение”.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тематический план лекционных занятий

<i>5 семестр</i>	
<b>Наименование темы</b>	<b>Кол-во часов</b>
1. Общие представления о машиностроительном производстве	2
2. Технологический процесс и его составные части.	2
3. Техническая документация технологического процесса	2
4. Виды заготовок. Способы их получения	3
5. Типы производства	2
6. Показатели ТКИ	2
7. Нормирование технологических операций	3
8. Показатели точности в машиностроении	3
9. Статистические методы исследования точности обработки и определения суммарной погрешности	3
10. Расчетно-аналитический метод определения суммарной погрешности. Экономическая точность обработки.	2
11. Погрешности механической обработки	4
12. Припуски, допуски, посадки	4
13. Базирование и базы в машиностроении	4
<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>
<i>6 семестр</i>	
1. Шероховатость поверхности	4
2. Технология обработки наружных поверхностей вращения.	3
3. Технология обработки внутренних поверхностей вращения	3
4. Технология обработки плоских поверхностей	4
5. Технология обработки фасонных поверхностей	2
6. Технология обработки резьбовых поверхностей	4
7. Технология обработки зубьев зубчатых колес	6
8. Технология обработки шпоночных и шлицевых соединений	3
9. Смазочно-охлаждающие технологические средства	4
10. Приспособления в технологическом производстве	3
<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>

### **1. Общие представления о машиностроительном производстве.**

Определение понятия “технология машиностроения”. Области производства технологии машиностроения. Понятие изделия. Изделия основного производства и вспомогательного. Четыре вида изделий. Понятия детали и узла. Производственный процесс и производственная структура.

### **2. Технологический процесс и его составные части**

Определение технологического процесса, технологической операции. Основные понятия ТП: установ, позиция, технологический переход, прием, вспомогательный переход, рабочий ход, вспомогательный ход, наладка и т.д. Средства технологического оснащения. Технологическое оборудование. Характеристики технологического процесса. Формы организации технологических процессов. Виды технологических процессов: групповой, поточный, единичный, типовой, групповой, рабочий, перспективный, маршрутный, операционный, маршрутно-операционный. Классификация поточного производства.

### **3. Техническая документация технологического процесса**

Последовательность проектирования технологических процессов изготовления машин, – основные этапы. Исходные данные для проектирования ТП. Технологическая документация, сопровождающая любое ТП. Технологическая классификация деталей.

### **4. Виды заготовок. Способы их получения.**

Характеристика основных методов получения заготовок. Показатели, характеризующие Точность отливки. Номенклатура норм точности отливок и масс. Показатели, влияющие на выбор заготовки. Сравнение возможных вариантов получения заготовок.

### **5. Типы производства**

Коэффициент закрепления операций. Единичное производство. Массовое производство. Серийное производство. Основные признаки производств.

### **6. Показатели ТКИ**

Технологичность. Характеристика технологичности изделия. Виды технологичности. Основные показатели ТКИ. Требования к технологичности формы детали.

### **7. Нормирование технологических операций**

Норма времени, норма выработки, технически обоснованная норма времени. Методы, используемые для определения затрат рабочего времени. Структура технически обоснованной нормы времени. Норма штучного времени Техническая норма. Порядок расчета норм времени. Способы сокращения элементов времен. Вспомогательное время.

### **8. Показатели точности в машиностроении**

Точность в технологии машиностроения. Параметры (показатели) точности детали. Система СПИД. Входные параметры системы СПИД. Выходными параметрами системы СПИД. Управление технологическими процессами. Технологическая наследственность. Виды элементарных погрешностей обработки по воздействию на технологическую систему.

## **9. Статистические методы исследования точности обработки и определения суммарной погрешности**

Систематические и случайные погрешности. Закон нормального распределения, кривая распределения Гаусса. Метод больших и малых выборок, точечных диаграмм.

## **10. Расчетно-аналитический метод определения суммарной погрешности. Экономическая точность обработки.**

Сущность расчетно-аналитического метода. Зависимость трудоемкости и себестоимости изготовления от погрешности обработки детали.

## **11. Погрешности механической обработки**

Методы обеспечения точности детали. Упругие деформации технологической системы. Жесткость и податливость упругой системы СПИД. Методы определения жесткости металлорежущих станков. Износ режущего инструмента. Тепловые деформации системы СПИД.

## **12. Припуски, допуски, посадки**

Припуск. Припуски операционный, промежуточный, общий. Роль припусков при разработке технологических процессов изготовления деталей. Симметричные и асимметричные припуски. Методы определения припусков на обработку. Допуски. Номинальный размер. Действительный размер. Значение допуска на припуск. Качество. Посадки. Способы указания посадок.

## **13. Базирование и базы в машиностроении**

Основные положения теории базирования. Виды баз. Схемы базирования. Применение дополнительных баз и опорных точек. Выбор баз. Основные принципы выбора технологических баз.

*6 семестр*

## **1. Шероховатость поверхности**

Критерии качества поверхностного слоя. Реальная поверхность. Номинальная поверхность. Шероховатость. Основные параметры шероховатости поверхности. Базовая длина. Отклонение профиля. Обозначение шероховатости на чертежах. Факторы, влияющие на качество обрабатываемой поверхности: влияние технологических факторов на величину шероховатости, влияние технологических факторов на физико-механические свойства ПС.

## **2. Обработка наружных поверхностей вращения**

Классификация деталей. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей. Точение. Токарные резцы. Обработка на токарно-карусельных станках. Схемы точения цилиндрических поверхностей на токарно-карусельных станках. Обработка на токарно-револьверных станках. Обработка на токарных многолезцовых станках и копировальных полуавтоматах. Технологические процессы изготовления гладких валов и ступенчатых валов и осей в зависимости от типа производства. Фрезерование и протягивание. Контурное фрезерование. Протягивание. Чистовая и тонкая обработка. Шлифование. Схема наружного шлифования деталей типа тел вращения. Бесцентровое круглое шлифование. Схема бесцентрового круглого шлифования. Отделочная обработка. Хонингование. Суперфиниширование. Ультрафиниш.

Доводка. Тонкая притирка. Полирование. Обработка абразивной струей.

### **3. Технология обработки внутренних поверхностей вращения**

Классификация деталей. Обработка отверстий лезвийным инструментом. Сверление, растачивание, развертывание, зенкерование, протягивание. Режимы резания. Основное время. Обработка отверстий абразивным инструментом. Шлифование. Виды внутреннего шлифования. Хонингование. Притирка. Пробивка отверстий.

### **4. Технология обработки плоских поверхностей**

Фрезерование, протягивание, строгание. Режимы резания. Основное время. Виды фрезерования. Шабрение. Обработка плоских поверхностей абразивным инструментом. Шлифование. Полирование поверхностей. Схемы шлифования плоскостей. Доводка

### **5. Технология обработки фасонных поверхностей**

Обработка фасонным инструментом. Метод копирования. Обработка стандартным инструментом при использовании сочетаний движений подачи. Обработка по контуру. Обработка конусных поверхностей.

### **6. Технология обработки резьбовых поверхностей**

Нарезание резьбы плашками, гребенками, резцами. Резьбофрезерование. Обработка внутренней резьбы метчиками. Накатывание резьбы. Режимы. Основное время.

### **7. Технология обработки зубьев зубчатых колес**

Обработка зубьев зубчатых колес. Маршрут обработки одно- и много-венцовых зубчатых колес. Основные критерии, определявшие качество зубчатых колес при изготовлении. Выбор материала для точных колес. Методы нарезания зубчатых колес: метод копирования, метод обкатки и метод сочетания движения. Обработка зубьев цилиндрических зубчатых колес. Обработка на зуборезных станках. Обработка на зубодолбежных станках. Зуботочение цилиндрических зубчатых колес на зубофрезерных станках. Корректирование. Зубозакругление. Обработка шевронных зубчатых колес. Обработка конических зубчатых колес. Нарезание конических зубчатых колес с круговыми зубьями. Обработка деталей червячных пар (червяка и червячного колеса). Чистовая отделка зубьев зубчатых колес. Шевингование. Притирка зубьев зубчатых колес. Режимы обработки.

### **8. Технология обработки шпоночных и шлицевых соединений**

Виды шпоночных соединений. Последовательность фрезерования Т-образных пазов. Фрезерование шпоночных пазов в зависимости от их формы на ступенчатых валах. Способы получения шлицевых отверстий.

### **9. Смазочно-охлаждающие технологические средства**

Понятие СОЖ. Смазочно-охлаждающие вещества и среды. Способы подвода смазочно-охлаждающих средств при лезвийной обработке. Способы подачи СОЖ при шлифовании. Способы и устройства подготовки и очистки СОЖ.

### **10. Приспособления в технологическом производстве**

Понятие и назначение приспособлений. Основные элементы приспособлений. Станочные приспособления. Классификация приспособлений

по целевому назначению: станочные, сборочные, контрольные, для захвата, перемещения и переворота заготовок. Типы зажимных устройств. Требования к захватным приспособлениям. Классификация приспособлений по степени унификации и стандартизации.

### Лабораторные работы (5 семестр)

Наименование темы	Кол-во часов
1. Измерения линейных размеров методом непосредственной оценки	4
2. Измерение размеров и отклонений формы поверхности деталей машин гладким микрометром	4
3. Определение цены деления лимба подачи фрезерного и токарного станков	4
4. Определение погрешности установки инструмента на размер по установочному шаблону	6
5. Определение погрешности закрепления заготовки в трехкулачковом патроне	6
6. Определения коэффициента жесткости токарного станка	6
7. Исследование влияния пути и скорости резания на величину размерного износа	6
<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>

### Практические работы (6 семестр)

Наименование темы	Кол-во часов
1. Определение влияния режимов резания на шероховатость обрабатываемой поверхности	4
2. Расчет суммарной погрешности обработки	6
3. Обоснование метода получения заготовок	6
4. Расчет припусков	4
5. Расчет технологической себестоимости	6
6. Расчет режимов обработки и норм времени (точение)	4
Расчет режимов обработки и норм времени (сверление)	2
Расчет режимов обработки и норм времени (фрезерование)	2
7. Проверка знаний (тестирование)	2
<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>

## График самостоятельной работы студентов

Наименование темы	Кол-во часов	Форма контроля знаний
1. Подготовка к лабораторным работам	67	
2. Подготовка к практическим работам	52	
3. Разработка групповых технологических процессов	5	опрос
4. Основная и вспомогательная документация технологического процесса	8	опрос, тест
5. Автоматизация производства в машиностроении	6	опрос
6. Пути дальнейшего развития технологии машиностроения	6	опрос
<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	

### Литература

#### *Основная:*

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение. 2005
2. Мосталыгин Г.П. и др. Технология машиностроения. - М.: Машиностроение. 1990;
3. Технология машиностроения: Учебник для ВУЗов. / Под ред. А.В. Мухина, А.М. Дальского, Г.Н. Мельникова. – М.: изд. МВТУ им Н.Э. Баумана, 1998. Т.1 – 360 с, 2001. Т.2 – 350 с
4. Справочник Технолога - машиностроителя. В 2-х томах / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещеряковой. 4-е изд. М.: Машиностроение, 1988. – Т.1. – 656с.; - Т.2. – 496 с.
5. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для ВУЗов. М.: Высшая школа, 2001.-592 с.

#### *Дополнительная:*

6. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учебн. пособие для машиностроит. вузов. / В.И. Аверченко и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.; ил.
7. Общемашиностроительные нормативы времени режимов резания и норм времени. - М.: Машгиз. 1959
8. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения. - М.: Машиностроение.

1976

9. Горошкин А.И. Приспособление для металлорежущих станков. Справочник. – М.: Машгиз. 1971
10. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочные приспособления. – М.: Высшая школа, 2001
11. Анурьев В.Н. Справочник конструктора - машиностроителя. - М.: Машиностроение 1978
12. Сибикин М.Ю. Технологическое оборудование: Учебник. – М.: Форум: ИНФРА – М, 2005. – 400 с.
13. Справочник металлиста. Под ред. Д.Н. Мелова.- М.: Машиностроение (в 6-ти томах). 1977
14. Основы технологии машиностроения. Под ред. Б.С. Корсакова. - М.: Машиностроение. 1977
15. Косовский В.Л. Справочник фрезеровщика. М.: Высш. школа, 2001.
16. Фомин С.Ф. Справочник мастера токарного участка – М.: Машгиз, 1960, 259с

#### **Технические средства обучения дисциплины.**

1. Токарно - винторезный станок 1М61;
2. Вертикально - сверлильный станок 135Н;
3. Горизонтально - фрезерный станок НТФ;
4. Набор металлорежущего и измерительного инструмента.

#### **Методические средства обучения дисциплины**

1. Плакаты
2. Фото
3. Паспорт с техническими характеристиками каждого технического средства.
4. Комплект лабораторных работ.
5. Комплект практических занятий.

#### **Вопросы к экзамену (5 семестр)**

1. Понятие технологии машиностроения как науки. Понятия: изделие, деталь, узел, элементы узла. Виды изделия.
2. Структура производства. Производственный процесс. Технологический процесс, технологическое оборудование.
3. Основные характеристики технологического процесса.
4. Виды технологических процессов.
5. Исходные данные и для проектирования технологических процессов.

6. Формы организации технологических процессов. Виды технологических процессов.
7. Последовательность проектирования технологических процессов изготовления машин.
8. Технологическая классификация деталей.
9. Основные показатели ТКИ. Виды технологичности: Требования к технологичности формы детали.
10. Типы производства: единичное, массовое.
11. Типы производства: серийное.
12. Номенклатура норм точности отливок и масс. Показатели, влияющие на выбор заготовки.
13. Сравнение возможных вариантов получения заготовки.
14. Понятия: норма времени, норма выработки, технически обоснованная норма времени. Методы определения затрат рабочего времени.
15. Структура технически обоснованной нормы времени.
16. Способы сокращения элементов времени Порядок расчета норм времени.
17. Роль припусков при разработке технологических процессов изготовления деталей. Симметричные и ассиметричные припуски.
18. Методы определения припусков на обработку. Минимальный промежуточный припуск. Общий припуск.
19. Допуски. Значение допуска на припуск.
20. Качество. Посадки. Группы посадок. На чертежах. Допуски в системе вала и отверстия.
21. Обозначения предельных отклонений и посадок на чертежах.
22. База, базирование, опорные точки, комплект баз.
23. Условные обозначения опорных точек: скрытые и явные базы.
24. Применение дополнительных баз и опорных точек. Основные принципы выбора технологических баз.
25. Показатели точности детали, структурная модель многофакторной технологической системы механической обработки.
26. Технологическая наследственность: структурная модель, виды элементарных погрешностей, воздействующих на систему СПИД.
27. Методы обеспечения точности детали заданной чертежом на производстве.
28. Упругие деформации технологической системы.
29. Износ режущего инструмента.
30. Тепловые деформации системы СПИД.

### **Вопросы к экзамену (6 семестр)**

1. Технология обработки плоских поверхностей. Строгание, протягивание, шабрение. Сущность методов. Преимущества и недостатки методов.
2. Технология обработки плоских поверхностей фрезерованием. Конструктивные элементы фрез. Основные элементы режима фрезерования.
3. Технология обработки плоских поверхностей фрезерованием. Виды фрезерования. Основное время.

- 4.Технология обработки фасонных поверхностей. Обработка фасонным инструментом. Обработка по разметке. Обработка по копиру.
- 5.Элементы профиля резьбы. Обозначение резьб на чертежах.
- 6.Технология обработки резьбовых поверхностей. Профили метрической, трубной, дюймовой резьб.
- 7.Технология обработки резьбовых поверхностей. Нарезание внешней резьбы лезвийным инструментом. Достоинства и недостатки применяемых способов и методов.
- 8.Технология обработки резьбовых поверхностей. Нарезание внутренней резьбы лезвийным инструментом. Применяемое оборудование.
- 9.Технология обработки резьбовых поверхностей. Фрезерование резьбы.
- 10.Технология обработки резьбовых поверхностей. Шлифование резьбы. Способы шлифования резьбы. Оборудование.
- 11.Технология обработки резьбовых поверхностей. Накатывание резьбы. Способы накатывания резьбы. Оборудование.
- 12.Технология обработки зубьев зубчатых колес. Классификация зубчатых передач. Виды и назначение зубчатых передач. Типовые конструкции зубчатых колес.
- 13.Технология обработки зубьев зубчатых колес. Технические требования к зубчатым колесам. Основные характеристики зубчатых колес.
- 14.Технология обработки зубьев зубчатых колес. Зубофрезерование, зубодолбление. Сущность методов. Оборудование.
- 15.Технология обработки зубьев зубчатых колес. Зубострогание, зуботочение. Основное время при нарезании зубчатых колес дисковой и червячной фрезой.
- 16.Технология обработки зубьев зубчатых колес. Накатывание зубчатых колес. Сущность методов. Преимущества перед обработкой резанием.
- 17.Технология обработки зубьев зубчатых колес. Зубоотделочная обработка: шевингование; хонингование. Оборудование.
- 18.Технология обработки зубьев зубчатых колес. Зубоотделочная обработка: шлифование способом копирования и обкаткой. Сущность способов.
- 19.Технология обработки шпоночных поверхностей. Назначение. Типы шпоночных соединений.
- 20.Технология обработки шпоночных поверхностей. Способы фрезерования шпоночных пазов. Последовательность фрезерования Т-образных пазов.
- 21.Технология обработки шлицевых соединений. Назначение. Типы шлицевых соединений. Преимущества эвольвентных соединений.
- 22.Технология обработки шлицевых соединений. Способы обработки шлицевых поверхностей на валах и в отверстиях. Применяемое оборудование.
- 23.Технология шлифования наружных поверхностей деталей типа тел вращения. Сущность шлифования с продольным движением подачи, врезного, глубинного. Достоинства и недостатки методов.
- 24.Технология шлифования наружных поверхностей деталей типа тел вращения. Сущность бесцентрового проходного и врезного шлифования. Формы обрабатываемых заготовок.

- 25.Технология отделочной обработки. Суперфиниширование, ультрафиниширование. Назначение. Сущность методов.
- 26.Технология отделочной обработки. Полирование, тонкая притирка. Обработка абразивной струей. Назначение. Сущность методов.
- 27.Технология шлифования внутренних цилиндрических поверхностей. Шлифования во вращающейся заготовке, планетарного, бесцентрового. Назначение. Сущность методов. Оборудование.
- 28.Технология шлифования внутренних цилиндрических поверхностей. Хонингование. Назначение. Сущность метода. Оборудование.
- 29.Технология шлифования плоских поверхностей. Способы шлифования периферией круга. Преимущества шлифования перед обработкой лезвийным инструментом.
- 30.Приспособления. Назначение. Основные элементы приспособлений. Предъявляемые требования к приспособлениям.
- 31.Приспособления. Классификация приспособлений по целевому назначению.
- 32.Приспособления. Классификация приспособлений по степени унификации и стандартизации.
- 33.Критерии, определяющие выбор метода обработки поверхности в технологическом производстве. Рекомендуемая последовательность выбора методов обработки поверхностей.
- 34.Варианты обработки отверстия, полученного литьем. Критерии, влияющие на выбор варианта обработки.
- 35.Проектирование технологического маршрута обработки заготовки.
- 36.Классификация смазочно-охлаждающих технологических средств. Способы и устройства подготовки и очистки СОЖ.
- 37.Способы подвода смазочно-охлаждающих средств при лезвийной обработке.
- 38.Способы подачи смазочно-охлаждающих средств при шлифовании.

### **Критерии оценки при сдаче экзамена**

1. К сдаче экзамена допускаются студенты:
  - посетившие все лекционные, лабораторные и практические занятия данного курса;
  - защитившие лабораторные работы;
  - выполнившие все работы по промежуточному контролю знаний на положительную оценку.

При наличии пропусков и неудовлетворительных оценок темы пропущенных занятий должны быть отработаны. Программные вопросы к экзамену доводятся до сведения студентов за месяц до зачета.

2. Критерии оценки:

Оценка «отлично» – ставиться при 80-100 % правильных ответов на зачете и наличии всех защищенных лабораторных работ.

Оценка «хорошо» – ставиться при 70-80 % правильных ответов на зачете и наличии всех защищенных лабораторных работ.

Оценка «удовлетворительно» – ставиться при 50-60 % правильных ответов на зачете и наличии всех защищенных лабораторных работ.

Оценка «неудовлетворительно» - ставиться при 30-40 % правильных ответов на зачете и отсутствии всех защищенных лабораторных работ.

## Лекции (краткое содержание), 5 семестр

### Тема: **ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ПОНЯТИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА.**

**Технология машиностроения** — наука, занимающаяся изучением закономерностей процессов изготовления машин, с целью использования этих закономерностей для обеспечения выпуска машин заданного качества, в установленном производственной программой количестве и при наименьших народнохозяйственных затратах.

К технологии машиностроения относятся следующие области производства:

- технология литья;
- технология обработки давлением;
- технология сварки;
- технология механической обработки;
- технология сборки машин.

Т. Е. технология машиностроения охватывает все этапы процесса изготовления машиностроительной продукции.

**Изделием** называют любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделиями являются различные машины, механизмы, агрегаты и отдельные детали. Например, для станкостроительного завода изделием 170-рячется станок, для электромеханического — электродвигатель, для подшипникового — подшипник, для инструментального — калибр и т. Д.

*Изделия основного производства* – изделия, изготовленные для поставки (реализации) и для собственных нужд предприятия.

*Изделиями вспомогательного производства* – если предприятия (объединения) изготавливают изделия только для собственных нужд.

В зависимости от наличия или отсутствия в изделиях составных частей, изделия подразделяются следующим образом:

- неспецифицированные (детали) — не имеющие составных частей;
- специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты), состоящие из двух и более частей.

1. Детали – изделия, изготовленные из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

2. Сборочные единицы – изделия, составные части которых подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе путем сборочных операций.

3. Комплексы – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

4. Комплекты – два и более изделия, не соединенных на предприятии-

изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, которые имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

*Деталь* – первичный элемент изделия, характеризующим признаком которого является отсутствие в нем разъемных и неразъемных соединений.

*Узел* – разъемное или неразъемное соединение составных частей изделий; характеризующим признаком узла с технологической точки зрения является возможность его сборки обособленно от других элементов изделия.

Различают подузлы первого, второго и других более высоких порядков. Подузел первого порядка входит непосредственно в состав узла. Подузел второго порядка входит в состав подузла первого порядка. Он расчленяется на детали или на подузлы (подузел) третьего порядка и детали и т. Д. Подузел наивысшего порядка расчленяется только на детали.

**Производственный процесс** – совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта продукции.

Состав цехов и служб предприятия с указанием связей между ними определяет *производственную структуру*. Элементарной единицей структуры предприятия является *рабочее место*. На рабочем месте размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование, часть конвейера, оснастка на ограниченное время и предметы труда.

*Производственный участок* представляет собой группы рабочих мест, организованных по предметному, технологическому или предметно-технологическому принципу. Совокупность производственных участков образует цех.

### ***Тема: СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ЕГО ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ***

**Технологический процесс** — часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) последующему определению состояния предмета труда;

**Технологическая операция** — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (или с использованием одной технологической системы).

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

**Позиция** – это зафиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой и собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

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

**Прием** – законченная совокупность действий человека, применяемых

при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

**Вспомогательный переход** — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхности, но необходимы для выполнения технологического перехода.

**Рабочий ход** — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки.

**Вспомогательный ход** — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, но необходимая для выполнения рабочего хода.

**Позиция** — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

**Наладка** — подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

К наладке относится установка приспособления на станке, установка на размер комплекта режущего инструмента и т. Д.

**Средства технологического оснащения** — совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса.

**Технологическое оборудование** — это средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещают материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическую оснастку.

### *Характеристики технологического процесса*

Стандарты ЕСТД устанавливают следующие основные характеристики технологических процессов:

- цикл технологической операции;
- такт выпуска;
- ритм выпуска;
- норма времени;
- норма выработки;
- штучное время;
- технологическая себестоимость изготовления детали по всем 19орядкам технологического процесса (цеховая себестоимость)

$$C_{об} = L + Z,$$

где  $L$  — основная заработная плата производственных рабочих;  $Z$  — сумма всех остальных цеховых расходов.

### *Формы организации технологических процессов*

В соответствии со стандартами СРПП устанавливаются две формы организа-

ции технологических процессов:

**Групповая форма** — это форма организации производства, характеризующаяся совместным изготовлением или ремонтом групп изделий различной конфигурации на специализированных рабочих местах.

По результатам анализа классификационных групп изделий и показателей относительной трудоемкости устанавливается профиль специализации каждого структурного подразделения (цеха, участка) и т. Д.

$$K_{gi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k_0} t_{um.i}}{K_B r_i},$$

$K_{gi}$  - показатель относительной трудоемкости;  $t_{um.i}$  - штучное время  $i$ -й детали операции, нормо-минуты;  $k_0$  - число операций;  $K_B$  - средний коэффициент выполнения норм времени;  $r_i = \frac{F_p \cdot 60}{N_i}$  - такт производства  $i$ -го изделия, мин;  $F_p$  - фонд времени в планируемый период, ч;  $N_i$  - программа выпуска изделия в планируемый период, шт.

**Поточная организация** производства характеризуется расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса с определенным интервалом выпуска деталей.

Основным элементом поточного производства является поточная линия, на которой расположены рабочие места.

#### *Классификация поточного производства*

1. Существуют две формы организации поточного производства:
  - непрерывно-поточная;
  - прерывно-поточная (прямоточная).
2. В зависимости от номенклатуры одновременно изготавливаемых изделий, поточные линии подразделяют на:
  - одно номенклатурную поточную линию;
  - много номенклатурную поточную линию.

Примеры способов расположения оборудования в поточных линиях показаны на рис. 1.2.

По степени унификации различают следующие виды технологических процессов:

**Единичный технологический процесс** — технологический процесс, относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа.

**Типовой технологический процесс** — технологический процесс, характеризующийся единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками.

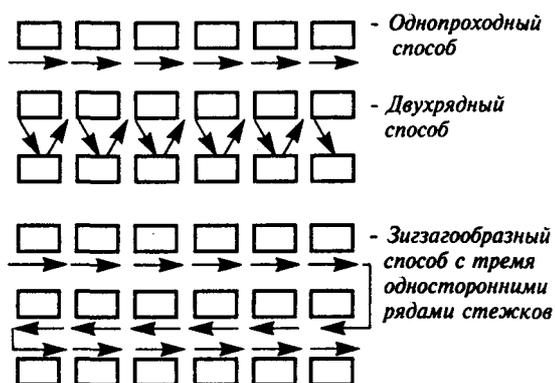


Рис. 1.2. Способы расположения оборудования в поточных линиях

### **Виды технологических процессов**

**Групповой технологический процесс** — технологический процесс, характеризующийся единством методов обработки с использованием однородных и быстро перенастраиваемых приспособлений для групп изделий даже с разными конструктивными признаками.

**Рабочий технологический процесс** — технологический процесс, выполняемый по рабочей и (или) конструкторской документации (применяется для изготовления в соответствии с требованиями рабочей технической документации).

**Перспективный технологический процесс** — технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии (используются как информационная основа для разработки рабочих технологических процессов при техническом и организационном перевооружении производства; рассчитан на применение более совершенных методов обработки, более производительных и экономически эффективных средств технологического оснащения и изменения принципов организации производства).

**Маршрутный технологический процесс** — технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций приводится без указания переходов и режимов обработки (технологический маршрут — последовательность прохождения заготовки, детали или сборочной единицы по подразделениям предприятия при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта).

**Операционный технологический процесс** — технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки.

**Маршрутно-операционный технологический процесс** — технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

*Тема: ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ*

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.**

### ***Последовательность проектирования технологических процессов изготовления машин***

Исходные данные для проектирования технологических процессов:

- описание машины, подлежащей изготовлению, с четким определением ее служебного назначения;
- технические условия и нормы, определяющие служебное назначение машины; чертежи сборочных единиц и деталей машин;
- общее число машин, планируемое к выпуску в единицу времени (год, квартал, месяц);
- условия, в которых будет осуществляться изготовление машины (проектируемый или действующий завод, возможности использования имеющихся средств технологического оснащения, а также целесообразность приобретения или изготовления этих средств и др.);
- местонахождение завода (играет немаловажную роль в решении вопросов по специализации и кооперированию, снабжению и др.);
- наличие и перспективы подготовки кадров;
- плановые сроки подготовки и освоения новой машины и организации ее выпуска.

Наличие перечисленных исходных данных позволяет приступить к проектированию технологических процессов в приведенной ниже последовательности:

1. Осуществляется ознакомление со служебным назначением машины, а также изучение ее производительность, КПД и др. параметры, что позволяет оценить соответствие установленных ограничений требованиям, которые обеспечивают служебное назначение машины.

2. Устанавливается объем выпуска машины, ее сборочных единиц и деталей, что дает возможность определить тип производства. Есть возможность добавления оборудования для повышения коэффициента использования всего оборудования, что увеличит намеченный выпуск машин и улучшит технико-экономические показатели продукции.

3. Производится анализ чертежей машины, сборочных единиц деталей для установления исполнительных поверхностей деталей и сборочных единиц и их взаимосвязи. Выделяются основные и вспомогательные базы. Составляются схемы размерных цепей, вносятся поправки; намечается последовательность сборки машин и ее сборочных единиц. Рассчитываются припуски и допуски.

4. Осуществляется проектирование технологических процессов сборки машин и ее сборочных единиц.

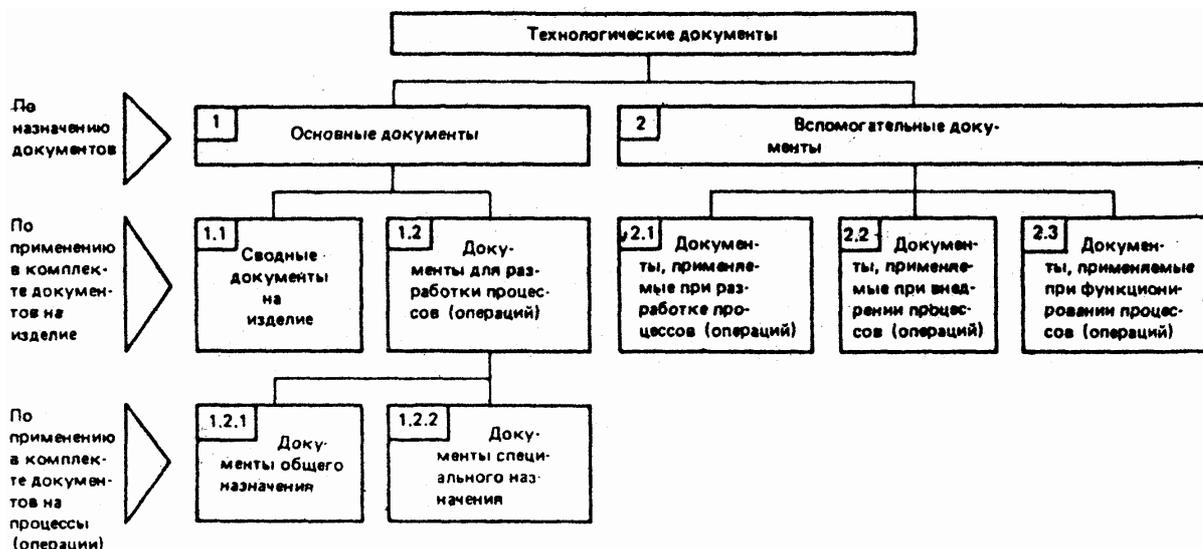
5. Выбираются исходные заготовки и методы их изготовления.

6. Проектируются и изготавливаются средства технологического оснащения.

7. Внедряются технологические процессы изготовления машин в

производство; в эти процессы вносятся коррективы для исправления погрешностей, обнаруженных во время внедрения.

В соответствии с принятыми в ЕСТД понятиями, приведем перечень технологической документации, которая должна сопровождать любое технологическое производство



### **Технологическая классификация деталей**

При классификации деталей по конструктивным характеристикам берут за основу следующие основные признаки: геометрическую форму; функциональный, параметрический, конструктивный признаки; служебное назначение, наименование.

В соответствии с ЕСКД на все детали машиностроения и приборостроения установлены шесть классов: 71, 72, 73, 74, 75, 76. Основным признаком деления (кроме класса 76) является геометрическая форма. Классы деталей содержат следующую номенклатуру:

- класс 71 — тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, штоков и др. В этом классе детали делятся на три диапазона по соотношению длины детали  $L$  к наибольшему наружному диаметру  $D$ :  $L \leq 0,5D$ ;  $0,5D < L < 2D$ ;  $L > 2D$ . Это позволяет детали типа дисков, колец, фланцев, шкивов отделить от деталей типа втулок, стаканов, пальцев и деталей типа валов, шпинделей, осей, штоков и т. П.;
- класс 72 – тела вращения с элементами зубчатого зацепления; трубы, шланги, сегменты и т. П.; изогнутые из листов, полос и лент; аэрогидродинамические, корпусные, опорные; емкостные; подшипников;
- класс 73 — не тела вращения: корпусные, опорные, емкостные;
- класс 74 — не тела вращения: плоскостные, рычажные, грузовые, тяговые, аэрогидродинамические; изогнутые из листов, полос, лент; профильные и т. П.;

- класс 75 — тела вращения и (или) не тела вращения: кулачковые, карданные; с элементами зацепления, арматура; пружинные, ручки, крепежные и др.;
- класс 76 — детали технологической оснастки, выполняющие самостоятельные функции (сверла, метчики, пластины режущие, матрицы, пуансоны и т. Д.).

В основу технологической классификации положены следующие основные признаки классификации деталей: размерная характеристика, группа материалов, вид деталей по технологическому методу изготовления, вид исходной заготовки, качество, параметр шероховатости, технологические требования, характеристика термической обработки, толщина покрытия, поверхность покрытия, характеристика толщины, площадь формирования, дополнительная характеристика, характеристика массы и др.

**Тема: ВИДЫ ЗАГОТОВОК. СПОСОБЫ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ.**

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.

Согласно ГОСТ 2664 — 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).

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

1. класс размерной точности;
2. степень коробления;
3. степень точности поверхностей;
4. класс точности массы;
5. допуск смещения отливки.

**Номенклатура норм точности отливок и масс**

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. Например:

*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 – 31,5 – 1,35 – 24,85 ГОСТ 26645 – 85.*

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии напусков соответствующие величины обозначают «0». Например:

*Масса 20,35 – 0 – 0 – 20,35 ГОСТ 26645 – 85.*

**Показатели, влияющие на выбор заготовки:** назначение детали, 250-материал, технические условия, объем выпуска и тип производства, тип и конструкция детали; размеры детали и оборудования, на котором они изготавливаются; экономичность изготовления заготовки, выбранной по предыдущим показателям. Все эти показатели должны учитываться одновременно, так как они тесно связаны. Окончательное решение принимают на основании экономического расчета с учетом стоимости метода получения заготовки и механической обработки.

Упрощенное **сравнение возможных вариантов получения заготовки** предполагает два этапа:

3. Сравнение методов получения заготовки по коэффициенту использования материала:

$$K_{и.м.} = \frac{G_d}{G_z},$$

где  $G_d$  — масса детали, кг;  $G_z$  — масса заготовки, кг.

Чем выше значение коэффициента, тем технологичнее конструкция заготовки и ниже ее себестоимость.

4. Трудоемкость изготовления детали для нового варианта:

$$t_u = t_0 \sqrt{\left(\frac{G_n}{G_0}\right)}$$

где  $t_0$  — трудоемкость изготовления детали по базовому варианту, нормо-ч., или норма штучного времени, мин.;  $G_n$   $G_0$  — масса заготовки, кг при при новом и базовом варианте.

3. Сравнение по себестоимости изготовления детали.

В структуре себестоимости затраты  $M_0$  на основные материалы и заработную плату  $Z_0$  основных рабочих составляют в машиностроении 80 %. Поэтому сравнение вариантов можно производить по этим двум статьям:

$$C = M_0 + Z_0$$

$M_0$  – стоимость основных материалов;  $Z_0$  – заработная плата основных рабочих.

Окончательный вывод о целесообразности того или иного варианта делают после сравнения суммарных приведенных затрат, рассчитываемых по уравнению:

$$W_{np} = C + E_n K$$

где  $C$  – себестоимость изготовления годового выпуска деталей;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности, равный 0,15;  $K$  – годовые капитальные вложения, руб.

Вариант, для которого данная сумма затрат будет наименьшей, считается оптимальным. При отсутствии дополнительных капитальных вложений определяют экономию по себестоимости:

$$\Delta C = (C_{\bar{o}} - C_n) \cdot N_{\Gamma}$$

где  $C_{\bar{o}}$  и  $C_n$  – себестоимость изготовления деталей из различных заготовок сравниваемых вариантов (базового и нового),  $N_{\Gamma}$  – годовой объем выпуска деталей, шт.

### **Тема: ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВ**

Типы производства: единичное; серийное; массовое. Одной из основных характеристик типа производства является *коэффициент закрепления операций* ( $K_{з.о.}$ ).

$K_{з.о.}$  — отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P},$$

где  $O$  — число различных операций;  $P$  — число рабочих мест, на которых выполняются различные операции.

*Объем выпуска изделий* — количество изделий определенных наименования, типоразмера и исполнения, изготовленных или ремонтируемых объединением, предприятием или его подразделением в течение планируемого интервала времени.

**Единичное производство** — производство, характеризуемое широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом выпуска изделий.

**Серийное производство** — производство, характеризуемое ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями выпуска.

***$K_{з.о.}$  в соответствии со стандартом принимают равным:***

- для мелкосерийного производства —  $20 < K_{з.о.} < 40$ ;
- для среднесерийного производства —  $10 < K_{з.о.} < 20$ ;
- для крупносерийного производства —  $1 < K_{з.о.} < 10$ .

### **Основные признаки серийного производства:**

- станки применяются разнообразных типов: универсальные, специализированные, специальные, автоматизированные;
- средняя квалификация рабочих ниже, чем в единичном;
- работа может производиться на настроенных станках;
- применяется и разметка, и специальные приспособления;
- сборка производится без пригонки и т. Д.

**Массовое производство** — производство, характеризуемое узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени.  $K_{з.о.} = 1$

### **Тема: НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ**

*Нормой времени* называют регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

*Нормой выработки  $H_v$*  называют регламентированный объем работы, который должен быть выполнен в единицу времени в определенных организационно-технических условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

*Технически обоснованная норма времени* выполнения технологической операции устанавливается инженерно-экономическими расчетами. Учитывают рациональные организационно-технические условия и эффективное использование средств технического оснащения и средств труда.

#### **Методы, используемые для определения затрат рабочего времени:**

1. Фотография рабочего времени
2. Хронометраж
3. Фотохронометраж

#### **Структура технически обоснованной нормы времени**

*Норма штучного времени* — это норма времени на выполнение объема работы, равной единице нормирования, на выполнение технологической операции.

*Техническая норма* — количество деталей, на которое устанавливается норма времени; количество изделий, на которое устанавливается норма расхода материала; число рабочих, на которое устанавливается норма выработки и т. Д.

Для неавтоматизированного производства норма штучного времени

$$T_{шт} = T_o + T_B + T_{об} + T_{л.п.} + T_{н.м.}$$

где  $T_o$  — основное время;  $T_B$  — вспомогательное время;  $T_{об}$  — время обслуживания рабочего места;  $T_{л.п.}$  — время на личные потребности;  $T_{н.м.}$  — время регламентированных перерывов в соответствии с технологией и 27орячье2727и27ей производственного процесса.

Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным

временем:

$$T_{он} = T_o + T_e$$

При изготовлении деталей и изделий партиями кроме нормы штучного времени устанавливают норму подготовительно-заключительного времени ( $T_{п.з.}$ ) на эту партию.

Штучно-калькуляционное время  $t_{ш.к.}$  определяется как сумма штучного и подготовительно-заключительного времени, отнесенного к одной детали:

$$T_{ш.к.} = \frac{T_{шт} + T_{п.з.}}{n_D}$$

где  $N_D$  — число деталей в партии.

Основное время  $T_o$  — часть штучного времени, затрачиваемого на изменение и (или) последующее определение состояния предмета труда.

Основное время может быть машинным, машинно-ручным и ручным.

Процесс резания осуществляют с помощью двух движений станка: главного движения и движения подачи.

*Главное движение* измеряют числом оборотов или двойных ходов детали или инструмента в минуту. При нормировании токарных, фрезерных и сверлильных работ за основу расчета принимают число оборотов шпинделя станка в минуту  $n$ , при нормировании строгальных работ — число двойных ходов в минуту, обозначаемое также  $n$ .

*Подачей*  $s$  называют длину перемещения режущего инструмента за один оборот шпинделя или один двойной ход относительно изготавливаемой детали (токарные, сверлильные, продольно-строгальные станки) или длину перемещения обрабатываемой детали относительно режущего инструмента (фрезерные, поперечно-строгальные станки). На фрезерных станках за единицу измерения принимают минутную подачу  $S_m$ , т. е. подачу за 1 мин, и подачу на один зуб многолезвийного инструмента  $s_z$ .

Толщина слоя металла, который необходимо снять при обработке поверхности, является припуском на обработку  $z$ . Этот припуск можно снимать за один или несколько рабочих ходов инструмента. Толщина снимаемого слоя за один или несколько рабочих ходов — *глубина резания*  $t$ .

Число рабочих ходов при обработке поверхности:

$$i = \frac{z}{t}$$

Основное время определяют на каждый переход, после чего время всех переходов операции суммируют. Основное время:

$$T_o = \frac{L}{S_m} \cdot i$$

где  $L$  — расчетная длина обработки в направлении подачи.

### **Порядок расчета норм времени.**

1. Назначают глубину резания с учетом режущих свойств инструмента, затем по нормативам устанавливают подачу, скорость резания и необходимую мощность.

2. По нормативам в зависимости от глубины, подачи и свойств обраба-

тываемого материала и режущего инструмента выбирают скорость резания инструмента  $v$ .

3. По формулам или таблицам нормативов определяют расчетное число оборотов шпинделя или число двойных ходов.

4. Определяют расчетную длину обработки  $L$ , а затем основное время обработки  $T_o$ .

5. По нормативам времени устанавливают вспомогательное время на операцию  $T_v$ .

6. По нормативам определяют время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, а по формуле — норму штучного времени  $T_{ш}$ .

7. По нормативам устанавливают норму подготовительно-заключительного времени на партию деталей  $T_{п.з.}$ .

### ***Способы сокращения элементов времени***

Норма времени сокращается уменьшением ее составляющих и совмещением времени выполнения нескольких технологических переходов.

Основное время снижается в результате применения высокопроизводительных режущих инструментов и режимов резания, уменьшения припусков на обработку, а также числа рабочих ходов и переходов при обработке поверхностей.

Вспомогательное время сокращается уменьшением времени холостых ходов станка, рациональным построением процесса обработки, а также уменьшением времени на установку и снятие заготовок путем использования приспособлений с быстродействующими зажимными устройствами.

Остальные составляющие времени  $T_{ш}$  берутся в процентах времени  $T_{оп}$ . И мало влияют на структуру операции.

### ***Составляющие вспомогательного времени***

1) время  $t_{yc}$  установки заготовки и время съема ее со станка по окончании обработки; оно включает установку штучных заготовок в приспособления, установку сменных приспособлений-дублеров в рабочие позиции;

2) время  $t_{yn}$  на приемы управления станком; оно учитывает пуск и останов станка, переключение скоростей и подач, изменение направления вращения шпинделей или перемещения суппортов, головок и кареток;

3) время  $t_{инд}$  индексации включает время на перемещение частей станка в новые и исходные позиции и фиксацию; поворот шпиндельных блоков, столов и барабанов, перемещение столов с заготовками; поворот делительных устройств и кондукторов; перемещение заготовок в новые позиции;

4) время  $t_{cu}$  смены инструмента при выполнении отдельных переходов операции (время последовательной смены инструментов в быстросменном патроне сверлильного станка; поворота резцовых или револьверных головок);

5) время  $t_m$  контрольных измерений.

*Операции могут быть последовательного, параллельного и параллельно-последовательного выполнения.*

$T_o$  при последовательной обработке заготовок одним или несколькими

инструментами:

$$T_{o.общ} = \sum_{i=1}^h T_{o.c. посл}$$

где  $h$ - число одновременно работающих инструментов;  $t_{o.c. посл}$  – основное время для каждого инструмента.

$T_o$  при параллельной обработке заготовок одним или несколькими инструментами:

$$T_{o.общ} = T_{o.c. пар. max}$$

где  $T_{o.c. пар. max}$  – наибольшее основное время одного из инструментов.

$T_o$  при параллельно-последовательном расположении заготовок:

$$T_{o.общ} = \sum_{i=1}^h T_{o.c. посл} + T_{o.c. пар. max}$$

### ***Тема: ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ***

Под *точностью* в технологии машиностроения понимается степень соответствия производимых изделий их заранее установленным параметрам.

Определяется точностью изготовления отдельных деталей и сборочных единиц.

***Понятие точности детали включает в себя следующие параметры (показатели):***

1. точность размеров;
2. точность формы поверхностей;
3. точность относительного расположения поверхностей;
4. шероховатость поверхностей;
5. волнистость;
6. физико-механические свойства поверхностного слоя.

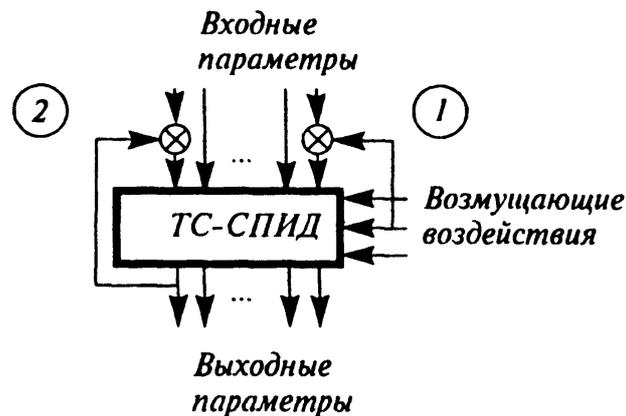
Количественные показатели точности и допускаемые отклонения регламентируются Единой системой допусков и посадок и ее стандартами. Задачи обеспечения необходимой точности изделия решаются на этапах их конструирования, разработки и внедрения технологии изготовления.

Любой технологический процесс реализуется в определенной технологической системе (системе СПИД — станок, приспособление, инструмент, деталь), включающей в себя средства технологического оснащения и заготовку. С момента начала механической обработки заготовки технологическая система действует как многофакторная автоматическая система, структурная схема которой представлена на рис. 2.1.

***Входными параметрами этой системы являются:***

- ✓ характеристики металлорежущего станка;
- ✓ характеристики технологической;
- ✓ характеристики заготовки;
- ✓ технологическая схема обработки поверхности;
- ✓ эксплуатационные свойства режущего инструмента;

- ✓ режимы резания —  $V, S, t$ .



**Рис. 2.1. Структурная модель многофакторной автоматической технологической системы механической обработки**

*К возмущающим воздействиям, нарушающим начальные условия обработки*

- ✓ упругие деформации элементов технологической системы;
- ✓ размерный износ режущего инструмента;
- ✓ тепловые деформации элементов технологической системы;
- ✓ погрешность установки заготовок;
- ✓ погрешность измерений;
- ✓ погрешности мерного режущего инструмента;
- ✓ погрешность от перераспределения внутренних остаточных напряжений;
- ✓ колебания элементов технологической системы.

*Выходными параметрами являются:*

- ✓ качество механической обработки;
- ✓ производительность механической обработки;
- ✓ экономические критерии процесса обработки.

*Возможные пути управления технологическими процессами:*

- управление по выходным параметрам (обратная связь 2);
- управление по внешним возмущающим воздействиям (обратная связь 1).

На общую суммарную погрешность обработки может оказывать 310-ряние совокупность любых из перечисленных выше параметров (входных, возмущающих и выходных).

В ТМ рассматривают абсолютную погрешность  $\Delta X$ , выражаемую в единицах рассматриваемого параметра. Определяется разностью между 310рствительным (полученным) значением параметра  $X_d$  и его номинальным (заданным) значением  $X_n$ :

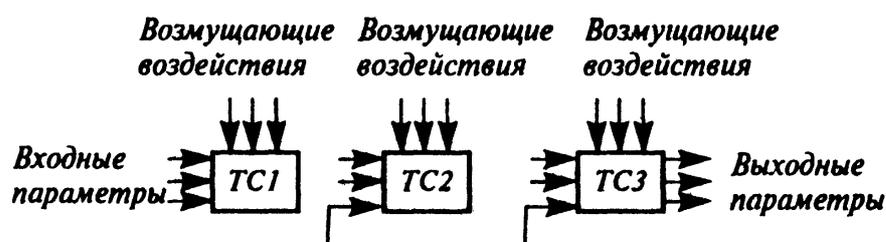
$$\Delta X = X_d - X_n.$$

Отношение абсолютной погрешности к заданному значению параметра называют относительной погрешностью:

$$\frac{\Delta X}{X_H} \cdot 100\%$$

### ***Технологическая наследственность***

На рис. 2.2 показана структурная модель многофакторного технологического процесса механической обработки в случае использования нескольких технологических систем



**Рис. 2.2. Структурная модель многофакторного технологического процесса**

*Технологическая наследственность* – перенесение на готовое изделие в процессе его изготовления погрешностей, механических и физико-химических свойств исходной заготовки или свойств и погрешностей, сформировавшихся у заготовки на отдельных операциях изготовления изделия.

***Виды элементарных погрешностей обработки по воздействию на технологическую систему:***

1. систематические постоянные погрешности, вызываемые, например, неточностью мерного инструмента;
2. систематические погрешности, закономерно изменяющиеся по течению технологического процесса, вызываемые, например, размерным износом режущего инструмента;
3. случайные погрешности, которые, появившись при обработке одной заготовки, необязательно появляются при обработке других заготовок, а их значения для различных заготовок изменяются в определенных пределах от  $\Delta_{\min}$   $\Delta_{\max}$ .

### ***Тема: СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ***

Погрешности обработки подразделяют на систематические и случайные.

*Систематической погрешностью* называют погрешность, которая для всех деталей рассматриваемой партии остается постоянной или же 32орядеемерно изменяется при переходе от каждой детали к следующей.

*Случайной погрешностью* называют погрешность, которая для различных деталей рассматриваемой партии имеет различные значения, причем колебание этих значений в партии не подчиняется какой-либо закономерности.

Случайные погрешности вызываются действием факторов случайного характера. Например, колебание деформации системы СПИД происходит в результате изменения нормальной составляющей силы резания  $P_y$ , которое неизбежно возникает в результате колебаний в пределах установленного допуска размеров и твердости заготовки. К случайным следует отнести также погрешности установки и ряд других.

Случайные погрешности, суммируясь с систематическими, приводят к рассеянию суммарной погрешности, а следовательно, – к рассеянию 33-х 33-х 33-х размеров. Систематические погрешности можно заранее предвидеть и учесть соответствующими расчетами.

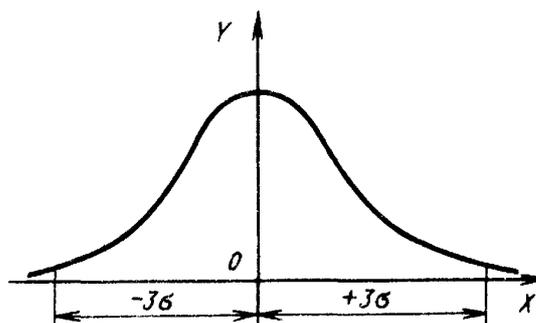


Рис. 1 Кривая нормального распределения

Случайные погрешности относят к категории случайных величин. Случайные величины и законы их распределения (рассеяния) изучаются в теории вероятностей и математической статистике, использование которых для исследования точности обработки позволяет учитывать случайные погрешности.

Вероятностью  $x$  какого-либо события называют отношение числа  $m$  случаев, благоприятствующих этому событию, к общему числу  $n$  всех равно-возможных, несовместимых и независимых друг от друга случаев:

$$P_x = \frac{m}{n}$$

Из всех законов распределения случайных величин наибольшее практическое значение имеет так называемый закон нормального распределения, изображаемый кривой распределения Гаусса. Уравнение этой зависимости имеет следующий вид (рис. 1):

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение.

Практически вся (99,73%) площадь кривой нормального распределения находится в пределах  $\pm 3\sigma$ .

Среднеквадратичное отклонение для дискретных (прерывистых) случайных величин

$$\sigma = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_n^2}{n}}$$

Практическое использование закона нормального распределения можно пояснить конкретным примером. После обработки партии заготовок (например, 100 шт.) на предварительно настроенном станке (по методу автоматического получения размеров) их размеры измеряют. Результаты измерений заносят в таблицу, в которой также отражаются следующие данные: интервалы значений действительных размеров (случайные значения  $x$ ); число деталей с действительными размерами данного интервала  $K_i$  (частота);  $m_x = K_i/n$  — относительная частота, или частость.

Сумма всех частот должна быть равна числу деталей в исследуемой партии: ( $\sum_{i=1}^n K_i = n$ ), а сумма всех частостей — единице ( $\sum m_x = 1$ ). Полученное эмпирическое распределение можно представить графически (рис. 2).

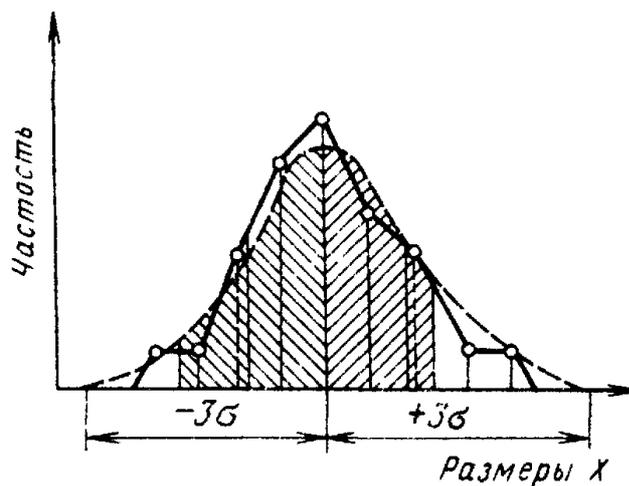


Рис. 2. Кривая рассеяния фактических размеров и кривая нормального распределения

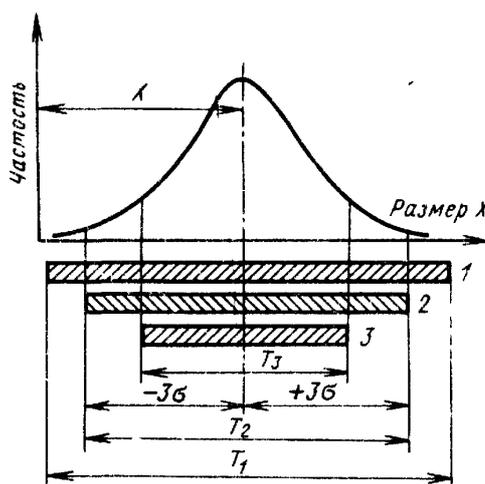
Полученная таким образом кривая получила название *практической кривой распределения*.

В настоящее время для статистических исследований точности обработки и определения суммарной погрешности обработки используются два метода: метод кривых распределения и больших выборок; метод точечных диаграмм и малых выборок.

Выборкой называют часть деталей, отобранных из изучаемой партии определенным способом. Если в выборке имеется более 25 деталей, ее называют большой, при меньшем числе деталей — малой.

Теорией выборочного метода доказывается, что если совокупность значений случайной величины  $x$  подчиняется какому-либо закону распределения, то и большая выборка из этой совокупности будет также подчинена этому же закону. При этом статистические характеристики распределения выборки (среднеарифметическое значение  $\bar{X}$  и среднеквадратическое отклонение  $s$ ) будут близки по своим значениям к соответствующим характери-

кам ( $\bar{X}_0$  и  $\sigma$ ) совокупности, из которых взята эта выборка. Для статистических исследований точности обработки методом кривых распределений обычно принимают объем выборки  $m \geq 50$ . При  $m = 50$  погрешность определения  $\bar{X}_0$  по значению  $\bar{X}$  составляет  $\pm 0,14s$ , а при определении  $\sigma$  по  $s$  погрешность составляет  $\pm 0,1s$ . Отмеченные приближения вполне допустимы для практических целей. Метод кривых распределения заключается в следующем. При изготовлении деталей на настроенном станке берут текущую выборку (последовательно отбирают детали со станка по мере их изготовления) объемом  $m \geq 50$ . По определенной методике производят измерения деталей данной выборки. Результаты измерений заносят в специальную таблицу и строят практическую кривую распределения. Убедившись в близости этой кривой к кривой нормального распределения по соответствующей оценке, можно определить суммарную погрешность, а следовательно, достигнутую точность обработки. Определяются значения  $\sigma$ ,  $\bar{X}$  по формулам. Суммарная погрешность обработки  $\Delta = 6\sigma$ . Сравнивая погрешность с допуском  $T$  на размер оценивают точность обработки (рис. 3). Коэффициент точности  $K_T = \frac{T}{6\sigma}$



**Рис. 3. Оценка точности обработки по методу кривых распределения и больших выборок**

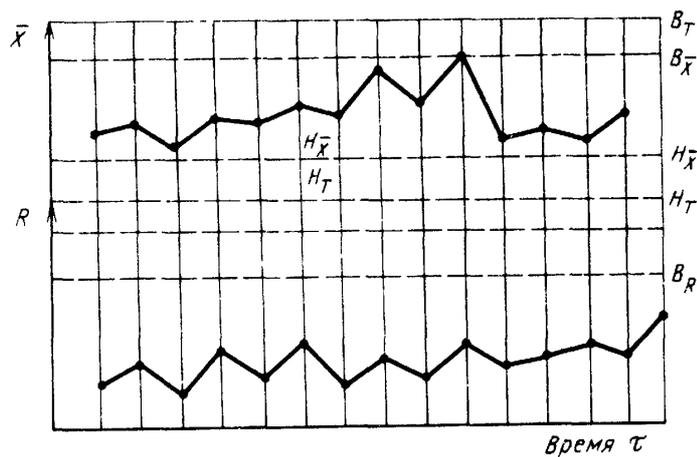
При условии правильной настройки станка изготовление деталей может осуществляться без брака, если  $K_T > 1,0$ . При  $K_T \leq 1,0$  весьма вероятно появление бракованных деталей, число которых может быть определено соответствующими расчетами. Обработка считается надежной при  $K_T \geq 1,2$ .

Метод кривых распределения и больших выборок позволяет получить объективную оценку точности выполнения данной операции на конкретном оборудовании. Однако при его использовании не учитывается последовательность обработки заготовки.

Метод точечных диаграмм и малых выборок заключается в следующем. В процессе обработки детали берут со станка малые текущие выборки (обычно по 5 шт.) в течение рабочей смены через определенные промежутки времени (например, через 15-30 мин). Детали измеряют универсальным измерительным инструментом. Определяют среднеарифметическое значение вы-

борки  $X$ . Вычисляют также размах выборки  $R$  — разность между наибольшим  $x_{\max}$  и наименьшим  $x_{\min}$  размерами выборки. Размах характеризует рассеяние размеров в малой выборке. Между средним значением  $R$  размаха ряда выборок и среднеквадратическим отклонением  $\sigma$  для всей партии, из которой берутся выборки, существует определенная связь.

Для построения точечной диаграммы вычерчивают графики, в которых по оси ординат наносят значения  $X$  и  $R$ , а по оси абсцисс — время взятия выборок или их номера (рис. 4). На диаграммы наносят контрольные линии  $B_T$ ;  $H_T$ ;  $B_{\bar{X}}$ ;  $H_{\bar{X}}$  и  $B_R$ .



**Тема: РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ.**

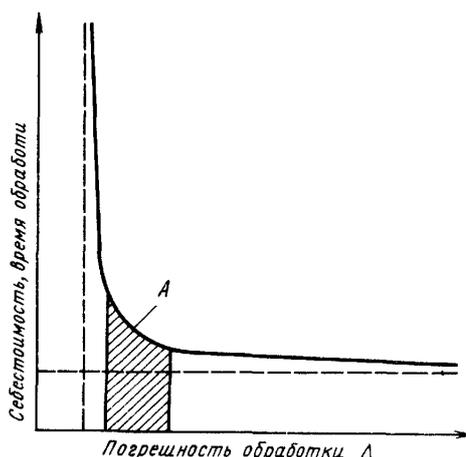
Сущность метода заключается в том, что выявленные погрешности обработки суммируются по определенным законам и таким образом собирается результирующая погрешность обработки.

В общем виде результирующая погрешность  $\Delta_{\Sigma}$  при обработке партии деталей на настроенных станках может быть определена по формуле  $\Delta_{\Sigma} = \Delta_c + \Delta_p$ , где  $\Delta_c$  — суммарная величина систематических погрешностей;  $\Delta_p$  — суммарная величина случайных погрешностей.

Суммарные систематические погрешности определяются алгебраическим сложением. Поэтому общая систематическая погрешность может быть меньше ее составляющих. Так как часть систематических погрешностей закономерно изменяется во времени, то результирующая погрешность обработки будет величиной переменной. Следует отметить, что разновидностями систематической погрешности являются погрешности формы, которые ограничиваются допуском на размер.

Случайные погрешности, подчиняющиеся закону нормального распределения, определяются суммированием по правилу квадратного корня.

Экспериментальными исследованиями установлено, что трудоемкость и себестоимость изготовления связаны с точностью определенными зависимостями



Точность, соответствующая участку *A*, является экономической точностью обработки. Обычно когда говорят о точности какого-либо метода обработки, то имеют в виду значение точности, соответствующее некоторой точке на участке *A*.

Экономической точностью какого-либо метода обработки на данном участке развития техники называют точность, обеспечиваемую в нормальных условиях работы, при использовании исправного оборудования, инструментов стандартного качества, персонала средней квалификации и при затрате времени и средств, не превышающих затрат для других, сопоставимых с рассматриваемым методом.

### **Тема: ПОГРЕШНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Погрешности обработки формируются на различных этапах технологического процесса и должны рассматриваться комплексно с учетом всех этих этапов. Чем выше требования к точности изготовления деталей, тем сложнее технологический процесс механической обработки заготовок. Одной из основных задач технологического процесса является обеспечение заданной точности изготовления деталей при наименьших затратах живого и овеществленного труда.

*Заданная чертежом точность детали может быть обеспечена двумя основными, принципиально различными методами:*

- 1) методом пробных рабочих ходов и промеров;
- 2) методом автоматического получения размеров на предварительно настроенных станках.

Независимо от метода достижения заданной точности обработки необходимо знать причины возникновения погрешностей.

### **Упругие деформации технологической системы**

Силы резания, закрепления, инерционные силы, возникающие при обработке на металлорежущих станках, передаются на упругую технологическую систему СПИД, вызывая ее деформацию. Эта деформация складывается из деформаций основных деталей системы, деформаций стыков, а так же деформаций соединительных деталей (болты, клинья и др.). Наибольшее 370-

ряние на величину упругих деформаций системы оказывают деформации стыков и соединительных деталей. Вследствие этого режущие кромки, образующие обрабатываемую поверхность, отклоняются от исходного статического положения, а фактический размер детали будет отличаться от настроенного.

*Жесткость упругой системы СПИД ( $J$ )* - отношение составляющей силы резания  $P_y$ , направленной по нормали к обрабатываемой поверхности, к смещению лезвия инструмента относительно заготовки ( $y$ ), отсчитываемому в том же направлении:

$$J = \frac{P_y}{y}$$

Следовательно, понятие *жесткость* — комплексное. При определении жесткости задается направление смещения, но рассматривается влияние не только одной составляющей силы резания  $P_y$ , но и сил резания  $P_x$   $P_z$ . Сила  $P_y$  оказывает наибольшее влияние на точность обработки, так как отвечает за смещение лезвия инструмента по нормали к обрабатываемой поверхности.

*Податливость  $\varphi$  (м/Н)* - величина, обратная жесткости:

$$\varphi = \frac{y}{P_y}$$

Если приравнять деформации  $n$  звеньев системы ( $y_1, y_2, y_3, y_4, \dots, y_n$ ), к деформации всей системы ( $y$ ), можно записать:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + \dots + y_n,$$

Тогда общее выражение для податливости будет иметь вид:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 + \dots + \varphi_n$$

Заменив значения податливости значениями жесткости, найдем зависимость:

$$\frac{1}{J} = \frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} + \frac{1}{J_3} + \dots + \frac{1}{J_n}.$$

Число звеньев технологической системы в различных случаях может быть различно. Например, при токарной обработке в центрах учитывают перемещения станка и обрабатываемой заготовки, считая перемещение резца пренебрежимо малым. В этом случае система СПИД сводится к системе станок — заготовка.

Жесткость режущего инструмента имеет существенное значение при растачивании глубоких отверстий. Жесткость расточного режущего инструмента может быть также определена по формулам сопротивления материалов и теории упругости.

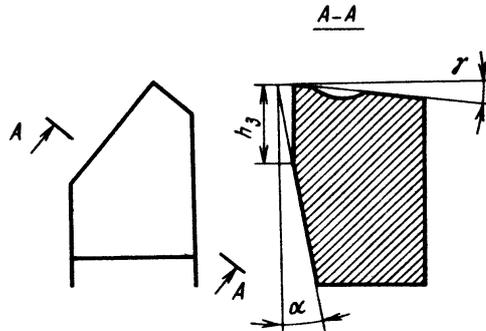
Жесткость специальных приспособлений определяют экспериментальным путем.

*Методы определения жесткости металлорежущих станков или их отдельных узлов:*

- 1) статический;
- 2) производственный;
- 3) динамический (испытания в процессе колебаний).

### **Износ режущего инструмента**

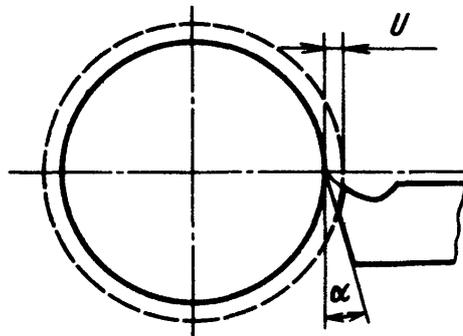
В процессе резания инструмент изнашивается. Его изнашивание может происходить по задней или передней поверхности, а также одновременно по этим поверхностям:



**Рис. 4.9. Износ резца по задней и передней граням**

Обычно при чистовой обработке происходит изнашивание по задней поверхности инструмента. За критерий изнашивания инструмента принимают износ  $h_3$  по задней поверхности.

На точность обработки оказывает влияние износ  $u$  лезвия инструмента в направлении, перпендикулярном к обрабатываемой поверхности, который называют размерным износом:



**Рис. 4.10. Схема образования размерного износа**

Износ инструмента, как и в целом, износ трущихся поверхностей, подчиняется определенным закономерностям. Выделяют три периода работы инструмента:

- начальным (прирабочным) износом инструмента на длине пути резания примерно до 1000 м; (I)  $u_n$
- нормальным, или установившимся износом; (II)  $u_0$
- быстрым, или «катастрофическим» износом. (III)

Интенсивность износа на участке II называют относительным или нормальным (удельным) износом  $u_0$

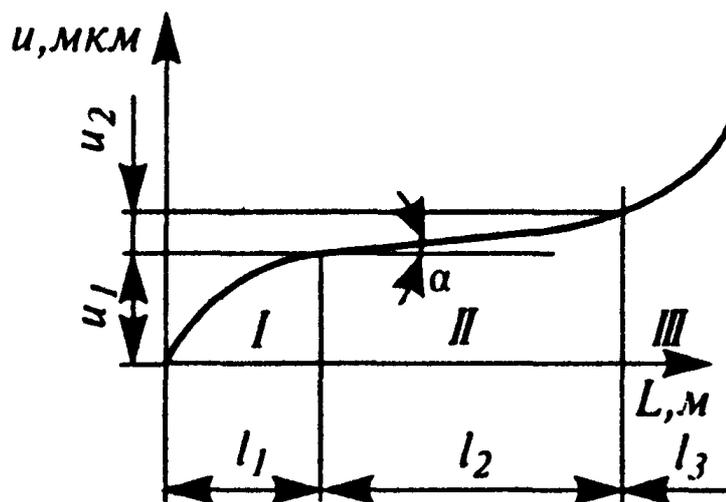


Рис. Зависимость размерного износа от пути резания

Зная величину  $u_0$ , начальный износ  $u_n$  и длину резания  $l$ , можно определить размерный износ инструмента (мкм) по формуле:

$$\Delta_{д} = u_n + \frac{u_0 l}{10^6}$$

Величина удельного износа инструмента зависит от метода обработки; материала заготовки и инструмента; режимов обработки (главным образом скорости резания); наличия охлаждения; геометрии инструмента; состояния технологической системы (жесткости, вибраций).

При фрезеровании износ режущего инструмента происходит интенсивнее, чем при точении, из-за неблагоприятных условий работы инструмента, многократно врезающегося в обрабатываемую заготовку.

При абразивной обработке на точность влияет размерный износ шлифовального круга.

### **Тепловые деформации системы СПИД**

Тепловые явления оказывают большое влияние на точность обработки. Механическая работа резания почти полностью превращается в теплоту, которая распределяется между стружкой, обрабатываемой деталью и инструментом. Некоторая часть рассеивается в окружающую среду. Большая часть теплоты уходит со стружкой – 60-90% (при точении, фрезеровании, наружном протягивании). В обрабатываемую заготовку переходит 3—9% теплоты. Зависимость удлинения резца от времени резания под действием теплоты приведена на рис. 4.12.

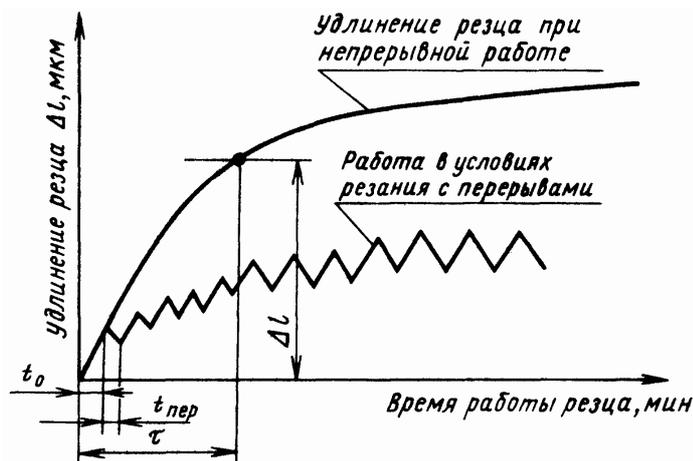


Рис. 4.12. Зависимость удлинения резца от времени его работы

В начале резания наблюдается быстрое повышение температуры резца и его соответствующее удлинение. Затем наступает тепловое равновесие, и удлинение резца прекращается.

Удлинение резца, соответствующее любому моменту времени ( $\tau$ ) от начала работы, определяют по формуле:

$$\Delta l = \Delta l_r (1 - e^{-\frac{\tau}{4}})$$

### **Тема: ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ ЗАГОТОВОК. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ.**

#### ПРИПУСКИ

*Припуск* – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Припуски могут быть операционные и промежуточные.

*Операционный припуск* — это припуск, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

*Припуск промежуточный* – это припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

*Общий припуск*, который удаляют в процессе механической обработки рассматриваемой поверхности для получения чертежных размеров, определяется разностью размеров исходной заготовки и детали.

***Роль припусков при разработке технологических процессов изготовления деталей:***

1. Увеличение припусков приводит к повышенному расходу материалов и энергии, введению дополнительных технологических переходов, а иногда и операций. Все это увеличивает трудоемкость и повышает себестоимость изготовления деталей.
2. Уменьшенные припуски не дают возможности удалять дефектные поверхностные слои материала и достигать заданных точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей. Приводят к условиям, недопу-

стимым для работы режущего инструмента, так как может быть оставлена зона с твердой литейной коркой или окалиной. Как результат – брак.

На рис. 7.1. – 7.3. приведены различные *схемы расположения припусков*.

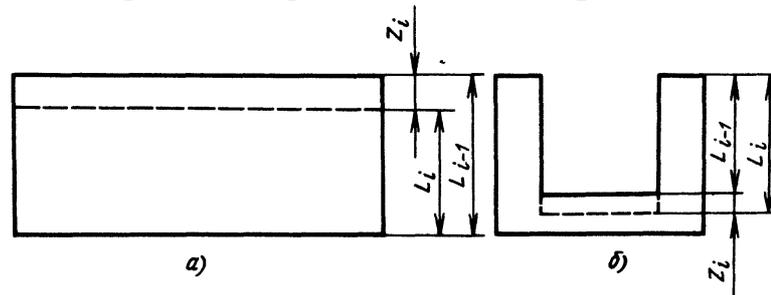


Рис. 7.1. Припуски на обработку наружных и внутренних поверхностей

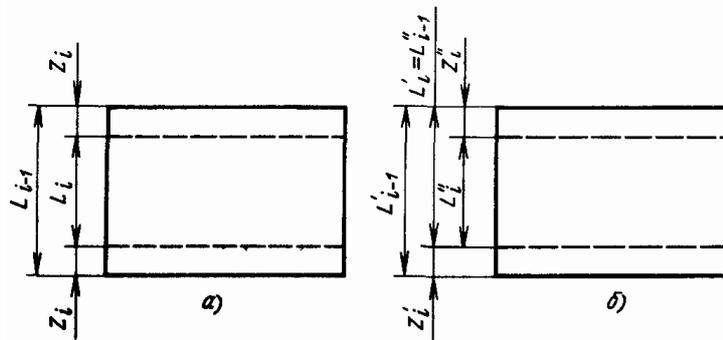


Рис. 7.2. Припуски на обработку противоположных поверхностей

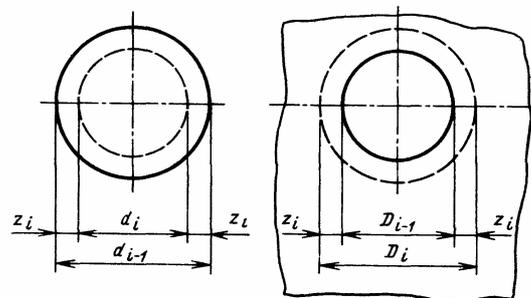


Рис. 7.3. Симметричные припуски на обработку поверхностей

$z_i$  — припуск на выполняемом технологическом переходе — промежуточный припуск;

$L_i, D_i, d_i$  – размеры, полученные на выполняемом переходе;

$L_{i-1}, D_{i-1}, d_{i-1}$  – размеры, полученные на предшествующем переходе.

Из представленных схем можно определить:

$$z_i = L_{i-1} - L - \text{ для наружных поверхностей;}$$

$$z_i = L_i - L_{i-1} - \text{ для внутренних поверхностей}$$

Общий припуск  $Z_o$  на обработку определяется размерами поверхностей исходной заготовки  $L_3$  и готовой детали  $L_d$ :

$$Z_o = L_d - L_3 - \text{ для внутренних поверхностей}$$

$$Z_0 = L_3 - L_d - \text{ для наружных поверхностей}$$

Общий припуск можно представить также в виде

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i$$

где  $n$  – количество технологических переходов;  $Z_i$  – припуск на соответствующем переходе.

### **Симметричные и асимметричные припуски**

Симметричные припуски встречаются при обработке наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей вращения и при одновременной обработке противоположных поверхностей с одинаковыми припусками. Из схем рисунков 7.2.а и 7.3. можно определить припуск:

$$2z_i = L_{i-1} - L_i - \text{ для наружных поверхностей}$$

$$2z_i = d_{i-1} - d_i$$

$$2z_i = L_i - L_{i-1} - \text{ для внутренних поверхностей}$$

$$2z_i = D_i - D_{i-1}$$

Асимметричный припуск будет в том случае, когда противоположные поверхности обрабатываются независимо друг от друга (рис. 7.2. б):

$$z'_i = L'_{i-1} - L'_i$$

$$z''_i = L''_{i-1} - L''_i$$

Односторонний припуск (рис. 7.1.) – это частный случай асимметричного припуска.

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

**Опытно-статистический метод.** При этом методе припуск устанавливают по стандартам и таблицам, которые составлены на основе обобщения и систематизации производственных данных передовых предприятий и др.

**Расчетно-аналитический метод** Согласно этому методу, промежуточный припуск должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предыдущих технологических переходах, а также погрешности установки обрабатываемой заготовки, возникающие на выполняемом переходе.

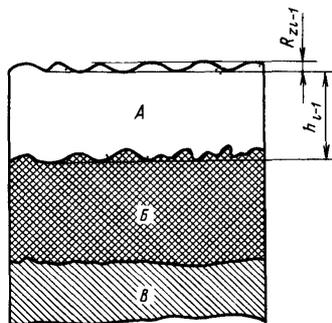


Рис 7.6 Схема поверхностного слоя после обработки наружной поверхности заготовки

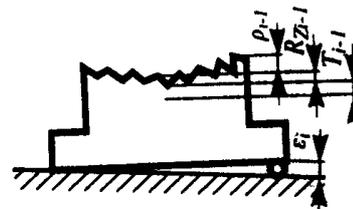


Рис. 4.2. Схема для определения минимального операционного припуска

В соответствии с этим методом минимальный промежуточный припуск  $Z_{i\min}$  рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + (\bar{p}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_i),$$

где  $Rz_{i-1}$  — высота неровностей, полученная на смежном предшествующем переходе обработки данной поверхности;

$T_{i-1}$  — глубина поверхностного слоя, отличного от основного, полученного на предшествующем технологическом переходе;

$\bar{p}_{i-1}$  - пространственные отклонения расположения обрабатываемой поверхности относительно баз заготовки;

$\bar{\varepsilon}_i$  - погрешность установки, возникающая на выполняемом переходе.

***Влияние особенностей технологического процесса и служебного назначения детали на назначение перечисленных параметров.***

Из-за наличия погрешности установки, обрабатываемая поверхность занимает различное положение при обработке партии заготовок на предварительно настроенном станке. Нестабильность положения обрабатываемой поверхности должна быть компенсирована дополнительной составляющей промежуточного припуска  $\bar{\varepsilon}_i$ , включающей погрешности базирования, закрепления и положения.

При односторонней обработке (как указано на рис. 4.2) векторы  $p_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$  коллинеарны (параллельны), следовательно, при несимметричной обработке плоскостей формула для расчета припуска имеет вид

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon_i.$$

При обработке наружных и внутренних тел вращения векторы  $p_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$  могут принимать любое направление (любое угловое положение), предвидеть которое заранее не представляется возможным. Поэтому их сумма выражается как:  $(\bar{p}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_i) = \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}$ .

Следовательно, для тел вращения формула имеет вид:

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Из общей формулы расчета могут быть получены частные формулы для конкретных случаев обработки:

1. При обтачивании цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, погрешность  $\varepsilon_i$  может быть принята равной нулю:

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + p_{i-1})$$

5. При шлифовании заготовок после термообработки поверхностный слой необходимо по возможности сохранить, следовательно,  $T_{i-1}$  нужно исключить из расчетной формулы:

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon_i$$

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

6. При суперфинишировании и полировании цилиндрической поверхности, когда уменьшается только шероховатость поверхности, припуск определяется лишь высотой микронеровностей обрабатываемой поверхности, т.е.

$$2Z_{i\min} = 2Rz_{i-1}$$

### ДОПУСКИ

Для того чтобы изделие отвечало своему целевому назначению, необходимо, чтобы его размеры выдерживались между двумя допустимыми предельными размерами (наибольшим и наименьшим).

Для удобства принято указывать номинальный размер детали, а каждый из двух предельных размеров определяют по его отклонениям от этого номинального размера.

*Номинальный размер* – основной расчетный размер, общий для соединяемых деталей.

Все детали, размеры которых не выходят за пределы поля допуска, являются качественными, пригодными для использования.

*Действительным размером* - называется размер, установленный измерением детали с допускаемой погрешностью.

Два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться действительный размер годной детали, называются *предельными размерами*.

Деталь считается годной в том случае, если действительный размер не выходит за предельный. Большой из двух предельных размеров называется *наибольшим предельным размером* ( $D_{\max}$ ,  $d_{\max}$ ), меньший — *наименьшим предельным размером* ( $D_{\min}$ ,  $d_{\min}$ ) — рис. 2.

*Допуск* – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами:

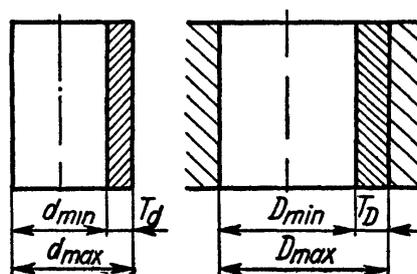


Рис.2.

для отверстия

$$T_D = D_{\max} - D_{\min}$$

для вала

$$T_d = d_{\max} - d_{\min}$$

Допуск является мерой точности размера. Чем меньше допуск, тем выше требуемая точность детали, тем меньше допускаются колебания действительных размеров деталей и, следовательно, колебание зазоров или натягов в соединении. И, наоборот, низкая точность характеризуется большим допуском.

В системе ЕСДП предусмотрено 28 полей допусков или типов отклонений, обозначаемых латинскими буквами (для отверстий прописными —  $A$ ,  $B$ ,

$S...$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $ZA$ ,  $ZB$ ,  $S$  и для валов строчными —  $a$ ,  $B$ ,  $c$ , ...  $x$ ,  $y$ ,  $za$ ,  $zb$ ,  $c$ ).

*Значение допуска на припуск оказывает существенное влияние на выполнение технологической операции:*

- С уменьшением допуска на припуск возрастает трудоемкость обработки и себестоимость детали;

- Большие допуски на припуски снижают точность обработки и себестоимость детали. Затрудняют использование приспособлений.

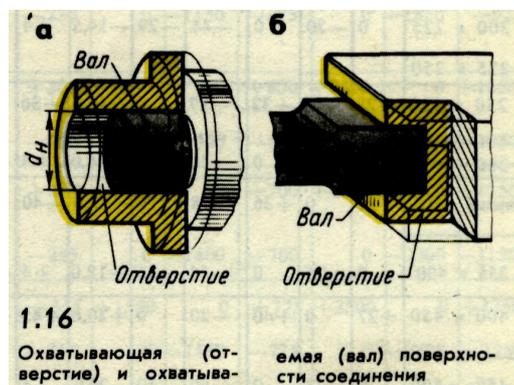
### ***Квалитет***

Классы (степени) точности в ЕСДП названы *квалитетами*.

Всего в ЕСДП существует 19 квалитетов, обозначаемых порядковым номером, возрастающим с увеличением допуска: 01; 0; 1; 2; 3; ... 17. Например, IT7 означает допуск по 7 квалитету. С увеличением квалитета, точность уменьшается. Начиная с 5-го квалитета, допуски при переходе к более грубому квалитету, увеличиваются на 60 %. Через каждые пять квалитетов, допуски увеличиваются в 10 раз. Это дает возможность развить систему в сторону более грубых квалитетов. Необходимость в квалитетах более 17-го возникает в случаях для изделий из неметаллических материалов или получаемых без снятия стружки др. способами.

### **ПОСАДКИ.**

В машинах или приборах детали собирают в определенные сборочные единицы (узлы) и механизмы. При сборке двух деталей, входящих одна в другую, различают охватывающую и охватываемую поверхности. Эти поверхности могут быть как цилиндрической (рис. 1.16, а), так и другой формы (рис. 1.16, б).



Соединяемые детали должны иметь один и тот же (общий) номинальный размер, однако соединение деталей друг с другом может иметь весьма различный характер. В одном случае соединяемые детали перемещаются относительно друг друга, в другом — соединение должно быть неподвижным и прочным.

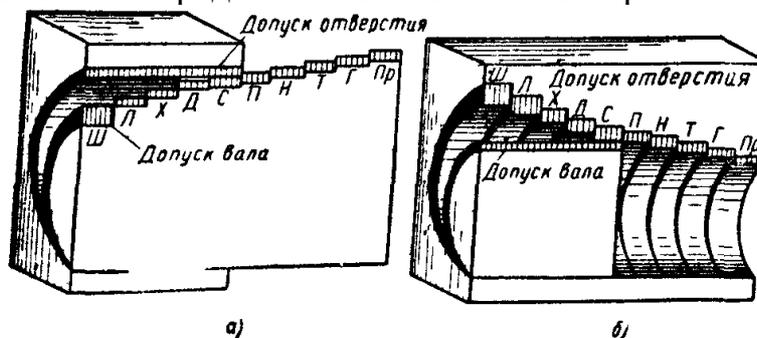
*По характеру соединения посадки делятся на три группы:*

➤ посадки с зазором (подвижные) — между валом и отверстием во втулке имеется зазор.

➤ посадки с натягом (неподвижные) — размер вала превышает размер отверстия.

➤ переходные посадки – возможно получение как зазора, так и натяга.

Стандарт предусматривает систему отверстия и систему вала. В системе отверстия предельные отклонения отверстий одинаковы, а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений валов. В системе вала предельные отклонения валов одинаковы, а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений отверстий:



Фиг. 1. Схемы расположения допусков  
а – по системе отверстия; б – по системе вала

Наибольшее распространение получила система отверстия, так как при ее применении в производстве образуется меньше по размерам различных отверстий и, следовательно, потребуется меньше различных размерных режущих инструментов (сверл, разверток, протяжек) и калибров для контроля отверстий.

### Обозначения

На чертежах деталей числовые значения допусков (предельных отклонений) проставляют рядом с номинальным размером в миллиметрах. Отклонения проставляют более мелкими цифрами, чем номинальный размер: верхнее отклонение — выше, нижнее отклонение — ниже цифры номинального размера (рис. 1.18, а).

Симметричные отклонения проставляют одной цифрой, имеющей такую же высоту, как и цифры номинального размера со знаком « $\pm$ ». Нулевые отклонения на чертежах не проставляют.

Кроме этого способа нанесения *предельных отклонений* размеров ГОСТ 2.307—68 предусматривает еще два способа:

1. условным обозначением полей допусков для соответствующего качества в системе СЭВ, когда за номинальным размером проставляются буква и номер качества (рис. 1.18, б),
2. комбинированным способом с условным обозначением соответствующего качества и справа в скобках числовых значений предельных отклонений (рис. 1.18, в).

Для неотчетливых и несопрягаемых размеров деталей машин, обрабатываемых резанием, предельные отклонения назначают по 12, 14, 16 и 17-му качествам. Предпочтительными являются допуски по 14-му качеству.

Посадки на сборочных чертежах (на чертеже соединения двух деталей) обозначают следующим образом: рядом с номинальным размером простав-

ляют дробь, в числителе которой указывают предельные отклонения охватывающего размера, например диаметра отверстия, а в знаменателе — охватываемого размера, например диаметра вала (рис. 1.19, а).

*Применяют другие способы указания посадок, например:*

1. условным обозначением полей допусков (квалитетов) сопрягаемых деталей (рис. 1.19, б);
2. условным обозначением полей допусков, с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений дробью, в числителе — отверстия, а в знаменателе — вала (рис. 1.19, в).

В период внедрения ЕСПД СЭВ более предпочтительным является последний способ обозначения допусков и посадок.

## **Тема: БАЗИРОВАНИЕ И БАЗЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

### **Основные положения теории базирования**

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

*База* – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования, называют базой.

*Комплект баз* – совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки или изделия, называют комплектом баз.

Положение любого твердого тела в пространстве (в том числе заготовки при обработке) характеризуется шестью степенями свободы, определяющими возможность его перемещения и поворота относительно трех координатных осей.

Согласно теоретической механике требуемое положение твердого тела относительно выбранной системы координат достигается наложением геометрических связей. При наложении геометрических связей тело лишается трех перемещений вдоль осей  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  и трех поворотов вокруг этих осей, т. е. тело становится неподвижным в системе  $OXYZ$ .

*Опорная точка* — точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат.

В практических условиях тело контактирует с поверхностями, определяющими его положение, лишь по определенным площадкам, которые условно можно считать точками контакта. Поэтому шесть связей, лишаящих тело возможности двигаться в шести направлениях, могут быть созданы контактом соединяемых тел в шести точках. Это определяет правило шести точек в технологии машиностроения.

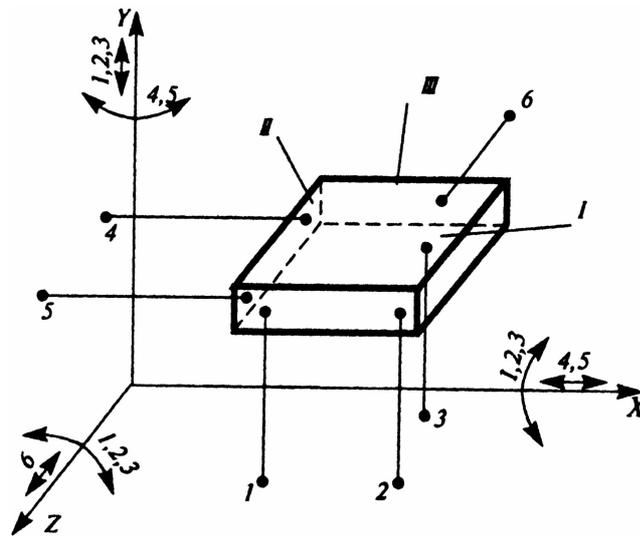


Рис. 1. Комплект баз, опорные точки

### Виды баз

*Проектная база* — база, выбранная при проектировании изделия, технологического процесса изготовления или ремонта этого изделия.

*Действительная база* — база, фактически используемая в конструкции при изготовлении, эксплуатации или ремонте изделия.

*Конструкторская база* — база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

*Технологическая база (I, II, III)* — используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонте.

### Схемы базирования

*Схема базирования* — схема расположения опорных точек на базах. Все опорные точки на схеме изображают условными знаками и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее число опорных точек. При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую изображают одну точку и около нее проставляют номера совмещенных точек.

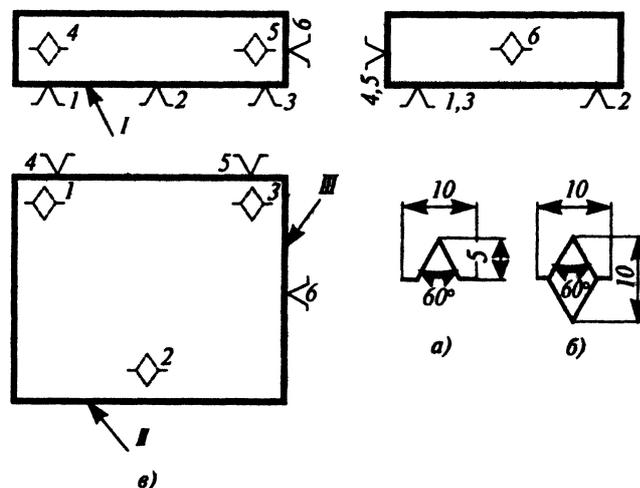


Рис. 2.17. Условные изображения опорных точек на видах:

*а* — спереди и сбоку; *б* — в плане; *в* — схема базирования призматической детали в соответствии с комплектом баз, представленным на рис. 2.9

*Установочная база* – база, лишаящая заготовку или изделие трех степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

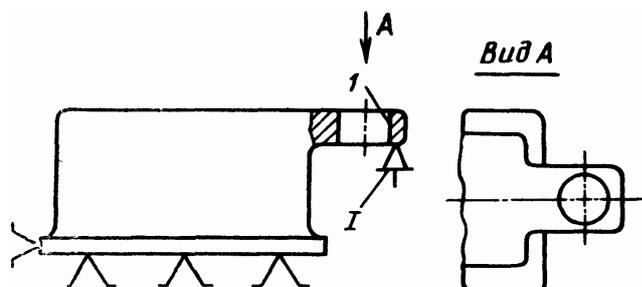
*Направляющая база* – база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

*Опорная база* – база, лишаящая заготовку или изделие одной степени свободы: перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

### **Применение дополнительных баз и опорных точек**

Иногда технологические базы не обеспечивают необходимую жесткость заготовки при ее закреплении и обработке. В этих случаях прибегают к дополнительной опорной точке (поверхности). Например:

7. При сверлении отверстия большого диаметра возможно существенное деформирование консольной части заготовки, что существенно осложнит процесс сверления. Поэтому в данном случае необходима *дополнительная опорная точка*.



*Рис. 3. Пример использования регулируемой (плавающей) опоры:  
I – регулируемая опора; I – отверстие.*

2. Иногда конфигурация детали, заданная конструктором, точность размеров и геометрических параметров ее поверхностей не могут обеспечить надежную схему базирования, которая позволила произвести простую, производительную, экономичную обработку. В этих случаях прибегают к технологическим искусственным базам,

### **Выбор баз**

Материализация схемы базирования заключается в выборе типа опор, их количества и расположения относительно заготовки в соответствии со схемой базирования, разрабатываемой технологом.

*Установка* — процесс базирования и закрепления заготовки или изделия.

*Закрепление* – приложение сил и пар сил к заготовке или изделию для обеспечения их положения, достигнутого при базировании.

*Исходными данными для выбора баз* являются:

- чертеж детали со всеми необходимыми требованиями;
- вид и точность заготовки;
- условие расположения и работы детали в машине.

*Основные принципы выбора технологических баз.*

1. Использовать принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимают основные, т. Е. конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии.

2. Соблюдать принцип постоянства базы, т. Е. использовать на всех основных операциях одни и те же базы.

3. Базы должны обеспечивать хорошую устойчивость и надежность установки заготовки.

*6 семестр*

### **Тема: КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ**

#### **Критерии качества поверхностного слоя**

Качество поверхности характеризуется шероховатостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя, а также некоторыми другими параметрами, например волнистостью. Оно является результатом воздействия на этот слой применяемых технологических методов и определяет эксплуатационные свойства деталей и машин.

*Реальная поверхность* – поверхность, ограничивающую деталь и отделяющую ее от окружающей среды.

*Номинальная поверхность* — идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документацией.

*Шероховатость* — совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине (рис. 5.1).

Стандарт предусматривает следующие основные параметры шероховатости поверхности:

- 1)  $Ra$  — среднее арифметическое отклонение профиля;
- 2)  $Rz$  — высота неровности профиля по десяти точкам;
- 3)  $R_{max}$  — наибольшая высота неровностей профиля – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины  $L$ ;
- 4)  $S_m$  — средний шаг неровностей профиля – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины  $L$ ;
- 5)  $S$  — средний шаг местных выступов профиля – среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины;
- 6)  $t_p$  — относительная опорная длина профиля, где  $p$  — значение уровня сечения профиля в % от  $R_{max}$ .

Все параметры шероховатости поверхности определяются на базовой длине.

*Базовая длина  $l$*  — это длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

Наиболее часто на чертежах приводятся высотные параметры  $Ra$  и  $Rz$ .

*Базовая линия (поверхность)* — линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля

(поверхности) и служащая для оценки геометрических параметров поверхности.

Значения параметров шероховатости поверхности определяются от единой базы, за которую принята средняя линия  $m$ .

Средняя линия  $m$  — базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины средне-квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально.

Шероховатость поверхности оценивается на длине  $L$ , которая может содержать одну или несколько базовых длин ( $l$ ).

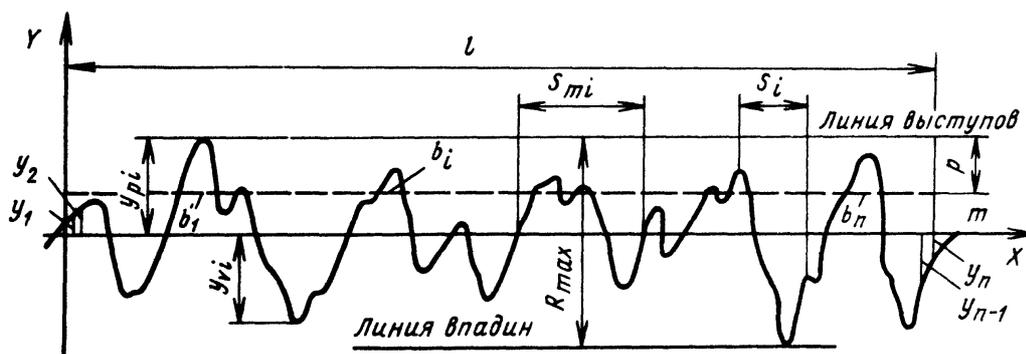


Рис. 5.1. Параметры шероховатости поверхности

$R_a$  — Среднее арифметическое отклонение профиля — среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля  $y$  от средней линии в пределах базовой длины  $l$ :

$$R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|;$$

где  $n$  — это число выбранных точек профиля на базовой длине.

Параметр  $R_a$  является предпочтительным параметром. Значения величин  $R_a = 100 \dots 0,08$  мкм;  $l = 0,01 \dots 25$  мм.

Для обеспечения и удешевления внедрения в производство систем стандартизации и контроля шероховатости, рекомендуется выбирать значения  $R_a$  из следующих предпочтительных значений, мкм: 0,012; 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100.

$R_z$  — Высота неровностей профиля по десяти точкам — сумма средних арифметических абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубины пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right);$$

где  $H_{i \max}$  — высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля;  $H_{i \min}$  — глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля.

$R_z = 1600 \dots 0,025$  мкм. Предпочтительные значения  $R_z$ , мкм: 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200; 400.

Приблизительное соотношение параметров  $R_z$  и  $R_a$  составляет:  $R_z \approx 4R_a$

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} ,$$

где  $n$  – число шагов в пределах базовой длины  $l$ .

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i ,$$

где  $n$  – число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины  $l$ .

При назначении шероховатости конструктор стремится к выбору ее оптимальных значений, т. е. к наименьшим комплексным затратам, связанным с изготовлением деталей машин и ее эксплуатацией. При этом часто пользуются нормативами, выработанными в течение длительного времени для различных условий эксплуатации и методов обработки, приведенными в справочниках технолога.

### Факторы, влияющие на качество обрабатываемой поверхности

#### 8. Влияние технологических факторов на величину шероховатости

*Влияние скорости главного движения резания на шероховатость зависит от наростообразования на режущей кромке инструмента, а также от захвата и отрыва слоев, расположенных под режущей кромкой (для стали), и хрупкого выламывания частиц материала (для серого чугуна и твердых цветных сплавов).*

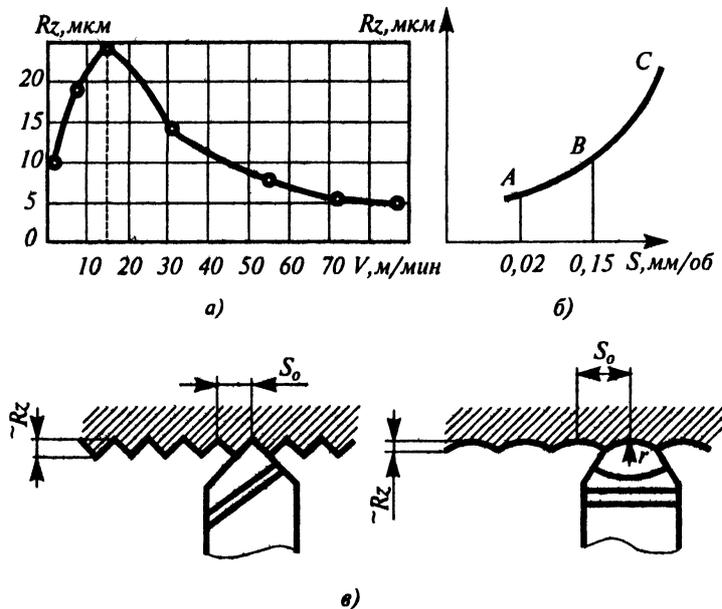


Рис. 3.1. Влияние технологических факторов на величину микронеровностей:

$a$  – скорости резания;  $b$  – подачи;  $c$  – радиуса закругления резца

*Влияние подачи на шероховатость при точении можно приблизительно определить из сопоставления двух смежных положений резца, смещенных на величину подачи  $S$  (рис. 3.1, б, в) по формуле:*

$$R_z = \frac{S^2}{8r}$$

Геометрическая форма режущего инструмента оказывает влияние на шероховатость. Передний угол  $\gamma$ , угол наклона режущей кромки  $\lambda$ , задний угол  $\alpha$  мало влияют на величину шероховатости. Больше значение оказывают радиус закругления при вершине, углы в плане — главный  $\phi$  и вспомогательный  $\phi_1$ . При увеличении радиуса закругления величина шероховатости уменьшается (рис. 3.1, в). С увеличением угла  $\phi$  и  $\phi_1$  величина шероховатости увеличивается.

Свойства и структура обрабатываемого материала оказывают влияние на шероховатость поверхности.

## 2) Влияние технологических факторов на физико-механические свойства ПС

После механической обработки стальной заготовки в поверхностном слое выделяют три зоны (рис. 3.2, а):

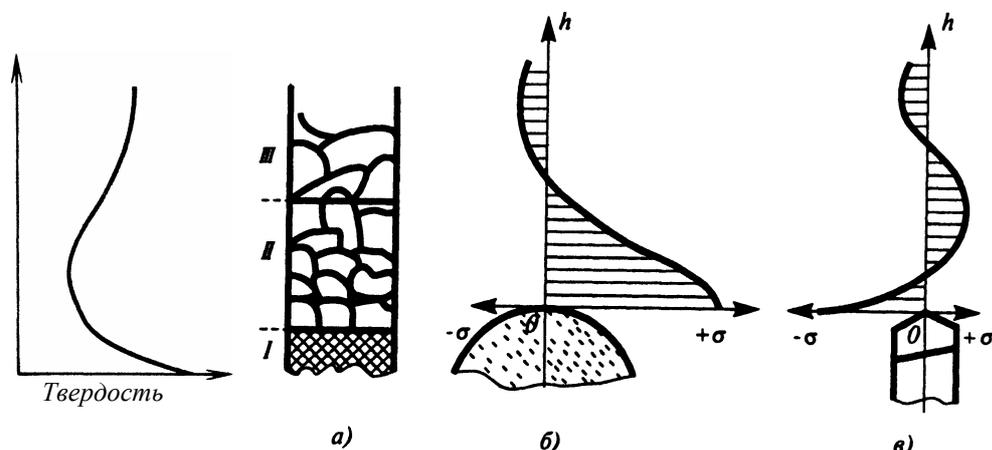


Рис. 3.2. Поверхностный слой детали из стали:

а — структура; б — напряжения в поверхностном слое после абразивной обработки; в — напряжения в поверхностном слое после лезвийной обработки

*I* — зона резко выраженной деформации; характеризуется большими искажениями кристаллической решетки металла, раздроблением зерен, высокой твердостью;

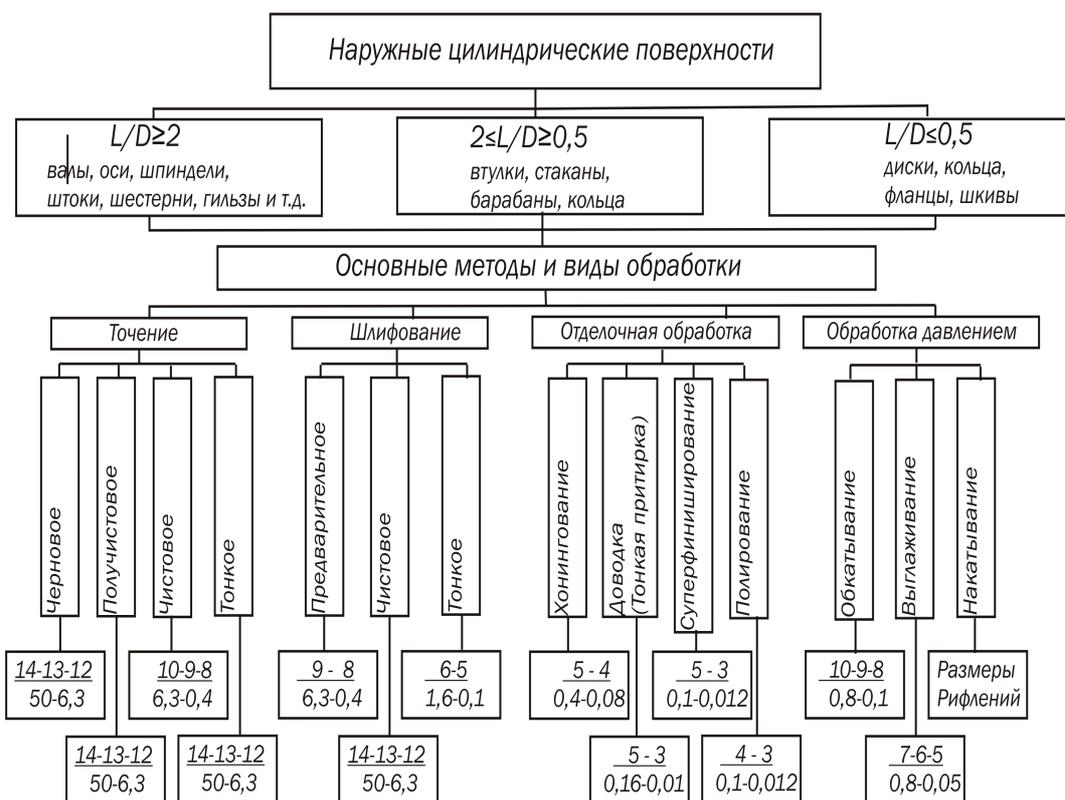
*II* — зона деформации; в этой зоне наблюдается вытягивание зерен, навалкивание одних зерен на другие, понижение твердости;

*III* — переходная зона; в этой зоне состояние слоя постепенно приближается к состоянию исходного материала.

Глубина поверхностного слоя зависит от метода и режимов обработки и составляет от 5 мкм при тонкой обработке до сотен мкм — при черновой.

Физико-механические свойства поверхностного слоя определяются применяемыми методами и режимами изготовления и обработки заготовок.

**Тема: МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**



*Классификация основных видов обработки наружных цилиндрических поверхностей*

Детали, имеющие поверхности вращения (цилиндрические, наружные, фасонные, цилиндрические внутренние и др.) обрабатывают на различных станках:

- токарной группы (резные, токарно-карусельные, токарно-револьверные и т.д.);
- шлифовальной группы (круглошлифовальные, притирочные, полировальные и т.п.).

## 9. Точение

Обработка на токарных станках. Для обработки наружных поверхностей применяют как центровые, так и бесцентровые станки. Широкое применение нашли универсальные токарные патронно-центровые станки горизонтальной компоновки.

Наиболее распространенным методом обработки цилиндрических наружных поверхностей является точение резцом (резцами).

При установке и обработке заготовок: валов, осей, стержней и т. П., в качестве дополнительной опоры, повышающей жесткость технологической системы, применяют люнеты (подвижные и неподвижные).

Для точения цилиндрических поверхностей и поверхностей, прилегающих к ним и ограничивающих их длину (торцы, уступы, канавки, радиусы и т. П.), применяют проходные, подрезные (прямые и отогнутые), отрезные, канавочные и другие резцы с напайными пластинами из быстрорежущей стали или твердых сплавов и композиционных.

Напайные пластины на резцах применяют в единичном производстве чаще, чем многогранные пластины с механическим креплением, которые широко распространены в серийном и массовом производстве при обработке заготовок на станках с ЧПУ.

Проходные резцы для чистовой обработки выполняют с большим радиусом закругления при вершине резца и более тщательно доводят режущие грани. При достаточной жесткости станка применяют чистовые широкие резцы из твердого сплава (рис. 12.2, е), чем достигается высокое качество поверхности.

На черновых операциях повышения производительности обработки добиваются увеличением глубины резания (уменьшение числа рабочих ходов), а также подачи.

На чистовых операциях подача ограничивается заданной шероховатостью поверхности, поэтому сокращение основного времени возможно за счет увеличения скорости резания твердосплавным инструментом.

Для повышения производительности применяют *силовое резание* – обработку с большими подачами твердосплавными резцами, имеющими вспомогательный угол в плане  $\phi_x = 0$ . Силовое резание позволяет получать поверхность  $Ra = 3,2 \dots 1,6$  мкм при подаче  $S_0 = 3 \dots 4$  мм/об и скорости резания  $V = 60 \dots 150$  м/мин.

На универсальных токарно-карусельных станках обрабатывают заготовки деталей типа тел вращения разнообразной формы с  $D \leq 10\ 000$  мм при  $L/D \leq 1$ .

**Рис. 3. Схемы точения цилиндрических поверхностей на токарно-карусельных станках:**

а) с помощью вертикального суппорта, б) с помощью бокового суппорта, в) по методу деления припуска между двумя резцами, г) по методу деления длины (вертикальным и боковым суппортом).

Токарно-карусельные станки с ЧПУ позволяют автоматизировать обработку и в 2-2,5 раза повысить производительность труда.

## Обработка на токарно-револьверных станках.

На токарно-револьверных станках обрабатывают разнообразные заготовки деталей типа тел вращения из пруткового материала или из штучных заготовок.

Совмещение переходов обработки в операции типично для револьверных станков. Токарно-револьверные станки при обработке наружных поверхностей обеспечивают точность по 12 – 9-му квалитету и параметр шероховатости поверхности  $Ra = 12,5 \dots 6,3$  мкм. На токарных станках общего назначения переходы сложной операции выполняют последовательно один за другим.

В серийном производстве производительность труда повышают путем совмещения переходов операции и применения многоинструментных наладок.

**Контурное фрезерование** по отношению к точению является наиболее производительным методом обработки наружных поверхностей заготовок деталей типа тел вращения. Фрезерование проводят периферией дисковой фрезы.

Выполняют на вертикально-фрезерных станках и станках с ЧПУ концевыми фрезами, закрепленными на поворотных столах. Точность обработки по контуру обеспечивается по 10-9-му квалитету, а  $Ra - 8 \dots 5$  мкм. 57орячее57ют для обработки на специальных фрезерных станках заготовок ступенчатых валов, коленчатых и т. П.

**Протягивание** наружных цилиндрических и других поверхностей применяют в массовом производстве и выполняют на станках специального назначения, например станках для протягивания шеек коленчатого вала двигателей внутреннего сгорания рис. 5.

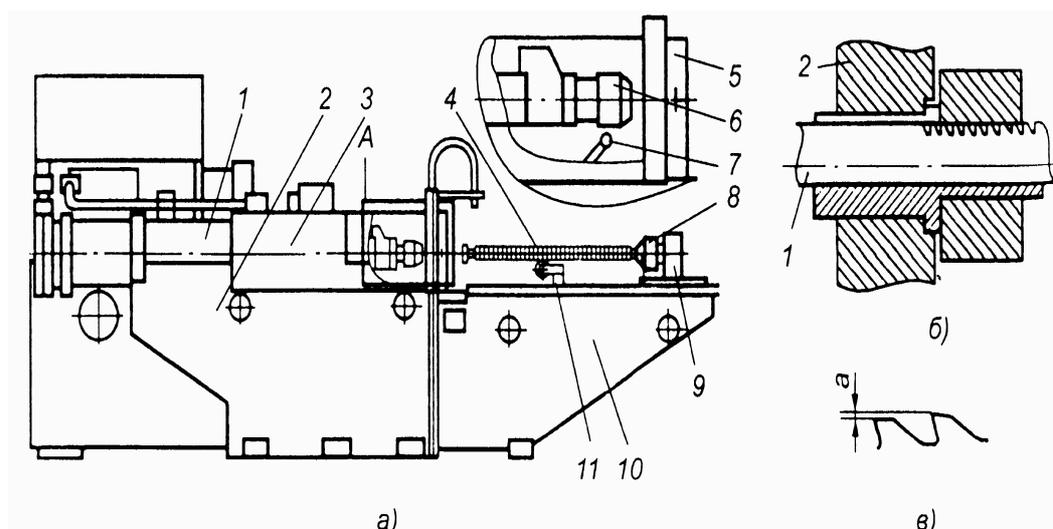


Рис. 5. Протяжной станок

При протягивании заготовка вращается, а плоская протяжка прямолинейно перемещается. Ширина протяжки соответствует ширине обрабатываемой поверхности. При этом каждый зуб протяжки работает как резец.

Протягивание является высокопроизводительным методом обработки и

обеспечивает точность по 8-7-му качеству и  $Ra = 6,3 \dots 0,2$  мкм.

### Чистовая и тонкая обработка

Тонкое точение характеризуется высокими скоростями резания (100-1000 м/мин и более), малыми подачами (0,01-0,15 мм/об) и глубинами резания (0,05-0,3 мм), высокой виброустойчивостью технологической системы.

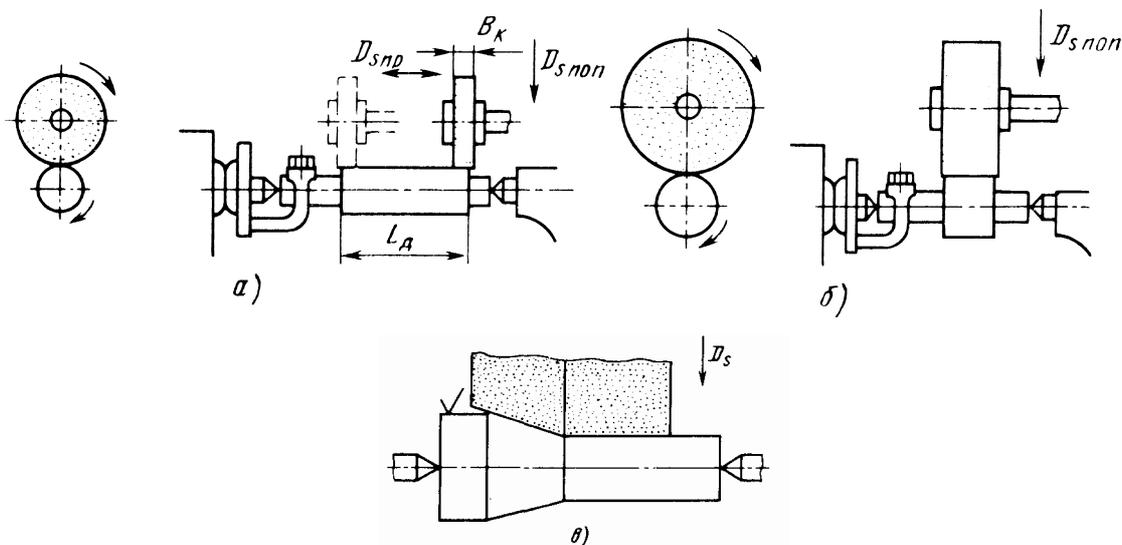
При тонком точении используют проходные, подрезные и другие резцы с режущими элементами из алмазов, композиционных материалов, твердых сплавов, керамических материалов и сверхтвердых сплавов (гексанида-Р, эльбора-Р).

Тонкое точение обеспечивает получение наружных и внутренних цилиндрических поверхностей деталей типа тел вращения правильной геометрической формы с точным пространственным расположением осей и является высокопроизводительным методом.

## II. Шлифование

**Шлифование** – метод обработки поверхностей деталей машин при помощи абразивных инструментов (шлифовальных кругов).

Шлифование наружных поверхностей деталей типа тел вращения производят на круглошлифовальных, торцекруглошлифовальных станках, бесцентрово-шлифовальных полуавтоматах и автоматах как высокой, так и особо высокой точности.



**Рис. 6. Схема наружного шлифования деталей типа тел вращения:**

а) с продольным движением подачи, б) врезного, в) глубинного

Окружная скорость заготовки при обработке – 10-50 м/мин; она зависит от диаметра обработки заготовки. Окружная скорость шлифовального круга (скорость резания)  $v = 30 \dots 60$  м/с.

Подача  $S$  и глубина резания  $t$  варьируются в зависимости от способов шлифования. Различают следующие разновидности шлифования:

- продольное (с продольным движением подачи);
- врезное (с поперечным движением подачи).

*Шлифование с продольным движением подачи* (рис. 6, а) осуществляется за четыре этапа:

10.врезание, 2. чистовое шлифование, 3. выхаживание, 4. отвод.

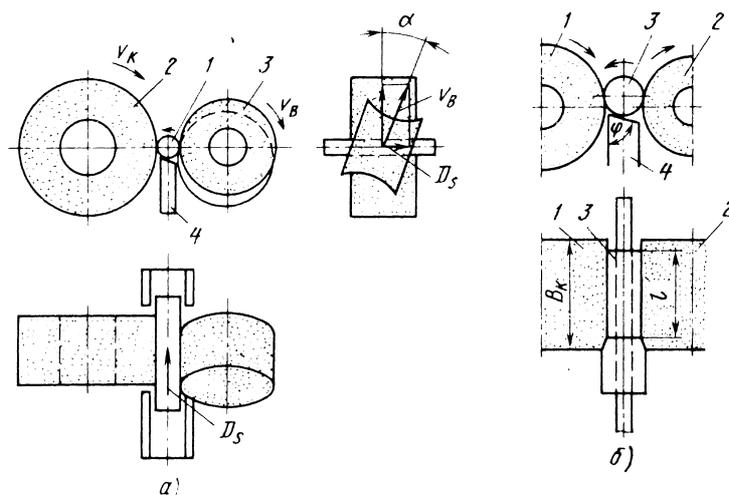
*Врезное шлифование* (рис. 6, б) применяют для обработки поверхностей, длина которых не превышает высоту шлифовального круга. Его преимущество – большая производительность и простота наладки, однако оно уступает продольному шлифованию по достигаемому качеству поверхности.

Врезное шлифование широко применяют в массовом и крупносерийном производстве. Рекомендуемые скорости резания  $v = 50 \dots 60$  м/с; радиальная (поперечная) подача при окончательном шлифовании  $S_{non} = 0,001 \dots 0,005$  мм/об.

*Глубинное шлифование.* Оно характеризуется большой глубиной резания (0,1—0,3 мм) и малой скоростью резания. При этом способе шлифования меньше, чем при врезном, сказывается влияние погрешности формы исходной заготовки и колебания припуска при обработке. Глубинное шлифование (рис. 6, в) применяют для обработки заготовок без предварительной лезвийной обработки. Припуск снимают за один рабочий ход. Производительность труда повышается в 1,2—1,3 раза по сравнению с продольным шлифованием.

### **Бесцентровое круглое шлифование.**

Сущность бесцентрового шлифования рис. 7 заключается в том, что шлифуемая заготовка помещается между шлифовальным 2 и ведущим 3 кругами и поддерживается ножом (опорой) 4. Центр заготовки при этом должен быть несколько выше линии, соединяющей центры обоих кругов, примерно на 10-15 мм и больше, в зависимости от диаметра обрабатываемой заготовки во избежание получения огранки. Шлифовальный круг имеет окружную скорость  $v_k = 30 \dots 65$  м/с, а ведущий –  $v_b = 10 \dots 40$  м/мин. Так как коэффициент трения между кругом 3 и обрабатываемой заготовкой больше, чем между заготовкой и кругом 2 (рис. 7. а), то ведущий круг сообщает заготовке вращение со скоростью круговой подачи  $v_b$ . Благодаря скосу ножа, направленному в сторону ведущего круга, заготовка прижимается к этому кругу.



**Рис. 7. Схема бесцентрового круглого шлифования:** а) проходного, б) врезного

Обработке подвергаются заготовки деталей типа тел вращения с цилиндрическими, коническими и фасонными поверхностями. Применяют два метода шлифования:

- проходное (способ продольного движения подачи рис. 7, а). За несколько рабочих ходов можно достигнуть точности по 6-му качеству и  $Ra \leq 0,2$  мкм.

- врезное (способ поперечного движения подачи, рис. 7, б). Обрабатывают заготовки круглых деталей с уступами, а также заготовки, имеющие форму конуса.

### III. Отделочная обработка

**Хонингование.** Хонингование осуществляется абразивными брусками, совершающими возвратно-поступательное и вращательное движения, в результате которых абразивные зерна обрабатывают поверхность.

Хонингование применяют для обработки внутренних цилиндрических, конических и других поверхностей (отверстий).

**Суперфиниширование** – отделочная обработка различных поверхностей деталей, в том числе цилиндрических, абразивными брусками. В результате суперфиниширования шероховатость поверхности снижается до  $Ra = 0,1 \dots 0,012$  мкм, увеличивается относительная опорная длина профиля поверхности с 20 до 90%. Существенного изменения размеров и макрогеометрии поверхности не наблюдается. Обработка производится мелкозернистыми (зернистость не ниже 320) брусками с добавлением смазочного вещества (смесь керосина с маслом) при небольшой скорости (до 2,5 м/с) и с весьма малыми давлениями инструмента на поверхность детали (0,1 – 0,3 Мпа – для заготовок деталей из стали; 0,1-0,2 Мпа – для заготовок деталей из чугуна и 0,05-0,1 Мпа – для заготовок деталей из цветных металлов).

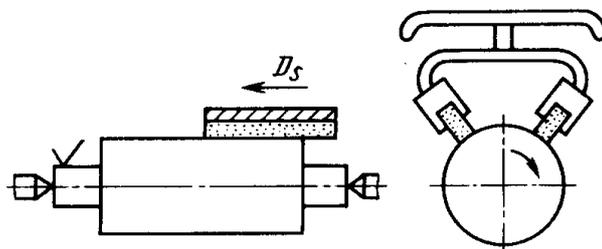


Рис. 8. Схема суперфиниширования

**Ультрафиниш.** Дает возможность получать поверхности с весьма 600-ой шероховатостью (0,007-0,012 мкм) и хорошей макрогеометрией. Процесс осуществляется посредством мягкого притира, прилегающего к поверхности заготовки и перемещающегося относительно нее. Обработка ведется со скоростью 100-180 м/мин, с применением жидкости и притирочного материала. Ультрафиниш пригоден как для обработки заготовок из мягких, так и из твердых металлов.

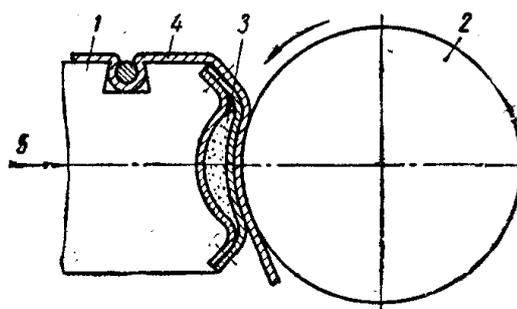


Рис. 98. Схема ультрафиниша при обработке поверхности вращения:

1 — корпус притира; 2 — заготовка; 3 — пек или каменная смола в оболочке из брезента, покрытой маслостойким щелочным лаком; 4 — сменная полировальная ворсистая ткань; 5 — поджим

**Доводка. Тонкая притирка.** Абразивная доводка является окончательным методом обработки заготовок деталей типа тел вращения, обеспечивающим малые отклонения размеров, отклонение формы обрабатываемых поверхностей и  $Ra = 0,16 \dots 0,01 \text{ мкм}$ . Этот метод характеризуется одновременным протеканием механических, химических и физико-химических процессов. Доводку выполняют с помощью ручных притиров, а также на плоскодоводочных станках с планетарным и эксцентриковым исполнительным механизмом. При доводке используют абразивные порошки в виде паст или абразивных суспензий.

**Полирование.** Предназначено для уменьшения параметров шероховатости поверхности без устранения отклонений размеров и формы деталей. При окончательном полировании достигается (при малых давлениях резания 0,03-0,2 Мпа) параметр шероховатости  $Ra = 0,1 \dots 0,012 \text{ мкм}$ . Абразивными инструментами являются эластичные круги (войлок, ткань, кожа и т. П.), покрытые полировальными пастами, шлифовальные шкурки и свободные абразивы (обработка мелких заготовок в барабанах и виброконтейнерах). В качестве абразивных материалов применяют электрокорунд, карбиды кремния, бора, окись хрома, железа, алюминия, пасты ГОИ, алмазные и эльборовые шкурки и др.

За последнее время большое развитие получило полирование и шлифование лентами, покрытыми абразивными зёрнами и порошками. Метод применяется для металлических и неметаллических материалов (стекло, фарфор и т. П.) для отделки поверхности фасонных деталей, прутков, труб и т. П.

**Обработка абразивной струей** применяется для повышения класса чистоты поверхности без изменения формы и размеров обрабатываемой заготовки. Водно-абразивная суспензия подается под давлением на заготовку через сопло, изготовленное из твердого сплава. Абразивные зёрна попадают на обрабатываемую поверхность с большой скоростью и сглаживают ее микронеровности.

Тема: МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕ-

# СКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

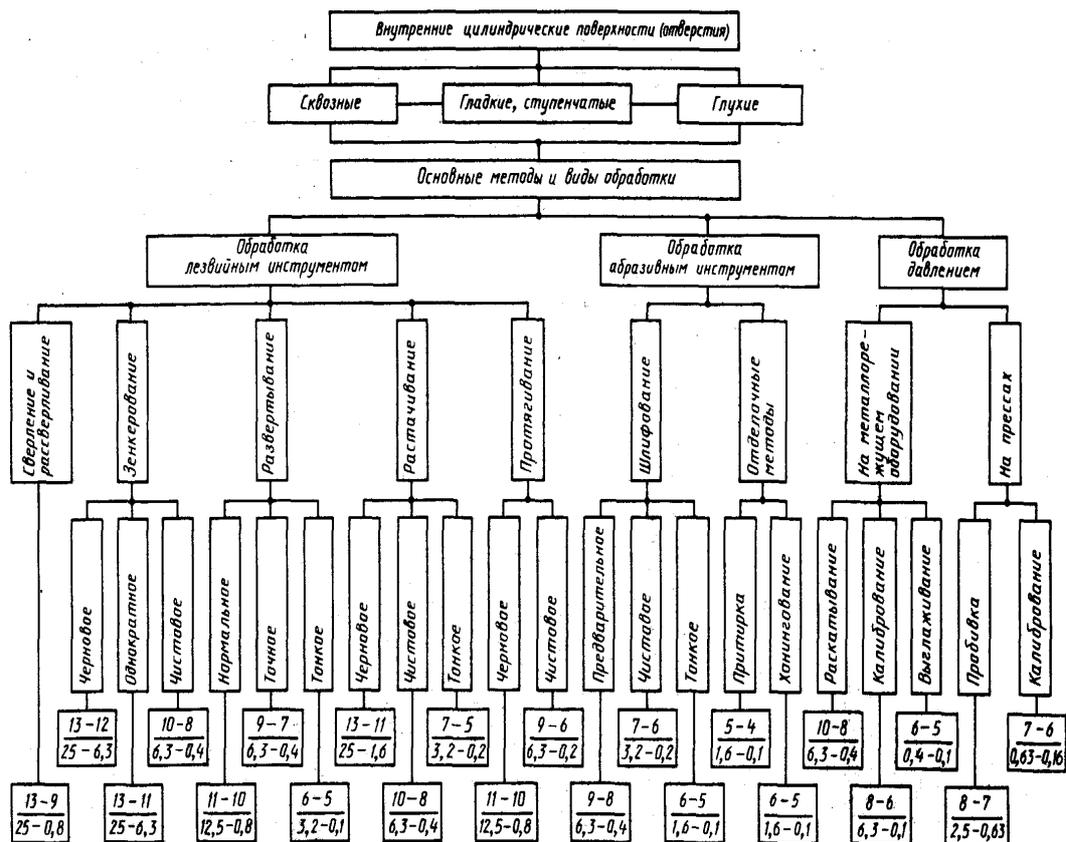


Рис. 1. Классификация видов обработки внутренних цилиндрических поверхностей

## II. Обработка отверстий лезвийным инструментом

Обработку отверстий лезвийным инструментом производят на станках следующих групп:

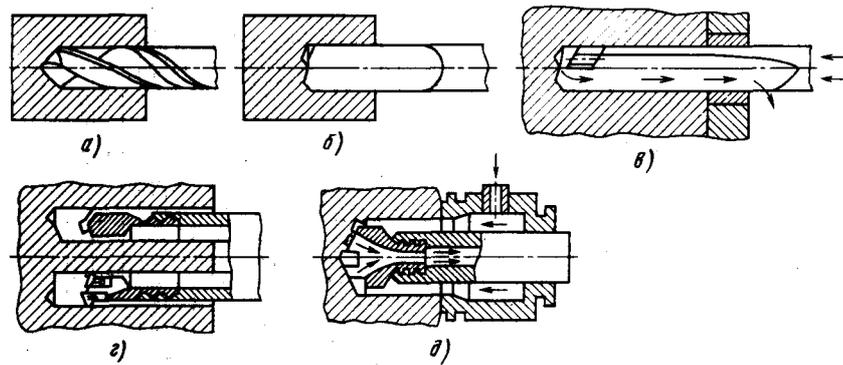
- сверлильной (вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные);
- расточной (горизонтально-расточные, горизонтальные и вертикальные отделочно-расточные, координатно-расточные);
- протяжной группы (горизонтальные и вертикальные полуавтоматы).

**Сверление отверстий.** Сверлением получают отверстия в сплошном материале (рис. 2). Для неглубоких отверстий используются стандартные сверла диаметром 0,30 – 80 мм.

Существуют два метода сверления:

- 1) вращается сверло (станки сверлильно-расточных групп);
- 2) вращается заготовка (станки, полуавтоматы, автоматы токарной группы).

Обработку отверстий диаметром до 30 – 40 мм осуществляют спиральными сверлами за один переход (рис. 2. а), при обработке отверстий больших диаметров (до 80 мм) – за два и более перехода сверлением и бурением или другими методами. Для сверления отверстий диаметром свыше 80 мм применяют сверла или сверлильные головки специальных конструкций.



**Рис.2. Схемы обработки отверстий сверлами:**

а) спиральным, б) полукруглым, в) ружейными одностороннего резания с внешним отводом, г) трепанирующим, д) ружейным с внутренним отводом

Для борьбы с уводом сверла или искривлением оси отверстия применяются следующие способы:

- применение малых подач, тщательная заточка сверла;
- применение предварительного засверливания (зацентровки);
- сверление с направлением спирального сверла с помощью кондукторной втулки;
- сверление вращающейся заготовки при не вращающемся или вращающемся сверле.;
- сверление специальными сверлами при вращающейся или неподвижной заготовке.

К специальным сверлам относятся:

- полукруглые (рис. 2. б) – разновидность ружейных сверл одностороннего резания. Применяются для обработки заготовок из материалов, дающих хрупкую стружку (латунь, бронза, чугун);
- ружейные – одностороннего резания с внешним отводом (рис. 2. в) и внутренним отводом (рис. 2. г) с твердыми пластинами (неперетачиваемые припаянные или с механическим креплением пластин), предназначенные для высокопроизводительного сверления;
- трепанирующие (кольцевые) сверла (рис. 2. д) для сверления отверстий диаметром 80 мм и более, длиной до 50 мм.

**Зенкерование отверстий** – предварительная обработка литых, б3орячпованных или просверленных отверстий под последующее развертывание, растачивание или протягивание. При обработке отверстий по 13 – 11-му качеству зенкерование может быть окончательной операцией. Зенкерованием обрабатывают цилиндрические углубления (под головки винтов, гнезд под клапаны и др.), торцовые и другие поверхности.

Режущим инструментом при зенкеровании является зенкер. Зенкеры изготовляют цельными с числом зубьев 3 – 8 и более, диаметром 3 – 40 мм; насадными диаметром 32 – 100 мм и сборными регулируемые диаметром 40 – 120 мм.

Зенкерование является производительным методом:

- повышает точность предварительно обработанных отверстий;

- частично исправляет искривление оси после сверления.

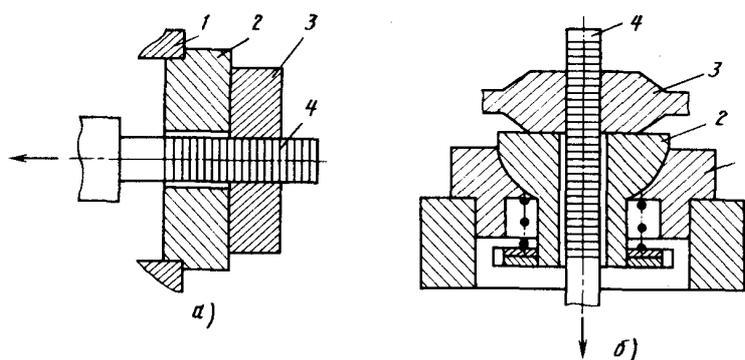
**Развертывание отверстий** – чистовая обработка отверстий с точностью до 7-го квалитета. Развертыванием обрабатывают отверстия тех же диаметров, что и при зенкеровании. Развертки рассчитаны на снятие малого припуска. Они отличаются от зенкеров большим числом (6 – 14) зубьев. Для получения отверстий повышенной точности, а также при обработке отверстий с продольными пазами применяют винтовые развертки. Развертыванием достигается высокая точность обработки и малая шероховатость поверхности. Следует отметить, что обработанное отверстие получается несколько большего диаметра, чем диаметр самой развертки. Это называют разбивкой отверстия. Разбивка может составлять 0,005 – 0,08 мм.

В настоящее время имеется целый ряд приемов и методов, повышающих производительность труда при обработке отверстий:

1. применение комбинированных режущих инструментов;
2. применение быстросменных патронов;
3. применение специальных приспособлений (кондукторов) и многошпиндельных сверлильных головок на сверлильных, расточных и агрегатных станках.

**Протягивание отверстий.** В массовом, крупносерийном и серийном производстве широко применяют обработку отверстий протягиванием. Протягивание является одним из прогрессивных способов обработки металлов резанием как в отношении производительности, так и в отношении достигаемых точности и шероховатости. По сравнению с развертыванием, например, протягивание производительнее в 8-9 раз и выше.

Протягивание осуществляется многолезвийным инструментом – протяжкой, которая протягивается через обрабатываемое отверстие (рис. 12.12). Внутренним протягиванием обрабатывают различные отверстия: круглые (цилиндрические), шлицевые, многогранные и др.



**Рис. 4. Схема протягивания отверстий:**

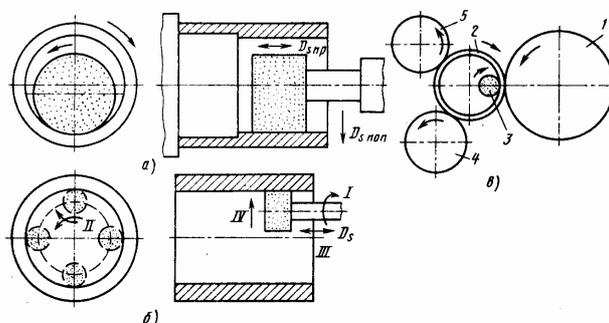
а) горизонтальная, б) вертикальная; 1 – жесткая опора, 2 – шаровая опора, 3 – обрабатываемая заготовка, 4 – протяжка

### **III. Обработка отверстий абразивным инструментом**

Для обработки отверстий применяют шлифование, хонингование, притирку.

**Шлифование.** Внутреннее шлифование применяют для окончательной обработки отверстий закаленных деталей или в тех случаях, когда невозможно применить другие, более производительные методы обработки. Оно осуществляется на внутришлифовальных станках и бесцентрово-внутришлифовальных автоматах.

Различают три основных вида внутреннего шлифования (рис. 12.13):



**Рис. 5. Виды внутреннего шлифования:**

а) во вращающейся заготовке, б) планетарного, в) бесцентрового

**Хонингование** – один из методов отделочной обработки отверстий – осуществляется с помощью хонинговальных головок (хонов) со вставными абразивными брусками.

Хонинговальная головка совершает совмещенное движение: вращательное и возвратно-поступательное при постоянном давлении абразивных брусков на обрабатываемую поверхность в среде смазочно-охлаждающей жидкости.

В процессе хонингования абразивные бруски удаляют слой металла толщиной  $0,3-0,5$  мкм за один двойной рабочий ход. При этом снимаются как микронеровности, оставшиеся после предыдущей операции, так и некоторая часть основного металла, что позволяет устранять конусность, овальность, бочкообразность.

Предварительная обработка отверстий под хонингование может быть выполнена растачиванием, зенкерованием, развертыванием или бóрячееб565и ем и должна обеспечивать точность обработки не ниже чем по 7 – 8-му качеству и  $Ra - 6,3 \dots 3,2$  мкм.

**Притирка** (доводка внутренних поверхностей). Этот метод аналогичен притирке наружных цилиндрических поверхностей. Притирка малопродуктивна, поэтому в машиностроении ее применяют сравнительно редко.

### **Пробивка отверстий**

Для получения отверстий малых диаметров (до  $3,5-5$  мм) в плоских стальных деталях толщиной до  $5$  мм и деталях из цветных металлов толщиной до  $10$  мм в крупносерийном производстве используют высокопроизводительный метод – пробивку в штампах.

С помощью дыропробивных штампов одновременно можно получить до 20 отверстий и более. Для получения большой точности отверстий с параллельными осями (по диаметру – до  $0,005$  мм и по межцентровым расстоя-

ниям – до 0,01 мм) после сверления или пробивки выполняют калибрование отверстий в штампах.

## Тема: МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

### 11. Основные методы обработки плоских поверхностей

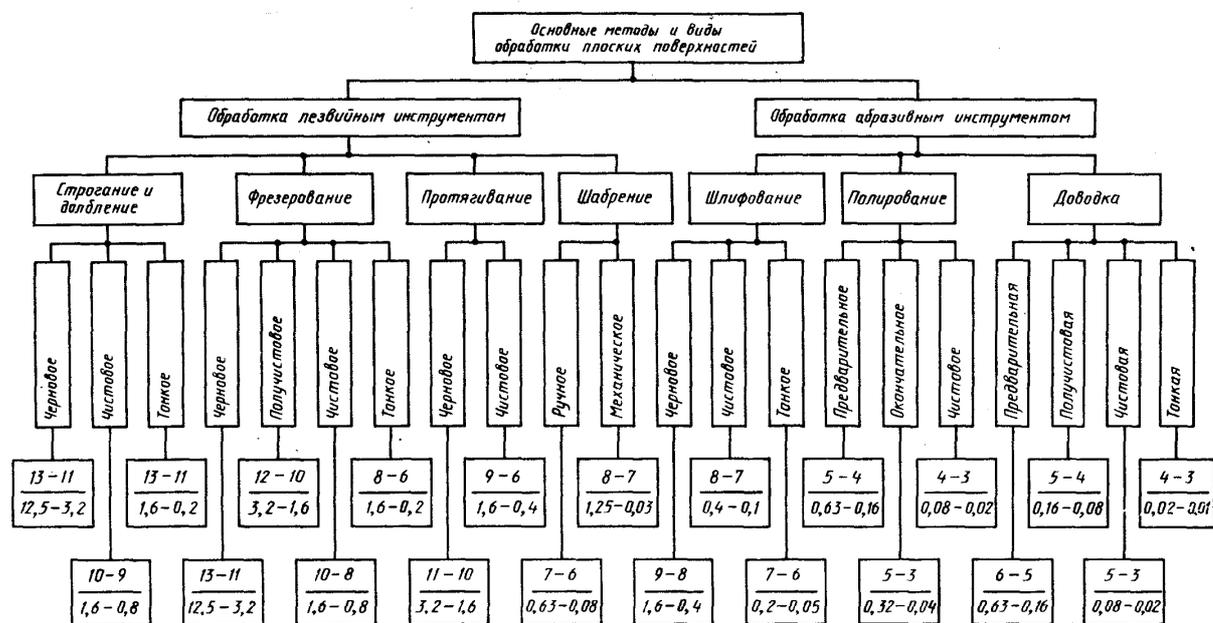


Рис. 13.1. Классификация основных методов обработки плоских поверхностей: цифры в числителе означают достигаемые классы, в знаменателе — параметр шероховатости  $R_a$ , мкм

## II. Обработка плоских поверхностей лезвийным инструментом

**Строгание** находит большое применение в мелкосерийном и единичном производстве, так как для работы на строгальных станках не требуется сложных приспособлений и инструментов, как для работы на фрезерных, протяжных и других станках.

Преимущество метода состоит в простоте настройки и получения без особых затрат 3-го класса точности. Метод пригоден для обработки длинных узких плоскостей. Однако он малопроизводителен: обработка выполняется однолезвийным инструментом (строгальными резцами) на умеренных режимах резания, а наличие холостых ходов увеличивает время обработки. Кроме того, для работы на этих станках требуются рабочие высокой квалификации. В массовом производстве он вытеснен более производительными фрезерными станками.

Строгание производится на поперечно-строгальных и строгально-фрезерных станках.

Схема обработки на поперечно-строгальном станке (рис.2) характеризуется главным возвратно-поступательным движением резца ( $v_p$  и  $v_{об}$ ); движение подачи  $S$  в поперечном направлении периодически сообщается заготовке. Однако при строгании вертикальных и наклонных плоскостей движение подачи сообщается резцу. Подача производится только при движении

резца назад. Толщина срезаемого резцом слоя за один проход составляет глубину резания  $t$  мм.

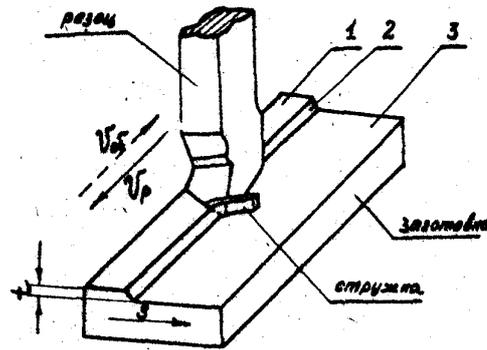


Рис. 2. Схема обработки на поперечно-строгальном станке.

### Особенности геометрии строгальных резцов.

При строгании и особенно при черновой обработке следует применять изогнутые резцы (рис.3а), так как при упругом отжиме прямого резца (рис. 3б) глубина резания  $t$  увеличивается, что снижает класс чистоты поверхности, точность обработки и стойкость инструмента.

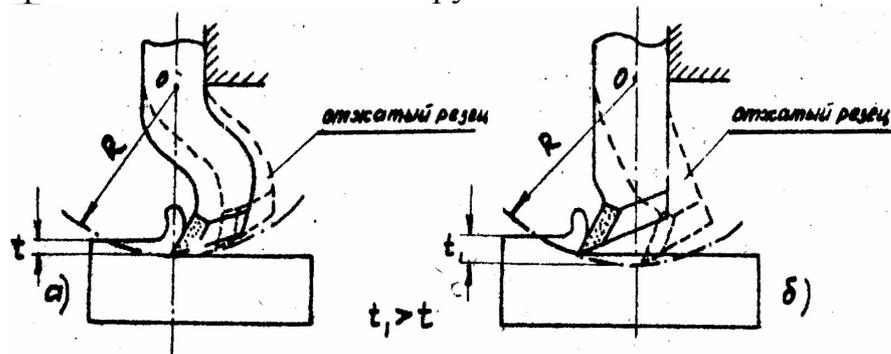


Рис. 3 Упругий отжим изогнутого и прямого строгальных резцов.

**Фрезерование** – процесс обработки металлов при помощи многолезвийного режущего инструмента – фрезы.

**Фреза** – режущий многолезвийный инструмент, каждый зуб которого представляет собой простейший резец.

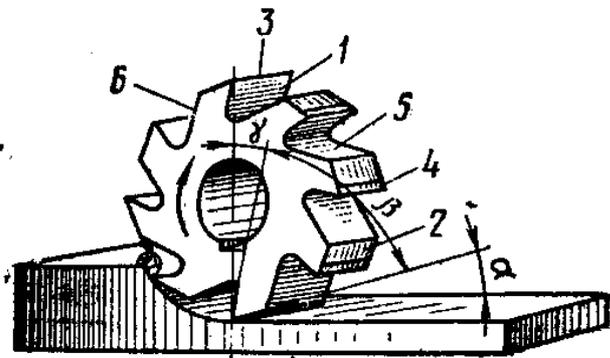


Рис. 5. Фреза.

- 1) передняя поверхность зуба – поверхность, по которой сходит стружка;
- 2) задняя поверхность зуба – поверхность, соприкасающаяся с поверхностью резания;
- 3) режущая кромка (лезвие) – кромка, срезающая металл;
- 4) ленточка – режущая кромка шириной около 0,1 мм;

- 5) впадина – выемка для размещения и выхода стружки;
- 6) спинка зуба – поверхность, смежная с передней поверхностью одного зуба и задней поверхностью соседнего.

Обработка поверхности достигается сочетанием двух движений – вращение фрезы вокруг оси и поступательного перемещения заготовки относительно фрезы.

**Основные элементы режима фрезерования.**

1. Глубина фрезерования  $t$  мм – величина слоя металла, срезаемого зубом фрезы за один проход.

2. Подачей называется продольное перемещение заготовки относительно режущих кромок зубьев фрезы. Различают подачу на один зуб фрезы  $S_z$  мм/зуб, на один оборот фрезы  $S_0$  мм/об и подачу в минуту  $S_{мин}$  мм/мин. Подачи связаны уравнением:

$$S_{мин} = S_0 \cdot n = S_z \cdot Z \cdot n ; \text{мм/мин}$$

3. Ширина фрезерования  $B$  мм – ширина обрабатываемой поверхности в направлении, параллельном оси фрезы.

4. Скорость резания при фрезеровании  $v$  м/мин равна окружной скорости фрезы и определяется по формуле:

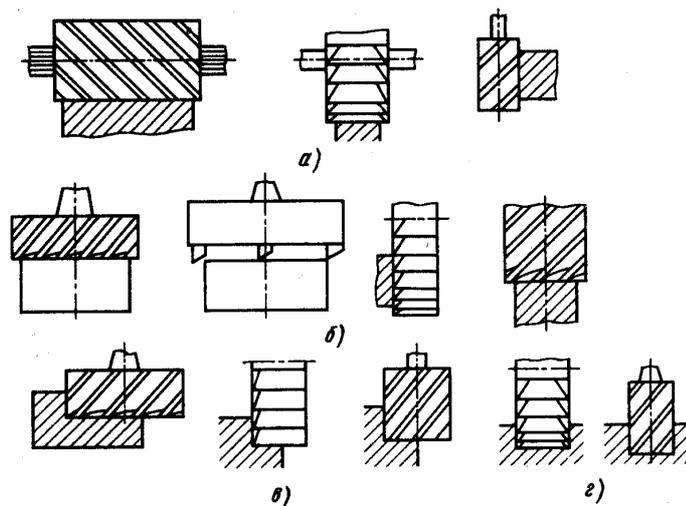
$$v = \frac{\pi Dn}{1000}$$

$D$  – диаметр фрезы в мм;

$n$  – число оборотов фрезы в минуту.

Класс чистоты поверхности достигает до 6-7-го.

**Виды фрезерования:**



**Рис. 4** Схемы фрезерования различных плоских поверхностей: а) цилиндрического, б) торцевого, в) двустороннего, г) трехстороннего

Широкое применение находит в настоящее время фрезерование торцовыми фрезами, а при достаточно больших диаметрах фрез (свыше 90 мм)

фрезерными головками (торцовыми фрезами со вставными ножами). Их преимущества перед фрезерованием цилиндрическими фрезами:

- фрезы больших диаметров повышают производительность обработки;
- участие в обработке большого числа зубьев обеспечивает более производительную и плавную работу;
- отсутствие длинных оправок дает большую жесткость крепления инструмента и возможность работы с большими подачами (глубинами резания);
- одновременная обработка заготовок с разных сторон (например, при использовании барабанно-фрезерных станков).

Использование продольно-фрезерных станков с групповой обработкой деталей и применением нескольких инструментов сокращает машинное (промежуток между деталями и длиной пути врезания инструмента) и вспомогательное время. Это происходит за счет:

1. установки деталей в один ряд, т.е. последовательно обрабатываются детали одного наименования;
2. установка деталей в два ряда;
3. установка с переключением деталей, т.е. после каждого рабочего хода стола с последней позиции снимают деталь, а после переключения остальных деталей в последующие позиции на первую позицию ставят новую деталь.

**Основное время** – часть штучного времени, затрачиваемого на изменение состояния предмета труда. Основное время на переход, выполняемый на фрезерных станках, определяется по формуле

$$T_0 = \frac{L}{S_m} \cdot i = \frac{l + l_1 + l_2}{S_m} \cdot i, \text{ мин}$$

где  $L$  – длина пути, проходимого инструментом в направлении подачи, мм;  $l$  – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи, определяемая по чертежу изделия;  $l_1$  – длина пути врезания инструмента в мм, определяемый в зависимости от типа фрезы;  $l_2$  – дополнительная длина на снятие пробной стружки, равная в зависимости от размера фрезы 5-10 мм;  $S_m$  – подача фрезы в одну минуту, мм;  $I$  – число проходов.

Одним из способов сокращения основного времени является внедрение скоростного и силового фрезерования. Как скоростное, так и силовое фрезерование выполняется фрезами, оснащенными твердосплавными и керамическими пластинами.

**Скоростное фрезерование** характеризуется повышением скоростей резания при обработке стали до 350 м/мин, цветных металлов – до 2000 м/мин при небольших подачах на зуб фрезы  $S_z$ : 0,05-0,12 мм/зуб – при обработке сталей, 0,3-0,8 мм/зуб – при обработке цветных сплавов.

**Силовое фрезерование** характеризуется большими подачами на зуб фрезы ( $S_z \geq 1$  мм).

**Протягивание.** В массовом производстве широкое распространение получило протягивание наружных плоскостей. Протягивание – самый производительный способ обработки, выполняют на специальных мощных и быстходных протяжных станках (вертикально- и горизонтально-протяжные станки), на которых обработку ведут протяжками из твердых сплавов со скоростью резания, достигающей 60 м/мин (для деталей из чугуна).

Преимущества протягивания по сравнению с фрезерованием: высокая производительность, высокая точность вследствие простоты схемы обработки и рационального распределения припуска между различными участками протяжки, высокая стойкость инструмента, - калибрующая часть снимает ничтожный припуск и хорошо сохраняет свою форму и размеры.

Недостатки протягивания: высокая себестоимость протяжки, большие силы, возникающие при протягивании, которые не позволяют обрабатывать детали малой жесткости.

Наружное протягивание можно применять для черновой и чистовой обработки, а также для зачистки и калибрования, особенно комплекса поверхностей, высокую точность относительного положения которых нужно обеспечить.

Характерным примером обработки является протягивание наружных плоскостей и поверхностей блока цилиндров автомобильного двигателя. В настоящее время фрезерование часто заменяют наружным протягиванием (канавки, пазы, плоскости).

**Шабрение.** Выполняют с помощью режущего инструмента – шабера – вручную или механическим способом. Шабрение вручную – малопродуктивный процесс, требует большой затраты времени и высокой квалификации рабочего, но обеспечивает высокую точность. Механический способ выполняют на специальных станках, на которых шабер совершает возвратно-поступательное движение.

Точность шабрения определяют по числу пятен на площади 25x25 мм (при проверке контрольной плитой). Чем больше пятен, тем точнее обработка.

Сущность шабрения состоит в соскабливании шаберами слоев металла (толщиной около 0,005 мм) для получения ровной поверхности после ее чистовой предварительной обработки. Шабрение называют тонким, если число пятен более 22 и  $Ra \leq 0,08$  мкм, и чистовым, если число пятен 6 – 10, а  $Ra \leq 1,25$  мкм.

### **III. Обработка плоских поверхностей абразивным инструментом**

Как и наружные цилиндрические поверхности деталей типа тел вращения, плоские поверхности обрабатывают шлифованием, полированием и доводкой.

**Шлифование** плоских поверхностей осуществляют на плоско-шлифовальных станках с прямоугольным или круглым столом. Плоское шлифование является одним из основных методов обработки плоскостей деталей машин (особенно закаленных) для достижения требуемого качества. В ряде слу-

чаев плоское шлифование может с успехом заменить фрезерование. Шлифование плоских поверхностей может быть осуществлено двумя способами: периферией круга и торцом круга (рис. 7).

Способы шлифования периферией круга:

- 1) многократными рабочими ходами (Рис. 7, а);
- 2) установленным на размер кругом (Рис.7, б);
- 3) ступенчатым кругом (Рис. 7, в);

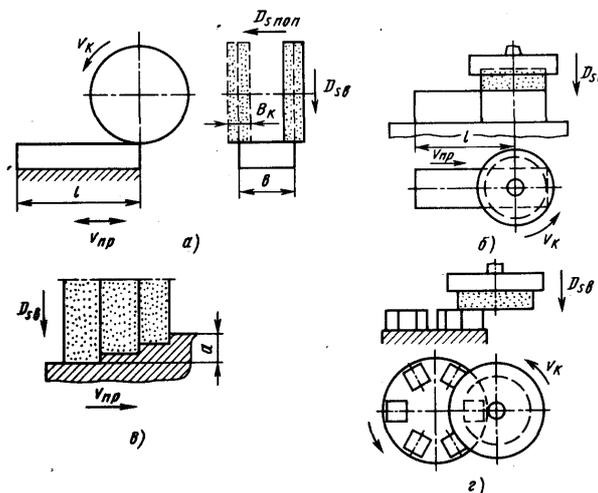


Рис. 7. Схемы шлифования плоскостей

**Доводка** – окончательная обработка деталей или инструментов после их чистовой (обычно абразивной) обработки для получения точных размеров и малой шероховатости поверхностей.

Производится при помощи притиров с применением абразивной пасты и смачивающей жидкости на доводочных станках или вручную. Доводочный станок снабжён двумя плоскими чугунными дисками (притирами), между которыми в деталедержателе помещаются детали. К специализированным Д. с. Относят станки для доводки отдельных деталей, например шеек коленчатых валов, кулачков распределит валов, клапанов и др.

### Тема: МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В технике широко распространены поверхности, ограниченные различного рода кривыми линиями. Такие геометрические поверхности называют фасонными. Кроме стандартных фасонных поверхностей (резьба, зубья зубчатых колес, шлицы, обработка которых рассмотрена выше), существуют специальные:

- ✓ прямолинейно-фасонные поверхности;
- ✓ фасонные поверхности вращения;
- ✓ объемно-фасонные.

**Классификация методов обработки фасонных поверхностей:**

- ✓ Обработка фасонным инструментом. Наиболее производительна и проста. Применяют при точении, фрезеровании, протягивании, шлифовании и т. Д.);
- ✓ Обработка по разметке. Наиболее простой метод, применяемый в единичном и мелкосерийном производстве (строгание, фрезерование и т. Д.);
- ✓ Обработка с помощью копировальных устройств в станках общего назначения. Применяют в серийном и массовом производстве;
- ✓ Обработка на копировальных станках применяется только в крупносерийном и массовом производстве;

Обработка на станках с ЧПУ. Применяют вместо копировальных устройств. Обработка осуществляется с помощью программных устройств с электронно-гидравлическим приводом.

### ***Обработка фасонных поверхностей точением, растачиванием и сверлением***

Фасонными резцами обрабатывают на токарных станках фасонные поверхности небольшой длины методом врезания. На станках, приспособленных для автоматического получения размеров (револьверные, полуавтоматы, автоматы), фасонную поверхность обрабатывают за одну операцию вместе с другими поверхностями.

В единичном производстве производят точение по разметке, которую делают не на заготовке, а на металлической пластине (рис. 1) или на листе бумаги, которые закрепляют на станке:

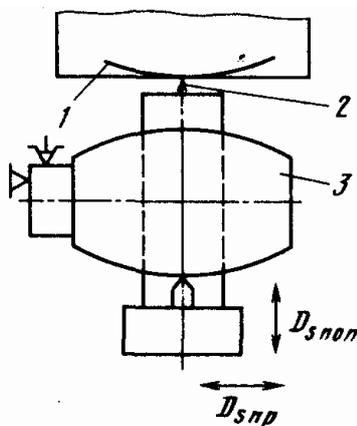


Рис. 1. Схема точения по разметке

Манипулируя ручьятками продольного и поперечного движения подачи с помощью конца чертилки 2, воспроизводящей размеченный профиль, производят обработку заготовки 3. Точность и производительность этого метода низкие.

При обработке длинных фасонных поверхностей вращения применяют копии. Применение копиров позволяет производить обточку профилей разнообразного вида.

Обтачивание фасонных поверхностей также производится на обычных токарных станках с помощью специального гидроконтрольного суппорта

или на специальных гидрокопировальных станках подобно тому, как обтачиваются ступенчатые валики. В этом случае устанавливают копиры соответствующего профиля.

Обработку отверстий фасонных поверхностей растачиванием выполняют, как и наружное обтачивание, фасонными резцами и по копирам.

Обработка фасонных отверстий сверлением осуществляется 73орячеми перовыми сверлами. Окончательная обработка отверстий (например, конических, ступенчатых) может быть осуществлена фасонным зенкером или разверткой.

### **Обработка фасонных поверхностей фрезерованием, строганием, протягиванием**

Замкнутые фасонные и незамкнутые прямолинейно-фасонные поверхности чаще всего получают фрезерованием. В массовом и крупносерийном производстве при фрезеровании коротких фасонных поверхностей 73орячее73ют фасонные фрезы. При обработке больших по длине профилей, когда фасонные фрезы применить невозможно или затруднительно, применяют фрезерование по копиру (рис. 2):

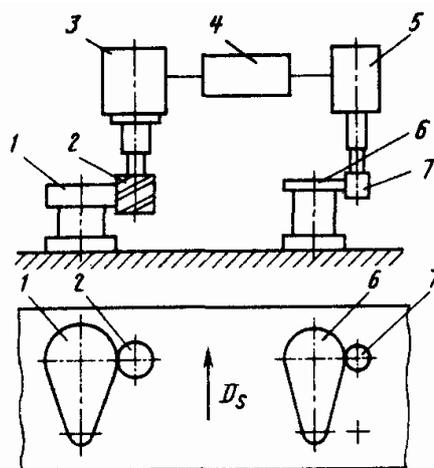


Рис. 2. Принципиальная схема копировально-фрезерного станка

Обработка объемных фасонных поверхностей осуществляется на специальных копировальных станках. Системы программного управления металлорежущими станками служат для автоматического регулирования перемещений исполнительных органов станка по заданной программе, необходимых для выполнения обработки. Это дает возможность обрабатывать фасонные поверхности без применения специальных копиров.

Станки с ЧПУ используют в производстве для обработки фасонных поверхностей всех типов, что позволяет увеличить производительность более чем на 50% по сравнению с производительностью обычных фрезерных станков.

В качестве отделочной обработки применяют шлифование и полирование. Шлифование фасонных поверхностей осуществляется с помощью шли-

фовальных кругов с криволинейной образующей на кругло- или внутришлифовальных станках. Шлифование можно проводить и на бесцентрово-шлифовальных станках. Точность чистового шлифования — в пределах 7 – 6-го качества и достигаемая шероховатость 1,25 ... 0,5 мкм.

## Тема: МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В машиностроении наибольшее применение получили цилиндрические (крепежные и ходовые), а также конические резьбы. Основной разновидностью цилиндрической резьбы является метрическая треугольного профиля.

Для получения посадок резьбовых деталей с гарантированным зазором стандартом предусмотрено пять ( $d, e, f, g, h$ ) основных отклонений для наружной и четыре ( $E, F, G, H$ ) для внутренней резьб. Эти отклонения одинаковы для всех диаметров резьб. Степени точности изготовления диаметральных размеров резьбовых деталей следующие: наружный диаметр болта – 4, 6, 8-я; средний диаметр болта – 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10-я; внутренний диаметр гайки – 4, 5, 6, 7, 8, 9-я; средний диаметр гайки – 4, 5, 6, 7, 8, 9-я. Стандартом предусмотрены также соединения резьбовых деталей с гарантированным натягом и с переходными посадками.

### 12. Общие сведения о резьбах

**Профилем резьбы** называется сечение ее витка плоскостью, проходящей через ось цилиндра, на котором образована резьба.

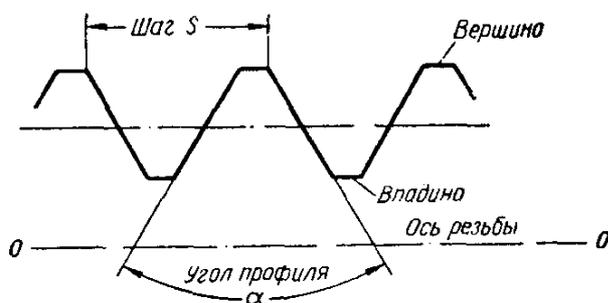


Рис. 1. Элементы профиля резьбы

**Элементы профиля резьбы.** Элементами профиля резьбы являются угол профиля, его вершина и впадина (Рис. 1).

*Углом* профиля  $\alpha$  называется угол между боковыми сторонами витка, измеренный в диаметральной плоскости.

*Вершиной* профиля называется линия, соединяющая боковые стороны его поверх витка.

*Впадиной* профиля называется линия, образующая дно винтовой канавки. Вершины и впадины могут быть плоско срезанными или закругленными.

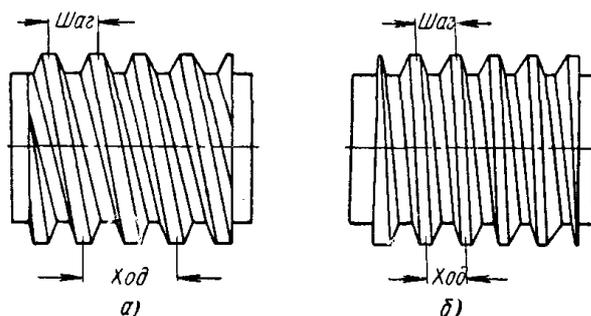
*Шагом* резьбы  $s$  является расстояние между двумя рядом лежащими вершинами резьбы.

**Диаметры резьбы.** Резьба характеризуется тремя диаметрами: наружным, внутренним и средним.

*Наружным диаметром* резьбы называется диаметр цилиндра, описанного около резьбовой поверхности.

*Внутренним диаметром* резьбы называется диаметр цилиндра, вписанного в резьбовую поверхность.

*Средним диаметром* резьбы называется диаметр цилиндра, соосного с резьбой, образующие которого делятся боковыми сторонами профиля на равные отрезки.



**Рис. 2.** Резьбы.

А) многоходовая (двухходовая); б) одноходовая.

**Угол подъема резьбы.** Угол, образованный направлением выступа резьбы с плоскостью, перпендикулярной к его оси, называется углом подъема резьбы. Этот угол определяется по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{s}{\pi d_2}$$

где  $\varphi$  – угол подъема резьбы в град.;  $s$  – шаг резьбы в мм;  $\pi = 3,14$ ;  
 $d_2$  – средний диаметр резьбы в мм.

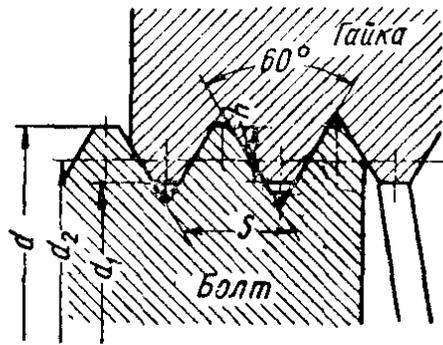
Резьбы подразделяются на правые и левые, с зазором и без зазора, одноходовые и многоходовые.

У резьб с зазором соприкасаются лишь боковые стороны, а на вершине и во впадинах имеются зазоры. Резьбы без зазора соприкасаются полностью всем профилем.

### **Метрическая резьба**

В зависимости от назначения резьбового соединения применяют метрические резьбы с крупным или мелким шагом, отличающиеся между собой величиной шага при одном и том же диаметре.

У всех метрических резьб угол профиля равен  $60^\circ$ , а вершины и впадины плоско срезаны; шаг их измеряется в миллиметрах. Между впадиной и вершиной резьбы имеется зазор.

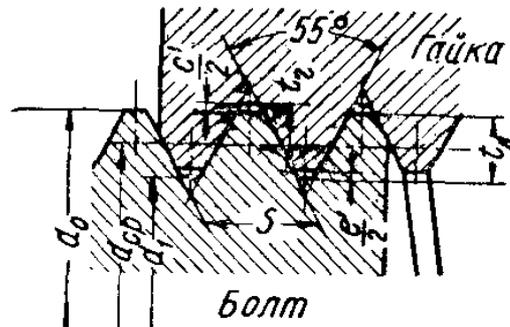


**Рис. 3.** Профиль метрической резьбы

Метрические резьбы допускаются изготавливать с крупным шагом для диаметров от 1 до 68 мм и с мелкими шагами для диаметров от 1 до 600 мм.

Кроме указанных резьб применяют специальные резьбы; трубную, упорную, круглую и др.

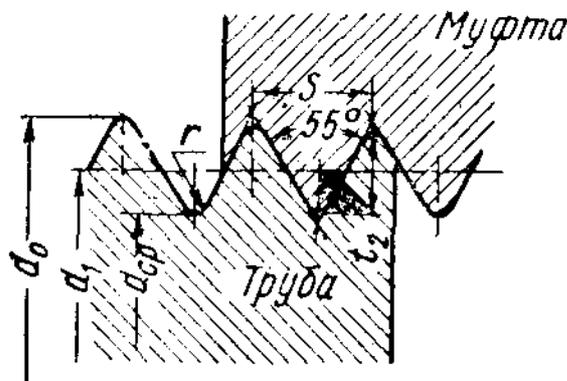
**Дюймовая резьба.**



**Рис. 4.** Профиль дюймовой резьбы

Угол профиля дюймовой резьбы равен  $55^\circ$ . Вершина и впадина плоско срезаны. Шаг дюймовой резьбы выражается числом ниток на 1 дюйм. Между впадиной и вершиной резьбы имеется зазор.

**Трубная резьба.**

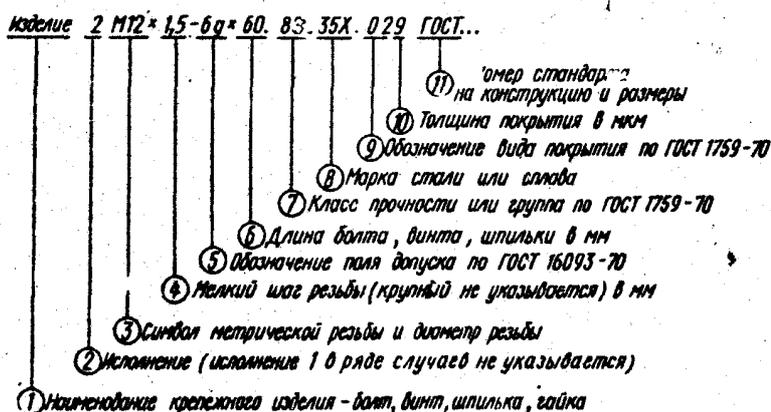


**Рис. 5.** Профиль трубной резьбы

Угол профиля трубной резьбы равен  $55^\circ$ . Профиль вершины и впадины закруглен. Шаг резьбы измеряется числом витков на один дюйм. Угол уклона конуса, на котором нарезается коническая резьба,  $1^\circ 47' 24''$ . Номинальным диаметром трубной резьбы является диаметр отверстия в трубе, на наруж-

ной поверхности которой нарезана резьба.

### Структура обозначения болтов, винтов, шпилек, гаек

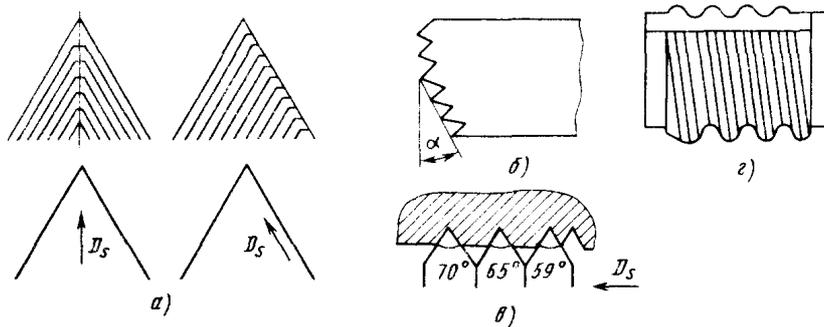


### Нарезание резьбы лезвийным инструментом

#### Нарезание резьбы резцами и резьбонарезными гребенками

Способы нарезания метрической резьбы:

- 1) радиальное движение подачи;
- 2) движение подачи вдоль одной из сторон профиля.



а) резцом, б) гребенкой призматической, в) набором резцов, г) гребенкой круглой

Первый способ более точный, но менее производительный, поэтому рекомендуется черновые рабочие ходы делать вторым способом, а чистовой — первым.

Для повышения производительности обработки резьбы применяют резьбовые гребенки — круглые и призматические. При использовании гребенок снятие стружки выполняют несколько зубьев и число рабочих ходов может быть уменьшено до одного.

Для скоростного нарезания резьбы применяют резцы, оснащенные твердым сплавом, а также наборы резцов.

### Нарезание резьбы

1. Круглыми плашками и резьбонарезными головками
2. Нарезание внутренней резьбы метчиками
3. Фрезерование резьбы

## Тема: ОБРАБОТКА ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

### Назначение и классификация зубчатых передач

В современных машинах широко применяют зубчатые передачи:

- силовые зубчатые передачи, предназначенные для передачи 78орячее78го момента с изменением частоты вращения валов;
- кинематические передачи, служащие для передачи вращательного движения между валами при относительно небольших крутящих моментах.

Зубчатая передача состоит из ведомого и ведущего элементов. Элемент зубчатой передачи, имеющий меньшее число зубьев, называют шестерней, а элемент с большим числом зубьев – колесом.

Зубчатые передачи, используемые в механизмах и машинах, подразделяют на цилиндрические, конические, смешанные и гиперболоидные (винтовые и гипоидные).

Наибольшее распространение получили цилиндрические, конические и червячные передачи:

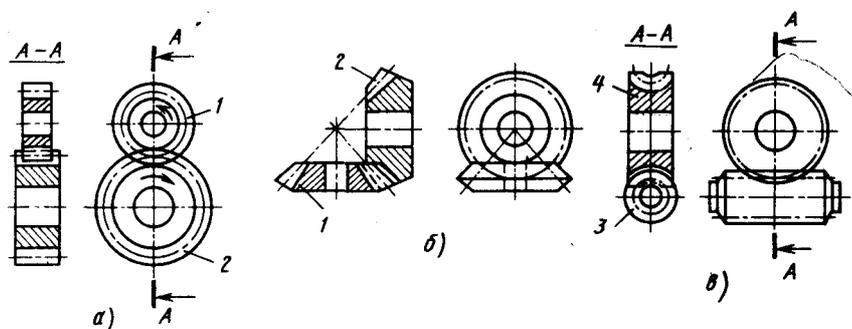


Рис. 15.1. Виды зубчатых передач:

а – цилиндрическая; б – коническая; в – червячная; 1 – шестерня; 2 – зубчатое колесо; 3 – червяк; 4 – червячное колесо

Цилиндрические зубчатые колеса изготавливают с прямыми и косыми зубьями, реже – с шевронными (со встречными косыми зубьями), при параллельном расположении осей.

### Типовые конструкции зубчатых колес и размерные ряды

Конструкция колес непосредственно связана с их служебным назначением.

1. тип колес – одновенцовые с достаточной длиной базового отверстия  $l$ ; отношение  $l/D > 1$ .
2. тип – многовенцовые, которые также имеют значительно большую длину базового отверстия, чем диаметр,  $l/D > 1$ , поэтому также могут базироваться как колеса первого типа.
3. тип – одновенцовые колеса типа дисков, у которых отношение  $l/D < 1$  и длина поверхности отверстия недостаточна для образования двойной направляющей базы. Поэтому после обработки отверстия, торца, установочной базой для последующих операций может быть базовый торец, а опорными базами поверхность отверстия.
4. тип – венцы, которые после обработки насаживаются и закрепляются на ступицу колеса и вместе с ней образуют одновенцовые или многовенцовые колеса.

5. тип – зубчатые колеса-валы, которые имеют большую длину детали.

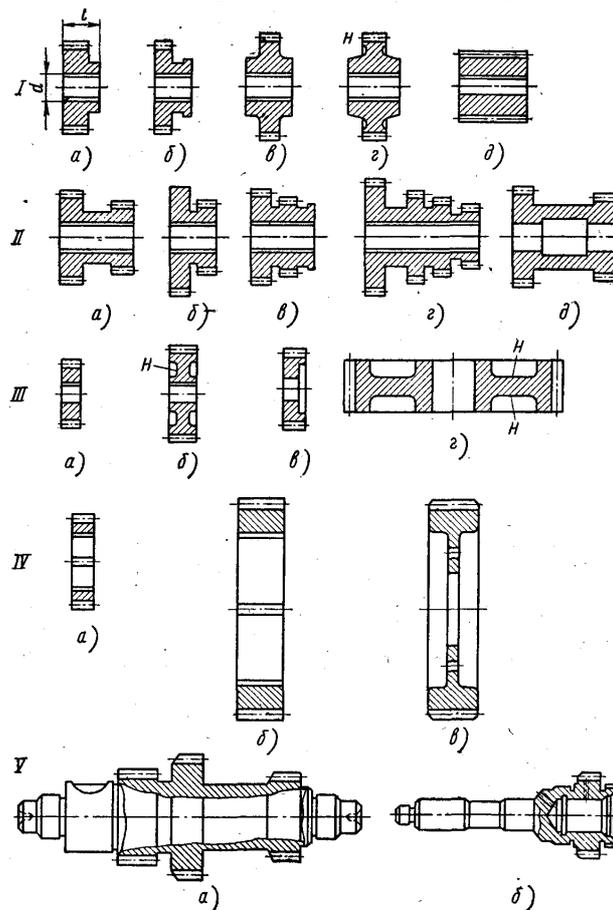


Рис. 163. Различные типы цилиндрических зубчатых колес:  
I-V – типы, а-д – конструктивные разновидности каждого типа

### **Технические требования к зубчатым колесам**

ГОСТом 1643-81 установлено 12 степеней точности цилиндрических зубчатых колес (в порядке убывания точности): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Для 1, 2-й степеней допуски стандартом не предусматриваются. Для каждой степени точности предусматривают следующие нормы:

- кинетической точности колеса, определяющие полную погрешность угла поворота зубчатых колес за один оборот;
- плавности работы колес, определяющие составляющую полной погрешности угла поворота зубчатого колеса, многократно повторяющейся за оборот колеса;
- контакта зубьев, определяющие отклонение относительных размеров пятна контакта сопряженных зубьев в передаче.

Независимо от степени точности колес установлены шесть норм бокового зазора (виды сопряжений зубчатых колес). Точность зубчатых колес может быть определена как комплексными, так и дифференцированными показателями по ГОСТа 1643-81.

### **Основные сведения о цилиндрических зубчатых колесах**

Цилиндрические зубчатые колеса с прямыми зубьями характеризуются следующими основными данными, необходимыми для их изготовления:

- 1) Модуль зацепления  $m$  в мм;

- 2) Число зубьев  $Z$ ;
- 3) Наружный диаметр колес  $D_e$ , мм;
- 4) Высота зубьев  $h$  в мм.

Основной величиной является модуль зацепления, равный отношению шага зацепления  $t$  к числу  $\pi$ :

$$m = \frac{t}{\pi};$$

где  $t$  – шаг зацепления, равный расстоянию между одноименными точками двух смежных зубьев.

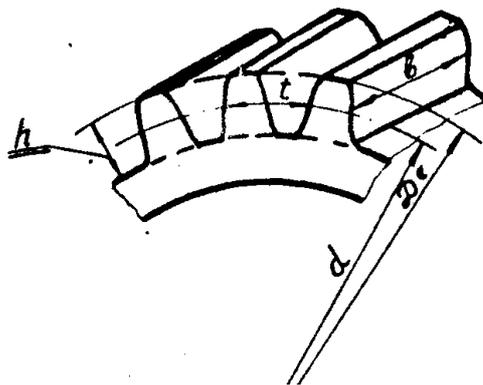
Модуль является расчетной величиной и непосредственной на зубчатом колесе не может быть измерен.

Модуль  $m$ , число зубьев  $Z$  и наружный диаметр колеса  $D_e$  связаны между собой расчетной формулой:

$$D_e = m(Z + 2), \text{ мм};$$

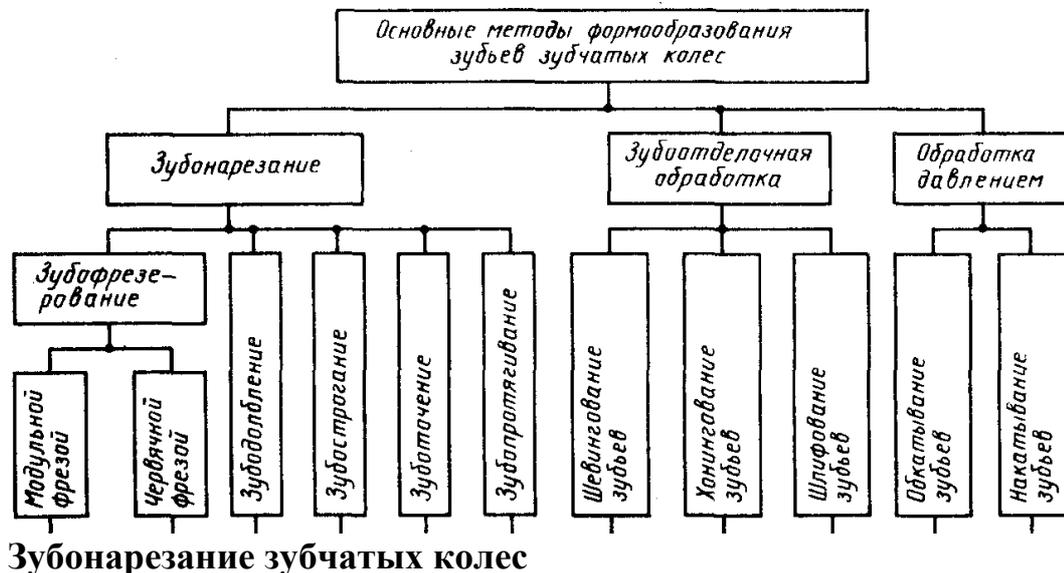
высота зубьев

$$h = 2,25m.$$



### Основные методы формообразования зубьев зубчатых цилиндрических колес

В зависимости от способа образования зубьев различают два метода зубонарезания: копирование и обкатку.



Осуществляется на зубофрезерных вертикальных и горизонтальных станках-полуавтоматах. На зубофрезерных станках производят нарезание цилиндрических зубчатых колес по методу обкатки или копирования.

1. Модульными фрезами.
2. Червячными фрезами.

Фрезу на станке устанавливают таким образом, чтобы ее ось была повернута под углом  $\beta$  подъема винтовой линии витков фрезы. Червячная фреза совершает вращение и поступательное движение подачи вдоль образующей цилиндра нарезаемого колеса, в результате чего колесо обрабатывается по всей его ширине. В зависимости от модуля устанавливают число рабочих ходов фрезы: для  $m = 2 - 2,5$  мм – один рабочий ход, для  $m > 2 - 2,5$  мм – два рабочих хода и более.

Повышение производительности достигается:

- a) увеличением диаметра фрезы (повышается стойкость инструмента);
- b) жесткостью ее установки;
- c) использования твердосплавных, композиционных материалов;
- d) увеличение числа одновременно нарезаемых колес.

3. *Зубодолбление.* Нарезание зубьев долблением применяется, если колесо узкое или нет свободного выхода для фрезы, и осуществляется на зубодолбежных станках. Режущим инструментом является долбяк, представляющий собой зубчатое колесо с эвольвентным профилем зубьев.

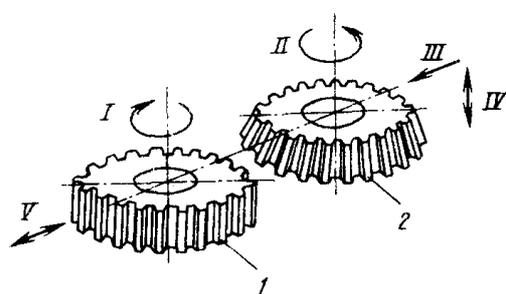


Рис. 15.5. Схема зубодолбления цилиндрических зубчатых колес: I – движение заготовки зубчатого колеса; II – движение долбяка; III – движение подачи врезания; IV – возвратно-поступательное движение долбяка; V – движение отвода заготовки; 1 – заготовка, 2 – долбяк

В процессе нарезания долбяк и нарезаемое зубчатое колесо находятся в движении зацепления (без зазора), т. е. их окружные скорости на начальных окружностях равны. Частота вращения и число зубьев связаны передаточным отношением:

$$I = n_u/n_a = z_3/z_u;$$

где  $n_u$  и  $n_a$  – частота вращения инструмента и заготовки колеса;  $z_3$  и  $z_u$  – соответственно число зубьев заготовки колеса и инструмента.

Обработка за один рабочий ход применяется для зубчатых колес: с  $m = 1 - 2$  мм – за один рабочий ход; с  $2 < m < 4$  – за два рабочих хода; с  $m > 4$  мм – за три рабочих хода.

4. *Зубострогание.* Этот метод основан на зацеплении колеса и рейки, воспроизводимом инструментом – гребенкой.

5. *Зуботочение.* Метод основан на воспроизводящем зацеплении пары винтовых колес на скрещенных осях. В качестве многолезцового инструмента применяют цилиндрическое режущее колесо, по форме напоминающее

долбляк. Производительность зуботочения в 2-4 раза выше производительности зубофрезерования однозаходной фрезой.

### Накатывание зубчатых колес

Преимущества накатывания перед способами обработки резанием:

1. повышает производительность в 5-30 раз;
2. увеличивает износостойкость и прочность зубьев;
3. уменьшает отходы металла.

Различают горячее и холодное накатывание. Горячее накатывание применяют для профилей с модулем больше 2 мм; холодное накатывание рекомендуется для мелко модульных колес с модулем до 1,5 – 2 мм.

Возможно применение комбинированного накатывания для средних и крупных модулей,

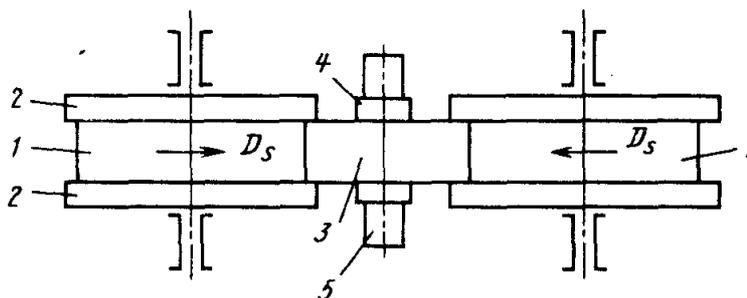


Рис. 15.6. Схема горячего накатывания зубьев колес:

1 — накатники; 2 — реборды; 3 — заготовка; 4 — переходная втулка; 5 — оправка

Перед накатыванием заготовку нагревают до 1000 – 1200 °С, затем устанавливают на оправку специального станка и производят накатывание вращающимися накатниками. Штучное время накатывания зубьев на заготовках зубчатых колес составляет от 30 с ( $m \geq 2$ ) до нескольких минут в зависимости от модуля.

Приведенными методами обработки достигается 7-я степень точности обработки.

### Зубоотделочная обработка

1. *Шевингование* – чистовая обработка зубьев незакаленных цилиндрических зубчатых колес (твердость обычно не более 40HRC), осуществляемая инструментом – шевером.

2. *Шлифование* зубьев зубчатых колес обеспечивает высокую точность закаленным зубчатым колесам.

Станки для шлифования зубьев работают по одному из трех способов:

- 1) Копированием,
  - 2) Обкаткой зуба дисковыми кругами с прямолинейными боковыми сторонами профиля рейки.
  - 3) Обкаткой зуба червячным кругом.
3. *Хонингование*. Применяют для чистовой отделки зубьев закаленных цилиндрических колес внешнего и внутреннего зацеплений.

Эксплуатационные и технологические преимущества зубчатых передач:

1. Передача крутящего момента с изменением частоты вращения валов с большими усилиями.

2. Передача вращательного движения между валами при относительно небольших крутящих моментах.
3. Передача крутящего момента при параллельном расположении осей валов и при пересечении геометрических осей валов.
4. Возможность перемещения зубчатого колеса (колеса-каретки) по оси шлицевого вала для включения с другим колесом.
5. Широкий размерный ряд зубчатых колес, соответствующий их служебным назначениям.
6. Возможность зацепления зубчатого колеса с зубчатой рейкой для преобразования вращательного движения в поступательное.
7. Многочисленные виды зубчатых колес позволяют достичь бесшумности и плавности работы быстроходных зубчатых механизмов при высоких частотах вращения и больших нагрузках.

## Тема: ОБРАБОТКА ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

### *Виды шпоночных соединений*

Шпоночные соединения предназначены для соединения валов между собой с помощью специальных устройств (муфт), а также для соединения с валами, осями различных тел вращения (зубчатых колес, эксцентриков, шкивов, маховиков и т. П.).

Шпоночные соединения делятся на два типа:

1. ненапряженные с призматическими и сегментными шпонками;
2. напряженные с клиновыми шпонками.

### *Обработка шпоночных пазов*

Шпоночные пазы для призматических шпонок фрезеруют на шпоночно-фрезерных станках двуперой концевой фрезой с челночным движением подачи. Применяется в серийном и массовом производстве (рис. 15.9 а).

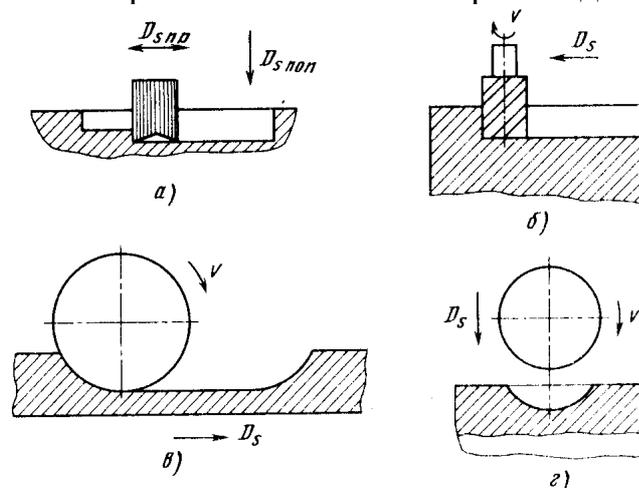


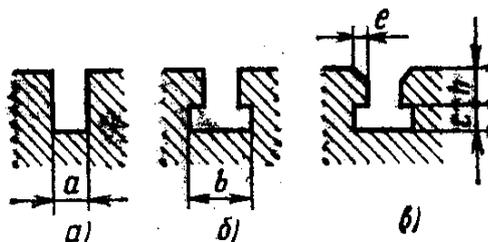
Рис. 15.9. Способы фрезерования шпоночных пазов валов:  
 а — концевой фрезой с маятниковым движением подачи; б — многозубой концевой фрезой; в — дисковой трехсторонней фрезой; г — дисковой фрезой для сегментной шпонки

На фрезерных станках с применением многозубых концевых фрез (рис. 15.9, б) и дисковыми трехсторонними фрезами (рис. 15.9, в). Фрезерование пазов

для сегментных шпонок производят дисковой фрезой на обычных фрезерных станках (рис. 15.9, з).

Сквозные шпоночные канавки обрабатывают на строгальных станках. Шпоночные канавки в отверстиях втулок обрабатывают в единичном и мелкосерийном производстве на долбежных станках (долбление), а в серийном и массовом производстве – на протяжных станках (протягивание).

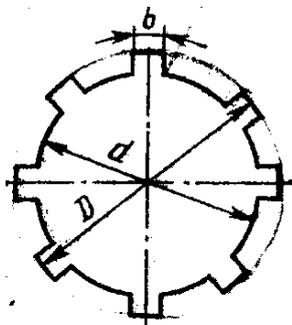
### **Последовательность фрезерования T-образных пазов**



1. Дисковой или концевой фрезой проходят канавку прямоугольного профиля, шириной  $a$  и глубиной  $c+h$ .
2. Специальной фрезой обработать нижнюю часть паза.
3. Дисковой или угловой фрезой снять фаски  $e$

### **Шлицевые соединения**

Шлицевые соединения имеют то же назначение, что и шпоночные, но обычно используются при передаче больших крутящих моментов и более высоких требованиях к соосности соединяемых деталей. Среди шлицевых (зубчатых) соединений, к которым относятся соединения с прямобочным, эвольвентным и треугольным профилем зубьев, *прямобочные соединения* наиболее распространены.



Применяются для подвижных и неподвижных соединений. В зависимости от передаваемого крутящего момента устанавливается три типа соединений: легкой, средней и тяжелой серии.

*Эвольвентные шлицевые соединения* имеют то же назначение, что и прямобочные. Распространенность эвольвентных шлицевых соединений обусловлена рядом преимуществ этих соединений перед прямобочными и другими шлицевыми соединениями:

- 1) технологичностью (для обработки всех типоразмеров валов с определенным модулем требуется только одна червячная фреза; во многих случаях можно обойтись одним фрезерованием без последующего шлифования; возможно применение всех точных методов обработки зубьев – фрезерова-

ния, обкатки, шевингования, шлифования и т. Д.);

2) прочностью (способность к передаче больших крутящих моментов, которая вызвана увеличением прочности элементов из-за постепенного утолщения зубьев к основанию, а также из-за отсутствия в профиле острых углов – концентраторов напряжений);

3) точностью (детали эвольвентного соединения лучше центрируются и самоустанавливаются под нагрузкой).

### ***Обработка шлицевых поверхностей на валах***

При обработке шлицев точность по центрирующим элементам достигается по 8 – 7-му качеству.

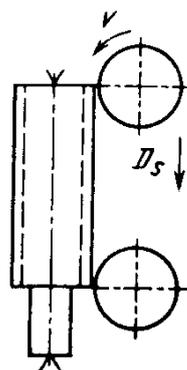
Для прямобочного шлицевого сопряжения центрирование может осуществляться по наружной, внутренней и боковым поверхностям.

Обработка шлицевых поверхностей на валах производится:

1. фрезерованием дисковыми фасонными фрезами на горизонтально-фрезерных станках;

2. обкаткой шлицевыми червячными фрезами на шлицефрезерных или зубофрезерных станках.

Более точным методом является фрезерование методом обкатки.



Более производительным методом образования шлицев является шлицепротягивание.

Перспективным процессом образования шлицев является холодное накатывание. Инструмент: ролики, рейки и многороликовые профильные головки. Преимущества накатывания: высокая точность, низкая шероховатость 1,0 мкм.

Чистовую обработку шлицевых поверхностей осуществляют шлифованием, выполняемую на обычных круглошлифовальных станках.

Точность шлифования соответствует 7-й степени, и шероховатости поверхности 0,4 мкм.

### ***Обработка шлицевых поверхностей в отверстиях***

Шлицы в отверстиях производят протягиванием. Протягивание цилиндрической поверхности и шлицев осуществляют отдельно или комбинированной шлицевой протяжкой на горизонтально-протяжных станках. Параметр шероховатости обработанной поверхности 0,8 мкм.

***Тема: СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ***

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА**

К смазочно-охлаждающим технологическим средствам относят: смазочно-охлаждающие вещества и среды (СОС);

1. жидкости (СОЖ), газы, пасты, твердые наполнители, обеспечивающие воздействие на процесс резания;
2. системы подвода СОС, наиболее эффективно влияющие на процесс обработки;
3. системы подготовки (в том числе очистки и восстановления технологических свойств) СОС.

### ***Смазочно-охлаждающие вещества и среды***

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Смазочно-охлаждающие жидкости разделяются на минеральные масла с различными присадками (антифрикционные, противозадирные, смачивающие, антипенные, антикоррозионные, бактерицидные), водные эмульсии, получаемые растворением в воде базового масла, эмульгатора, антифрикционных и других присадок, полусинтетические и синтетические СОЖ, не содержащие масел.

Ограниченное применение имеют водные растворы солей и ПАВ, а также керосин, смеси керосина с маслом, смеси минеральных масел с олеиновой кислотой и др.

Прочие смазочно-охлаждающие вещества – газовые и твердые вещества.

Газовые вещества применяют в виде чистых газов (углекислого, азота, кислорода, воздуха) или в смеси с частицами твердых или жидких смазок.

Твердые смазочно-охлаждающие вещества применяют в виде добавок к газовым (частицы графита, дисульфида молибдена) в виде мазей, наносимых на поверхность инструмента, а также в виде пленочных покрытий (например, никель-фосфорные покрытия инструмента из быстрорежущих сталей) и порошков.

### ***Способы подвода смазочно-охлаждающих средств (СОС)***

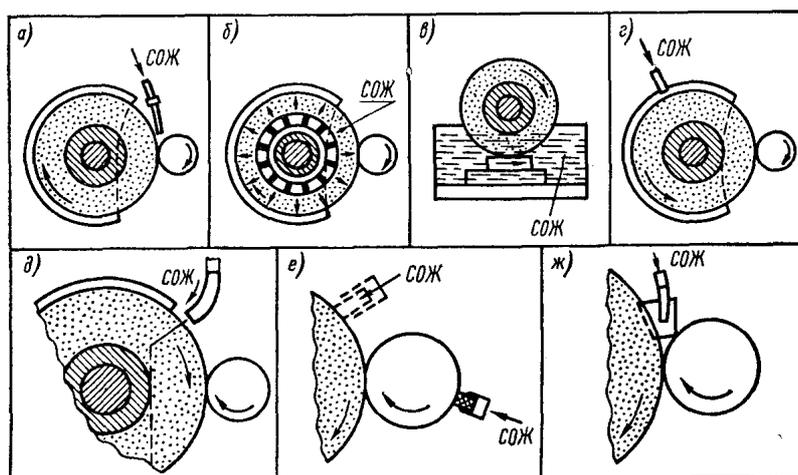
Наиболее распространенными способами подвода СОС при лезвийной обработке являются:

- ✓ подвод СОС поливом зоны резания;
- ✓ струйно-напорное охлаждение под давлением;
- ✓ охлаждение распыленными жидкостями;
- ✓ импульсная подача жидкости, воздуха, газов.

### ***Способы подачи СОЖ при шлифовании.***

Отличительная особенность процесса шлифования – работа на высоких скоростях, наличие защитных кожухов, отсутствие витой стружки. При вращении шлифовального круга создаются потоки воздуха, циркулирующие под кожухом и в зоне обработки, что иногда используется как средство активизации действия СОЖ, но иногда требует применения средств защиты зоны резания от этих потоков.

Разновидности способов подачи СОЖ при шлифовании:



Подача СОЖ *поливом* (рис. а)

Подача СОЖ *через поры круга* (рис. б).

Подача СОЖ *напорной струей*

Обработка *в среде СОЖ или электролите* (рис. в)

**Напорный внезонный** способ (рис. г)

Подача СОЖ *контактным способом* (рис. е)

Подача СОЖ *гидроаэродинамическим способом* (рис. 5.5, ж)

### **Способы и устройства подготовки и очистки СОЖ**

При подготовке СОЖ вводят присадки (бактерицидные и др.), используют различные технологические способы обработки воды (озонирование, обработка ультрафиолетовыми лучами, хлорирование). Необходимо тщательно соблюдать правила техники безопасности и производственной санитарии.

Регенерация и обезвреживание использованных СОЖ осуществляются путем отстаивания, термической, химической обработкой.

Очистка СОЖ повышает качество обработки, стойкость инструмента, срок службы насосов, сокращает расход СОЖ, позволяет утилизировать остродефицитные материалы — вольфрам, кобальт (из отходов твердосплавных заготовок), алмаз. Качество очистки оценивается наибольшими размерами частиц механических примесей в СОЖ и их допустимым массовым содержанием.

Для очистки СОЖ применяются баки-отстойники, флотаторы, магнитные сепараторы, гидроциклоны, фильтры, центрифуги.

## **Тема: НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

Разработку ТП сопровождают проектированием приспособлений.

*Приспособлением* называют вспомогательное устройство для выполнения операций механической обработки, сборки, испытания и контроля.

Наибольшую группу (около 70 %) составляют приспособления для механической обработки на станках. Применение станочных приспособлений

устраняет разметку, повышает производительность труда и точность обработки, снижает себестоимость изделия, повышает безопасность работы и улучшает условия труда. Приспособления, связывающие со станком обрабатываемую заготовку, относят к приспособлениям для изготовления детали, а приспособления, связывающие со станком режущий инструмент, - к приспособлениям для инструмента.

Основные элементы приспособлений:

1. установочные, для закрепления заготовок, для направления инструмента и контроля его положения,
2. вспомогательные устройства и корпуса приспособлений.

Применении приспособлений снижает трудоемкость  $T$  и себестоимость  $S$  изготовления сборки деталей:

В основу проектирования станочных приспособлений положена теория расчета точности обработки. Исходя из условия, что суммарная погрешность обработки  $\Delta$  не должна превышать допуск выдерживаемого размера  $T$ , то допустимую погрешность, вызываемую применением приспособления, можно определить из неравенства:

$$\varepsilon_n \leq \sqrt{(T - \sum \Delta_\phi)^2 - (\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_T^2) - (\varepsilon_\sigma^2 + \varepsilon_z^2)}$$

$\sum \Delta_\phi$  - суммарная погрешность, связанная с геометрическими отклонениями оборудования;

$\Delta_y$  - погрешность, вызванная упругими деформациями технологической системы;

$\Delta_n$  - погрешность настройки технологической системы;

$\Delta_u$  - погрешность, возникающая в результате размерного износа режущих инструментов;

$\Delta_T$  - погрешность, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы;

$\varepsilon_\sigma$  и  $\varepsilon_z$  - погрешности базирования и закрепления заготовок.

### ***Классификация приспособлений по целевому назначению***

По целевому назначению станочные приспособления подразделяются:

1. Станочные для установки и закрепления обрабатываемых заготовок;
2. Станочные для установки и закрепления рабочего инструмента;
3. Сборочные, используемые для соединения деталей в изделия;
4. Контрольные приспособления;
5. Различные устройства.

Основное назначение зажимного устройства – обеспечить надежный контакт заготовки с установочными элементами и предотвратить в процессе обработки смещение заготовки под действием сил.

Основные требования, предъявляемые к зажимным устройствам:

- а) простота, надежность, жесткость и износостойкость;
- б) постоянная по величине сила закрепления и минимальное время закрепления-открепления заготовки;

- с) отсутствие деформации заготовки и ее смещения в процессе закрепления.

13. Сборочные приспособления по назначению подразделяются на группы:

- а) загрузочные
- б) установочные
- с) ориентирующие;
- д) рабочие;
- е) контрольно-испытательные;
- ф) регулировочно-
- г) комбинированные

Типы зажимных устройств:

1. Самотормозящие устройства: винтовые, клиновые, эксцентриковые и др. механизмы, обеспечивающие жесткое замыкание, независимо от вида привода;
2. Автоматизированные зажимные устройства: пневматические, гидравлические и пневмогидравлические механизмы прямого действия без промежуточных элементов.

#### ***Классификация приспособлений по степени унификации и стандартизации***

По степени унификации и стандартизации станочные приспособления подразделяют:

1. *Универсально безналадочные приспособления (УБП)* предназначены для установки различных заготовок на постоянные регулируемые несъемные установочные элементы
2. *Универсально наладочные приспособления (УНП)* состоят из универсального базового агрегата и сменных наладочных элементов
3. *Универсально-сборные приспособления (УСП)* komponуют на стандартизованных плитах различных размеров. В элементах УСП предусмотрены взаимно перпендикулярные П- или Т-образные пазы.

По функциональному назначению УСП подразделяются:

- 3.1. базовые (плиты, угольники);
- 3.2. корпусные (опоры, призмы);
- 3.3. установочно-направляющие (шпонки, пальцы, кондукторные втулки);
- 3.4. крепежно-прижимные (болты, гайки, прихваты);
- 3.5. разные (вилки, оси);
- 3.6. сборочные единицы (поворотные головки, зажимные устройства);

Недостатки УСП:

1. пониженная жесткость элементов и системы в целом;
2. не всегда достаточная точность фиксации;
3. низкий уровень механизации;
4. высокая стоимость набора.

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

## Лабораторная работа № 1<sup>1</sup>

**Тема: Измерения линейных размеров методом непосредственной оценки**

*Цель работы.* Практическое ознакомление с устройством и приемами измерения линейных размеров штангенметрическими инструментами.

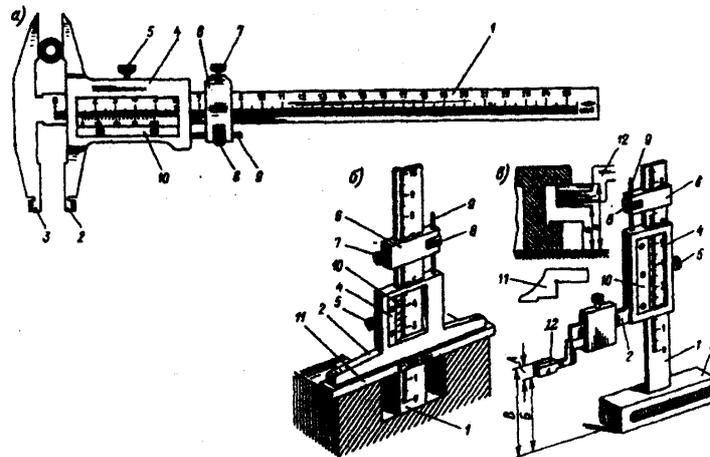
*Порядок выполнения работы*

1. Обозначить наименование и цель работы.
2. Получить измерительные инструменты. Ознакомится с правилами работы инструментов в теоретической части. Проверить исправность средства измерения.
3. Обозначить назначение и характеристику устройств. Сделать эскиз и подписать основные элементы штангенциркуля, штангенглубиномера.
4. Получить детали, согласно чертежам.
5. Произвести измерения.
6. Сделать эскизы измеренных деталей и проставить все размеры.
7. Сделать вывод по проделанной работе.

### *Измерения штангенинструментами*

К штангенинструментам общего назначения относятся: штангенциркуль, штангенглубиномер и штангенрейсмас (рис. 3.1.).

Отсчет в штангенинструментах основан на применении нониуса, т. е. дополнительной шкалы, по которой определяются десятые и сотые доли миллиметров измеряемого размера. Применяются нониусы с ценой деления в 0,1 и 0,05 мм.



*Штангенциркуль* (рис. 3.1, а) предназначен для измерения наружных и внутренних размеров изделий и для разметки. Основанием инструмента служит штанга 1 с неподвижной губкой 3. По штанге перемещается рамка 4 с подвижной губкой 2, нониусом 10 и зажимным винтом рамки 5. Грубое (предварительное) перемещение рамки осуществляется вручную при освобожденных винтах 5 и 7. Точное (окончательное) перемещение рамки производится с помощью микрометрической подачи, состоящей из движка б, винта 9,

гайки 8 и стопорного винта 7. Для перемещения рамки с помощью микрометрической подачи, движок б стопорится винтом 7. Измерительные губки имеют плоские поверхности для наружных измерений и закругленные поверхности — для внутренних измерений. На штанге нанесена основная шкала с ценой деления в 0,5 или 1 мм.

*Штангенглубиномер* (рис. 3.1,б) служит для измерения глубин, высот, расстояний до буртиков или выступов. Торцевой плоский конец штанги 1 является одной из измерительных поверхностей. Штанга перемещается в траверзе с основанием 11, которое является другой измерительной поверхностью, нониусом и зажимным винтом. Устройство для микроподачи такое же, как у штангенциркуля.

*Штангенрейсмас* (рис. 3.1 в) служит для разметки, а также для измерения высот. На кронштейне штангенрейс-маса 1 с помощью рамки 4 закрепляются сменные ножки: 11 — остро заточенная для разметки, 12 — с двумя измерительными поверхностями (нижняя плоская, верхняя но-жевидная) для измерения высот. На ножке маркируется размер А, который выражается обычно целым числом. При пользовании верхней измерительной поверхностью к показаниям Б инструмента необходимо прибавлять толщину ножки  $A(B = B+A)$ .

Устройство для микроподачи такое же, как в штангенциркуле и штангенглубиномере.

*Отсчет показаний по нониусу.* Отсчет дробных долей миллиметра основан на разной величине интервала между делениями основной шкалы и нониуса (рис. 3.2,

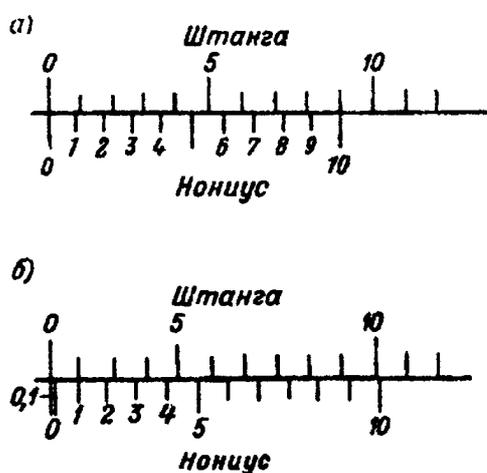


Рис. 3.2. Нониус а — размер равен 0; б — размер равен 0,1

а, б). Пусть, например, шкала нониуса разделена на 10 равных частей и занимает длину, равную 9 делениям основной шкалы. Следовательно, одно деление нониуса равно 0,9 мм, т. е. оно короче каждого деления на 0,1 мм. Если сомкнуть вплотную губки штангенциркуля, то нулевой штрих нониуса будет точно совпадать с нулевым штрихом штанги. Остальные штрихи нониуса, кроме последнего, такого совпадения иметь не будут. Первый штрих нониуса не дойдет до первого штриха штанги на 0,1 мм, второй штрих нониуса не дойдет до второго штриха

штанги на 0,2 мм и т. д. Десятый штрих нониуса точно совпадает с девятым штрихом штанги (рис. 3,2а). Такое положение будет повторяться каждый раз, когда нулевой штрих нониуса будет точно совпадать с одним из штрихов штанги. Если сдвинуть рамку таким образом, чтобы первый штрих нониуса (не считая нулевого совпал с первым штрихом штанги

(Рис 3.2.б). то между губками штангенциркуля образуется зазор равный 0,1 мм. При совпадении второго штриха нониуса ее вторым штрихом штанги зазор между губками уже составит 0,1 мм; при совпадении третьего штриха —

0,3 мм и т. Д. Следовательно, тот штрих нониуса, который точно совпадает с каким-либо штрихом штанги, показывает число десятых доле? Миллиметра. При отсчете показании на штангенинструментах определяют сначала целое число миллиметров, которое равно числу миллиметров, расположенных слева от нулевого (крайнего левого) штриха нониуса. Если нулевой штрих нониуса окажется между двумя штрихами основной шкалы, то к целому числу миллиметров надо прибавить десятые и сотые доли. Для этого определяют, какой штрих нониуса совпадает с ка92ор-либо штрихом основной шкалы и умножают порядковый номер этого штриха на цену деления нониуса (0,1; 0,05).

## Лабораторная работа № 2<sup>2</sup>

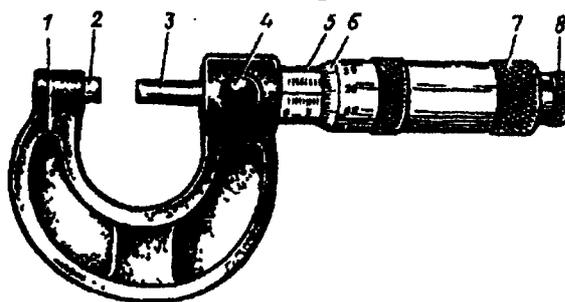
### Тема: Измерение размеров и отклонений формы поверхности деталей машин гладким микрометром

*Цель работы.* Освоить приемы применения гладких микрометров для измерения размеров и отклонений формы поверхностей деталей машин.

#### *Порядок выполнения работы*

1. Обозначить наименование и цель работы.
2. Получить измерительный инструмент. Ознакомится с правилами работы микрометра. Проверить исправность средства измерения.
3. Получить деталь, согласно чертежу.
4. Изобразить схему измерений.
5. Оформить таблицу 1 – Параметры детали.
6. Произвести измерения и заполнить таблицу 2 – Результаты измерений.
7. Обработать полученные результаты и занести их в таблицу 2 – Обработка результатов.
8. Сделать заключение о годности измеренной детали.
9. Сделать вывод по проделанной работе.

*Средство измерения* — гладкий микрометр, диапазон измерения от 0 до 25 мм, цена деления шкалы барабана 0,01 мм. Основанием микрометра является скоба 1, а передаточным устройством служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта 3 и микрометрической гайки, расположенной в стебле 5. В скобу 1 запрессованы пятка 2 и стебель 5. Измеряемая деталь охватывается измерительными поверхностями микровинта 3 и пятки 2. Барабан 6 присоединен к микровинту 3 корпусом трещотки 7. Для приближения микровинта 3 к пятке 2 его вращают за барабан или за трещотку правой рукой по часовой стрелке (от себя), а для удаления микровинта от пятки его вращают против часовой стрелки (на себя). Закрепляют микровинт в требуе-



мом положении стопором 4. При плотном соприкосновении измерительных поверхностей микрометра с поверхностью измеряемой детали трещотка проворачивается с легким треском, при этом стабилизируется измерительное усилие микрометра.

Результат измерения размера микрометром отсчитывается как сумма отсчетов по шкале стебля 5 и барабана 6. Следует помнить, что цена деления шкалы стебля 0,5 мм, а шкалы барабана 0,01 мм. Предельная погрешность измерения наружных размеров гладким микрометром  $D = 5 \pm 50$  мм.

### *Обработка результатов измерения*

По результатам измерения диаметров вала, записанным в отчетном бланке, учащиеся должны найти наибольший и наименьший диаметры вала и подсчитать величину каждого отклонения формы поверхности вала в отдельности в следующем порядке:

1. Овальность подсчитывается для каждого диаметрального сечения как величина полуразности диаметров:

$$\Delta_{ов} I = \frac{d_a I - d_b I}{2} \qquad \Delta_{ов} II = \frac{d_a II - d_b II}{2}$$

2. Конусообразность подсчитывается как полуразность одинаково направленных диаметров, измеренных в сечениях, расположенных у разных торцов вала:

$$\Delta_{кон}(a) = \frac{d_a I - d_a III}{2} \qquad \Delta_{кон}(b) = \frac{d_b I - d_b III}{2}$$

14. Бочкообразность, или седлообразность подсчитывают как полуразность одинаково направленных диаметров, измеренных в сечениях, расположенных одно у торца, а другое в середине вала:

$$\Delta_{боч}(a) = \frac{d_a I - d_a II}{2} \qquad \Delta_{боч}(б) = \frac{d_б I - d_б II}{2}$$

Если диаметры в средних сечениях оказываются больше, чем у торцов, то отклонение формы называют бочкообразностью, а если у торцов диаметры больше, чем в середине, то называют седлообразностью. Во всех случаях вычитается из большего диаметра меньший. В графу отчетного бланка записывают наибольшую величину отклонения формы из числа измеренных в разных сечениях.

### *Определение годности измеренной детали*

Деталь признается годной, если действительные размеры диаметров, измеренные во всех положениях, назначенных схемой измерения, не выходят за пределы наибольшего и наименьшего предельных размеров по чертежу детали и если величины отклонения формы, подсчитанные при обработке результатов измерения, не превышают величины допуска формы, указанного в чертеже.

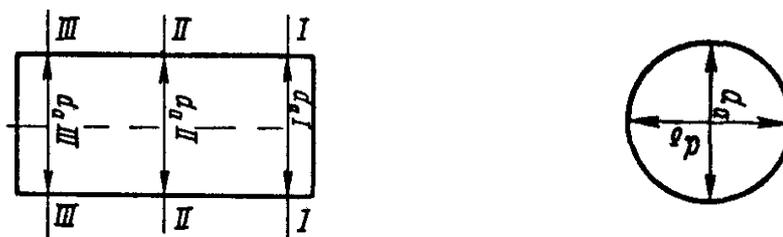


Схема измерения

Таблица 1

Наименован. Детали	L, мм детали	Наименов. Измерит. Средства	Цена деления	Параметры детали		
				Предельные размеры, мм		Допуск $T_d$ , мм
				$d_{max}$	$d_{min}$	

Таблица 2

Результаты измерений						Обработка результатов						
$d_{aI}$	$d_{aII}$	$d_{aIII}$	$d_{bI}$	$d_{bII}$	$d_{bIII}$	Овальность			Конусообразность		Бочкообразность	
						$\Delta_{овI}$	$\Delta_{овII}$	$\Delta_{овIII}$	$\Delta_{кон(a)}$	$\Delta_{кон(б)}$	$\Delta_{боч(a)}$	$\Delta_{боч(б)}$

### Лабораторная работа № 3

#### Тема: Определение цены деления лимба подачи фрезерного и токарного станков

##### 15. Определение цены деления лимба подачи фрезерного станка

Для точного отсчета перемещения стола служит барабан с делениями, закрепленный на рукоятке и называемый лимбом. Поворот рукоятки с лимбом на одно деление вызывает строго определенное перемещение стола, благодаря чему лимбом пользуются при установке заготовки для обработки ее на заданный размер. Зная цену деления, можно осуществлять точную установку заготовки относительно фрезы.

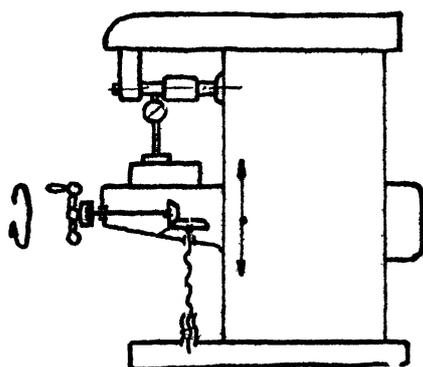


Рис. 1. Определение ц.д. лимба вертикальной подачи стола

Определение цены деления лимба *вертикальной подачи* стола производится непосредственно на станке (рис. 1), пользуясь для точного измерения перемещений стола специальным прибором – индикатором. Поворот стрелки индикатора на одно деление соответствует размеру, равному 0,01 мм.

#### Порядок выполнения работы

1. Установить индикатор в стойке на столе фрезерного станка как показано на рис. 1.
2. Определить количество делений на лимбе  $Z$ .
3. Повернуть рукоятку с лимбом на  $n$  оборотов.
4. Величину перемещения стола, замерить индикатором  $H$ , мм.

5. Определить цену деления лимба по формулам: за один оборот стол переместится на  $h = \frac{H}{Z}$ , мм/об. Цена деления лимба составит  $K = \frac{h}{Z}$ , мм/дел.
6. Определить соответствие цены деления лимба фактической и номинальной.
7. Сделать заключение.
8. Самостоятельно ориентировать индикатор для измерения и определения цены деления *продольной* и *поперечной* подачи стола фрезерного станка. Произвести расчеты,

II. *Определение цены деления лимба подач токарно-винторезного станка*

1. Для определения ц.д. лимба поперечной и продольной подачи суппорта с резцедержателем токарного станка необходимо собрать схемы измерения, согласно рис. 2 и 3 соответственно.
2. Для расчетов использовать формулы раздела II.
3. Произвести соответствие и сделать заключение.

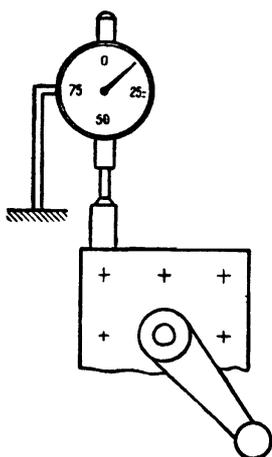


Рис. 2. Определение ц.д. лимба поперечной подачи суппорта

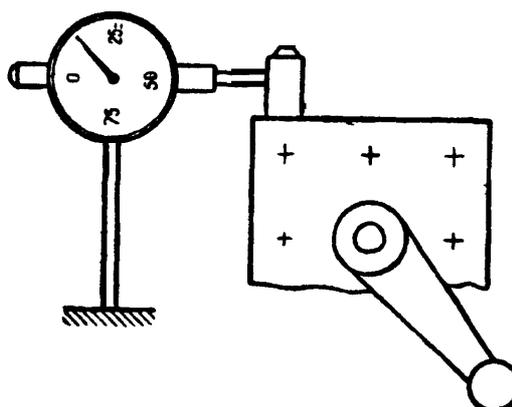


Рис. 3. Определение ц.д. лимба продольной подачи суппорта

*Содержание отчета:*

1. Наименование работы.
2. Данные об измерительных средствах (наименование, цена деления).
3. Эскиз схемы установок измерений цены деления лимба подач фрезерного станка.
4. Эскиз схемы установок измерений цены деления лимба подач токарно-винторезного станка.
5. Данные о замерах.
6. Произведенные расчеты к каждому измерению.
7. Анализ и заключение по полученным результатам.
8. Вывод по проделанной работе

## Лабораторная работа № 4

### Тема: Определение погрешности установки инструмента на размер по установочному шаблону

При работе на станках по настройке, т. Е. при заранее отрегулированном положении инструмента (его режущей кромки) относительно базирующих поверхностей обрабатываемой заготовки, можно получить размеры всех заготовок данной партии в пределах поля допуска на размер и полностью или частично компенсировать постоянные погрешности путем перемещения инструмента или регулирования упора.

Поэтому задачей настройщика является обеспечение возможно более точного совмещения центра группирования погрешностей в процессе настройки с точкой, соответствующей расчетному значению настроенного размера.

Настоящая работа предусматривает исследование точности расположения инструмента относительно станка (его геометрических осей) при помощи установочного шаблона и определения погрешности его установки.

Наиболее простым способом фиксации инструмента в определенном положении относительно станка является использование в качестве базисной поверхности пиноли задней бабки, а в качестве установочного шаблона — щупа *1* или мерной пластинки с зажатием в резцедержателе (кроме резца и бруска с упором в него) измерительного стержня индикатора, укрепленного на станине (рис. 1).

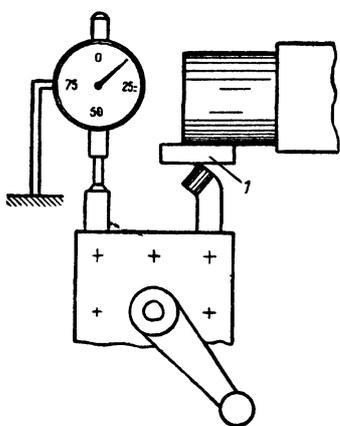


Схема установки инструмента по шаблону для определения погрешности размера

#### Необходимые оборудование, инструменты и материалы

1. Токарный станок.
2. Установочный шаблон (брусок).
3. Измерительный инструмент: индикаторная головка ( $\text{ц/д} = 0,01 \text{ мм}$ ) со стойкой, щуп.

#### Порядок выполнения работы

1. Установить в резцедержателе токарного станка резец и брусок и закрепить их.
2. Установить на станине станка стойку с индикатором и закрепить.
3. С помощью винта поперечной подачи подвести вершину резца к щупу, прижатому к образующей пиноли задней бабки. В этом положении щуп должен проходить между пинолью и вершиной резца с небольшим усилием.
4. Подвести измерительный стержень индикатора к поверхности бруска с натягом  $1\text{—}2 \text{ мм}$ .
5. Многократно ( $25\text{—}30$  раз) подвести резец к щупу, каждый раз фиксируя конечное положение с помощью индикатора и записывать показания в

таблицу.

Таблица 1 (Пример)

Показания индикатора $\Delta y$ , мм	Частота показаний индикатора	Частота, %
0	2	4
0,005	5	10
0,01	20	40
0,015	10	20
0,02	9	18
0,025	1	2
0,03	2	4
0,035	0	-
0,04	1	2
ИТОГО	50	100

6. По данным таблицы построить график, в котором по оси  $x$  откладывать величину осевой погрешности, а по оси  $y$  – их частоту. Проанализировать график осевого смещения.

7. Определить среднюю величину погрешности осевого смещения.

*Содержание отчета:*

1. Наименование работы.
2. Данные об измерительных средствах (наименование, цена деления).
3. Эскиз схемы установки с простановкой размеров.
4. Эскиз вспомогательных приспособлений.
5. Данные о замере по форме табл. 1.
6. Построение и анализ графика осевых смещений.
7. Вывод по проделанной работе

### Лабораторная работа № 5

#### Тема: Определение погрешности закрепления заготовки в трехкулачковом патроне

Для обеспечения требуемой точности обработки заготовке должно быть придано определенное положение относительно режущего инструмента. В этом положении она должна быть надежно закреплена. Однако при базировании заготовки и при ее закреплении возникают *погрешности*. Важно уметь определить *причины появления и величину*, чтобы учитывать это при обработке и при необходимости добиваться их уменьшения.

Так, например, при закреплении заготовки в трехкулачковом патроне возникновение осевой погрешности является следствием упругой деформации в результате “выпучивания” передней стенки патрона вследствие перекоса кулачков силами, действующими на них. Так как усилие, прикладываемое при закреплении заготовки, непостоянно, то эта погрешность носит случайный характер.

*Цель работы:* определение среднего значения осевой погрешности при

закреплении заготовки в трехкулачковом патроне.

*Содержание работы.* Одну и ту же заготовку (двухступчатый валик) многократно закрепляют в токарном самоцентрирующемся патроне и снимают, замеряя каждый раз после закрепления, осевое смещение  $\Delta y$  заготовки с помощью жестко установленного индикатора.

*Порядок выполнения работы:*

1. Закрепить на шпинделе токарного станка трехкулачковый патрон.
2. Установить обрабатываемую заготовку в трехкулачковый патрон и, не закрепляя ее плотно, прижать буртиком к торцовым поверхностям кулачков.
3. В этом положении подвести суппорт с укрепленным в державке резцедержателя индикатором (цена деления 0,01 мм), измерительный наконечник которого должен касаться торца закрепляемой заготовки по линии центров с натягом 1 – 2 мм, после чего закрепить суппорт и установить стрелку индикатора на нуль.
4. Многократно закрепить заготовку (50 – 100 раз), при каждой ее повторной установке записывать показания индикатора, фиксирующую действительную величину погрешности.
5. Обработать результаты замеров. Для этого заполнить табл. 1.

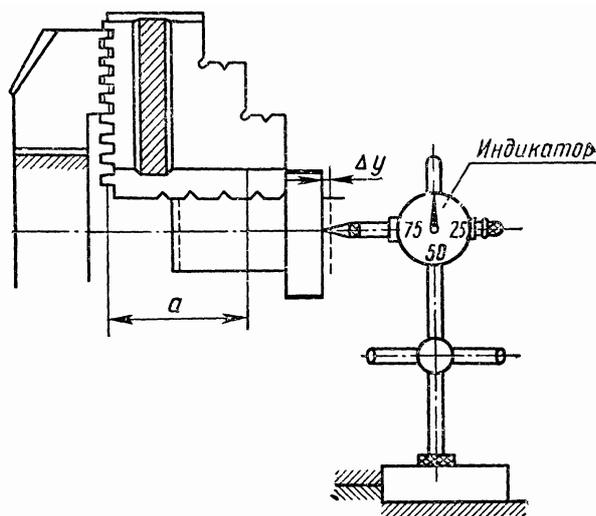


Таблица 1 (Пример)

Показания индикатора $\Delta y$ , мм	Частость показаний индикатора	Частость, %
0	2	4
0,005	5	10
0,01	20	40
0,015	10	20
0,02	9	18
0,025	1	2
0,03	2	4
0,035	0	-
0,04	1	2
ИТОГО	50	100

6. По данным таблицы построить график, в котором по оси  $x$  откладывать величину осевой погрешности, а по оси  $y$  – их частость. Проанализировать график осевого смещения.
7. Определить среднюю величину погрешности осевого смещения, сравнить ее с данными табл. 2, и сделать заключение и выводы.

Таблица 2

Виды приспособлений	Зажимаемый размер, мм	Интервал перемещений, мм	Среднее квадратичное отклонение $\sigma$ , мм	Среднее значение $\sigma$ для группы размеров, мм	Среднее значение погрешности осевой установки, мм
Трехкулачковый патрон	5	0,055	0,012	0,007 – 0,0165	} 0,04 ÷ 0,07 0,05 – 0,1
	15	0,065	0,0147		
	60	0,065	0,014		
Цанговый патрон	5	0,015	0,0043	0,004 – 0,0071	0,02 – 0,04 0,035 ÷ 0,070 0,045 ÷ 0,09
	15	0,02	0,0044		
	60	0,025	0,0063		

Содержание отчета:

1. Наименование работы
2. Данные об измерительных средствах (наименование, цена деления)
3. Эскиз схемы установки заготовки с указанием размеров
4. Эскиз вспомогательных приспособлений (патрона, державки и т.д.)
5. Данные о замерах по форме (табл 1)
6. Построение и анализ графика осевых смещений. Заключение.
7. Вывод по проделанной работе

### Лабораторная работа № 6

**Тема: Определения коэффициента жесткости токарного станка**

**Цель работы** – экспериментально определить коэффициенты жесткости отдельных узлов токарного станка, на основании полученных данных и схем действия сил на узлы рассчитать коэффициент жесткости станка в целом.

**Порядок выполнения работы.**

1. Установить в центрах станка вал 1 (см. рис. 1). При этом расстояние от корпуса задней бабки до торца вала должно быть равным 140 мм.
2. Установить по центру вала с левой стороны резцедержателя державку с шаровым наконечником.
3. Установить между валом и шаровым наконечником державки динамометр ЛПИ.
4. Поместить между углублениями динамометра и вала шарик.
5. Установить на станине станка три стойки для индикаторов таким образом, чтобы можно было измерить перемещения шпинделя передней бабки, суппорта и задней бабки.
6. Установить в гнезде стоек индикаторы так, чтобы их измерительные наконечники соответственно касались центра, установленного в шпин-

дель станка; торца резцедержателя; центра, установленного в пиноль задней бабки (натяг индикаторов 1-2 мм).

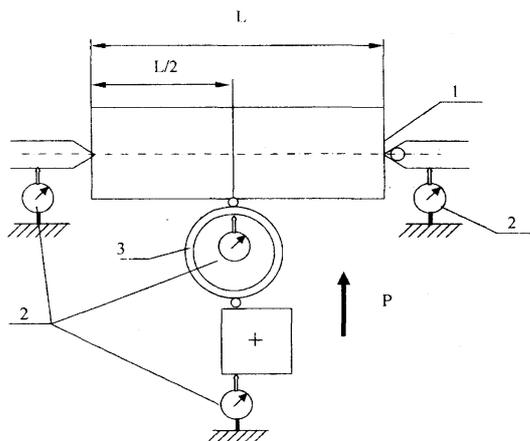


Рис. 1. Схема нагружения станка:

1 – вал, 2 – индикаторы, 3 – динамометр ЛПИ.

7. Вращением винта в державке нагрузить станок до нагрузки 2450 Н, (цена деления индикатора ЛПИ 0,01 мм – 137,2 Н), снять нагрузку.
8. Установить все индикаторы на нуль.
9. Нагружать станок до нагрузки 2450 Н, через 137,2 Н, записывая показания индикаторов в табл. 1.
10. Разгрузить станок в обратной последовательности, записывая показания индикаторов в табл. 1.
11. Построить по результатам эксперимента диаграммы нагрузка-перемещение для передней бабки, суппорта и задней бабки.
12. Определить коэффициент жесткости каждого узла по формуле:

$$j = \frac{P_{\max}}{y_{\max}}, \text{ Н/мм},$$

где  $P_{\max}$  – максимальная величина нагрузки, действующая на узел станка Н;  
 $y_{\max}$  – максимальное значение перемещения узла станка в направлении действия нагрузки, мм.

13. Определить суммарный коэффициент жесткости станка по формуле (только для принятой схемы нагружения)
- 14.

$$j_{\text{см}} = \frac{1}{\frac{1}{j_{\text{суп}}} + \frac{1}{4 \left( \frac{1}{j_{\text{пб}}} + \frac{1}{j_{\text{зб}}} \right)}}, \text{ Н/мм}$$

где  $\frac{1}{j_{\text{суп}}}$  – коэффициент жесткости суппорта, Н/мм;  $\frac{1}{j_{\text{пб}}}$  – коэффициент жесткости передней бабки, Н/мм;  $\frac{1}{j_{\text{зб}}}$  – коэффициент жесткости задней бабки, Н/мм;

Таблица результатов эксперимента

№ этапа нагрузки	Показания индикаторов динамометра, мм	Нагрузка							
		суппорт	задняя и передняя бабки	передняя бабка		суппорт		задняя бабка	
				нагрузка	разгрузка	нагрузка	разгрузка	нагрузка	разгрузка

*Содержание отчета.*

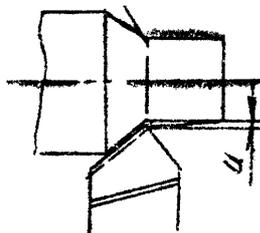
1. Наименование и цель работы.
2. Наименование и модель станка.
3. Данные об измерительных приборах.
4. Принципиальная схема измерения коэффициента жесткости станка.
5. Протокол измерений в виде табл. 1.
6. Диаграммы нагрузка – перемещение для всех узлов станка.
7. Расчет коэффициентов жесткости узлов станка и суммарного коэффициента жесткости.
8. Выводы.

**Лабораторная работа № 7**

**Тема: Исследование влияния пути и скорости резания на величину размерного износа**

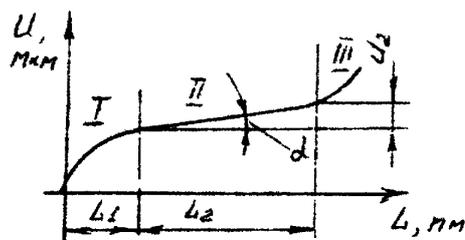
*Цель работы:* закрепление основных понятий о размерном износе и исследование влияния пути и скорости резания на величину размерного износа.

В технологии машиностроения размерный износ изучается в зависимости от пути пройденного лезвием инструмента в металле (пути резания L).



**Размерный износ режущего инструмента**

Путь резания при токарной обработке определяется по формуле  $L = \frac{\pi dl}{1000 S}$ .



Зависимость размерного износа инструмента от пути резания.

Порядок выполнения работы:

1. Установить и закрепить заготовку, резец опустить в воду и охладить в течении 1-2 мин., после чего установить в контрольное приспособление и сделать выверку индикатора на нуль. Установить резец в резцедержатель.

2. Настроить станок на режимы резания (согласно таблицы).

3. Произвести обработку заготовки, согласно табл.1. По окончании 102ождой обработки охладить резец и измерить размерный износ.

4. По формуле  $L = \frac{\pi dl}{1000S}$  подсчитать путь резания при времени обработки равном 1.

5. Произвести обработку, согласно табл. 2. Путь резания составляет 1000 м. По окончании каждой обработки охладить резец и измерить размерный износ.

7. Построить графики зависимостей и занести результаты измерений и расчеты в таблицы.

Таблица 1

№ обраб.	Результаты измерений			Исходные величины		Результаты вычислений	
	d, мм	l, м	U <sub>2</sub> , мкм	S, мм/об	T, мин	U <sub>0</sub> , мкм	L, м
1				0,1	1		
2				0,1	2		
3				0,1	5		
4				0,1	10		

Построить график зависимости  $U_0 = f(L)$

Таблица 2

№ обраб.	Результаты измерений			Исходные величины		Результаты вычислений		
	d, мм	l, м	U <sub>2</sub> , мкм	S, мм/об	T, мин	V, м/мин	U <sub>0</sub> , мкм	L, м
1				0,1	6			
2				0,1	5			
3				0,1	4			
4				0,1				

Построить график зависимости  $U_0 = f(V)$

### Содержание отчета

1. Применяемое оборудование, инструмент, заготовка.
2. Схема измерения износа инструмента
3. Определения пути резания и величины относительного износа резца.
4. Построить графики зависимостей.
5. Выводы.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### Практическая работа № 1

#### Тема: Определение влияния режимов резания на шероховатость обрабатываемой поверхности

*Цель работы.* Выявить влияние режимов резания на шероховатость обрабатываемой поверхности.

*Порядок выполнения работы.*

1. Обозначить наименование и цель работы.
2. Ознакомиться с теорией работы.
3. Сделать эскиз схемы обработки вала с указанием названия и модели станка, материала заготовки и резца, геометрии резца рис. 1.

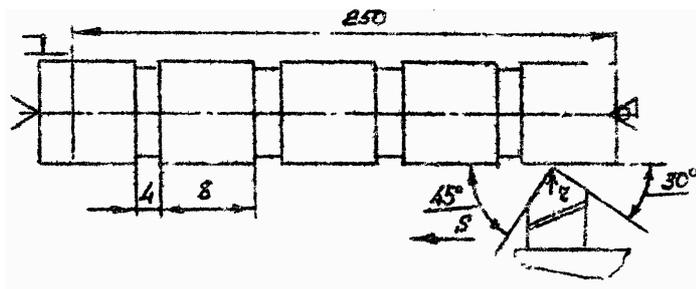


Рис. 1. Схема обработки вала

4. Получить деталь у преподавателя.
5. Изучить устройство для измерения шероховатости поверхности. Схематично изобразить основные элементы профилометра. Отметить его назначение и характеристики.
6. Сделать таблицу результатов опытов (табл. 1).

*Таблица 1*

Результаты профилометрического измерения шероховатости обработанных участков детали при различных режимах резания

№	Результаты измерений												Результаты вычислений			
	I деталь				II деталь				III деталь							
	Подача S, мм (V=800об/мин, t=1,0мм)				Скорость V, об/мин (S= 0,1мм, t= 1 мм)				Глубина рез.,t,мм (V=800об/мин, S= 0,1 мм)				R <sub>as</sub> сп	R <sub>z</sub> мкм	Класс 104ор- ти	
	0,15	0,29	0,42	0,58	560	710	800	1000	0,5	1,0	1,5	2,0				
1																
2																
3																

7. Измерить шероховатость участков вала на профилометре.
8. Занести в таблицу полученные результаты.
9. Рассчитать требуемые для отчета параметры и занести их в таблицу.
10. Построить графики зависимостей  $R_z = f(S)$ ,  $R_z = f(V)$ ,  $R_z = f(t)$ .
11. Сделать вывод о влиянии режимов резания на шероховатость обрабатываемой поверхности.
12. Сделать вывод по проделанной работе.

Таблица 1.4. Параметры шероховатости поверхности и соответствующие им обозначения шероховатости на чертежах

Классы шероховатости поверхности	Параметры шероховатости по ГОСТ 2789—73 (СТ СЭВ 638—77)		Обозначение шероховатости по ГОСТ 2.309—73 (СТ СЭВ 1632—79)					
	$R_a$ , мкм	$R_z$ , мкм	$R_a$ , мкм			$R_z$ , мкм		
1	80...50	320...200	<u>80</u> / 	<u>63</u> / 	<u>50</u> / 	$R_z$ <u>320</u> / 	$R_z$ <u>250</u> / 	$R_z$ <u>200</u> / 
2	40...25	160...100	<u>40</u> / 	<u>32</u> / 	<u>25</u> / 	$R_z$ <u>160</u> / 	$R_z$ <u>125</u> / 	$R_z$ <u>100</u> / 
3	20...12,5	80...50	<u>20</u> / 	<u>16</u> / 	<u>12,5</u> / 	$R_z$ <u>80</u> / 	$R_z$ <u>63</u> / 	$R_z$ <u>50</u> / 
4	10...6,3	40...25	<u>10</u> / 	<u>8</u> / 	<u>6,3</u> / 	$R_z$ <u>40</u> / 	$R_z$ <u>32</u> / 	$R_z$ <u>25</u> / 
5	5...3,2	20...12,5	<u>5</u> / 	<u>4</u> / 	<u>3,2</u> / 	$R_z$ <u>20</u> / 	$R_z$ <u>16</u> / 	$R_z$ <u>12,5</u> / 
6	2,5...1,6	10...8,0	<u>2,5</u> / 	<u>2,0</u> / 	<u>1,6</u> / 	$R_z$ <u>10</u> / 		$R_z$ <u>8</u> / 
7	1,25...0,8	6,3...4,0	<u>1,25</u> / 	<u>1,0</u> / 	<u>0,8</u> / 	$R_z$ <u>6,3</u> / 	$R_z$ <u>5</u> / 	$R_z$ <u>4</u> / 
8	0,63...0,40	3,2...2,0	<u>0,63</u> / 	<u>0,5</u> / 	<u>0,4</u> / 	$R_z$ <u>3,2</u> / 	$R_z$ <u>2,5</u> / 	$R_z$ <u>2</u> / 
9	0,32...0,20	1,6...1,0	<u>0,32</u> / 	<u>0,25</u> / 	<u>0,2</u> / 	$R_z$ <u>1,6</u> / 	$R_z$ <u>1,25</u> / 	$R_z$ <u>1,0</u> / 
Классы шероховатости поверхности	Параметры шероховатости по ГОСТ 2789—73 (СТ СЭВ 638—77)		Обозначение шероховатости по ГОСТ 2.309—73 (СТ СЭВ 1632—79)					
	$R_a$ , мкм	$R_z$ , мкм	$R_a$ , мкм			$R_z$ , мкм		
10	0,160...0,100	0,8...0,5	<u>0,16</u> / 	<u>0,125</u> / 	<u>0,1</u> / 	$R_z$ <u>0,8</u> / 	$R_z$ <u>0,63</u> / 	$R_z$ <u>0,5</u> / 
11	0,080...0,050	0,4...0,25	<u>0,08</u> / 	<u>0,063</u> / 	<u>0,05</u> / 	$R_z$ <u>0,4</u> / 	$R_z$ <u>0,32</u> / 	$R_z$ <u>0,25</u> / 
12	0,040...0,025	0,200...0,125	<u>0,04</u> / 	<u>0,032</u> / 	<u>0,025</u> / 	$R_z$ <u>0,2</u> / 	$R_z$ <u>0,16</u> / 	$R_z$ <u>0,125</u> / 
13	0,020...0,012	0,100...0,063	<u>0,02</u> / 	<u>0,016</u> / 	<u>0,012</u> / 	$R_z$ <u>0,1</u> / 	$R_z$ <u>0,08</u> / 	$R_z$ <u>0,063</u> / 
14	0,010...0,008	0,050...0,025	<u>0,01</u> / 		<u>0,008</u> / 	$R_z$ <u>0,05</u> / 	$R_z$ <u>0,04</u> / 	$R_z$ <u>0,032</u> / 

Примечание. Предпочтительные значения параметров подчеркнуты.

## Практическая работа № 2

### Тема: Расчет суммарной погрешности обработки

Все погрешности, определяющие точность изготовления деталей 1060-шин на металлорежущих станках, могут быть разделены на три категории:

16. погрешности установки заготовок  $\varepsilon_y$ ;
17. погрешности настройки станка  $\Delta_n$ ;
18. погрешности, вызываемые непосредственно процессом обработки, к которым относятся:
  - погрешности, вызываемые размерным износом режущих инструментов  $\Delta_u$ ;
  - погрешности, вызываемые упругими деформациями технологической системы под влиянием силы резания  $\Delta_y$ ;
  - погрешности обработки, возникающие вследствие геометрических неточностей станка  $\sum \Delta_{cm}$ ;
  - погрешности обработки, вызываемые температурными деформациями технологической системы  $\sum \Delta_T$ .

При обработке на станках с ЧПУ дополнительно возникают погрешности позиционирования элементов системы и отработки программ управления.

Расчет точности необходим в основном для операций чистовой обработки, выполняемых по 6...11-му квалитетам.

Суммарные погрешности обработки заготовок на настроенных станках определяют по уравнению (для диаметральных размеров):

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73\Delta_u)^2 + (1,73\sum \Delta_{cm})^2 + (1,73\sum \Delta_T)^2}, \quad (1.19)$$

### Задачи

1. Ступени  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  вала (см. табл. И рис. 1) обрабатываются чистовым точением в центрах гидрокопировального станка 1Н713 с допуском  $IT10$ . Определить суммарную погрешность обработки ступени  $d_2$ . Заготовки вала из стали 45 ( $\sigma_B = 750$  Мпа) на предшествующей операции обработаны черновым точением по  $IT13$ . Условия обработки: резец с пластиной из твердого сплава Т15К6 имеет  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ; минимальный припуск – 0,5 мм на сторону, подача  $S = 0,15$  мм/об; скорость резания  $v = 130$  м/мин.
2. Определить суммарную погрешность обработки ступени вала  $d_2$  для вариантов 2-6 табл. 1 после чистового точения на гидрокопировальном станке при установке в центрах. Остальные исходные данные принять по условию предыдущей задачи.
3. После какого числа обработанных заготовок необходимо заменить зенкер с пластинками из твердого сплава Т5К10 вследствие его износа при обработке отверстий  $d_{отв} = 40H10$ , длиной 60 мм в заготовках из легированной

стали  $\sigma_B = 1100$  Мпа. Допустимый износ зенкера не должен превышать  $0,4 T_d$ . Подача при зенкероании  $S = 0,8$  мм/об.

Вариант	Размеры мм						Предел прочности материала детали $\sigma_B$ МПа	Припуск на обработку $Z_{\text{шт}}$ мм	Число заготовок в партии $N$ , шт.
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$			
1	40	30	25	100	150	225	750	0,5	30
2	100	85	75	100	250	325	1100	1,0	15
3	120	90	65	120	300	450	750	1,0	10
4	80	75	50	150	280	400	750	0,8	20
5	60	50	45	80	180	250	1100	0,6	25
6	50	45	35	100	150	200	750	0,6	30

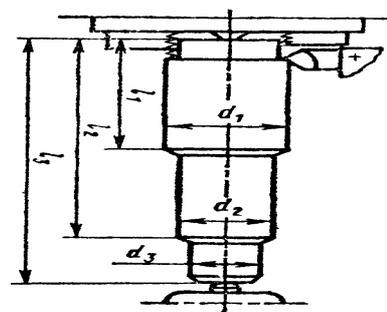


Рис. и табл. 1

### Литература

Справочник Технолога – машиностроителя. В 2-х томах / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещеряковой. 4-е изд. М.: Машиностроение, 1988. – Т.1. – 656с.; – Т.2. – 496 с.

## Практическая работа № 3

### Тема: Обоснование метода получения заготовок

1. Зубчатое колесо может быть изготовлено из прутка диаметром 80 мм массой 2,45 кг или из штучной заготовки, полученной штамповкой с массой 1,040 кг; масса детали 0,590 кг (рис. 2). В варианте 1 обработка резанием ведется на станке 1Б290-4К. Трудоемкость данной операции  $t_{\text{шт}}=1,42$  мин. В варианте 2 обработка ведется на трех станках: 1719, 2Н135, 7Б64. Годовой объем выпуска 15 000 шт. Капитальные затраты с учетом занятости работы оборудования составили для первого варианта 2626 руб., второго 171 руб. Определить на основе расчета технико-экономических показателей наиболее рациональный вариант заготовки.

2. Заготовку втулки 2-й группы сложности изготавливают из углеродистой стали различными методами (рис. 3). Масса детали 1,08 кг. Рассчитать технико-экономические показатели выбора наиболее рационального метода при годовом объеме деталей 5000 шт. Данные к задаче приведены в табл. 2. Срав-

нить следующие методы получения заготовок: М1 с методами М2, М4–М6; М2 с методами М3; М3 с методами М4, М5 и М6.

Методические указания к решению задачи: часовую тарифную ставку токаря принять равной 0,606 руб.; шлифовщика — 0,548 руб.; стоимость 1 т заготовки см. в [27]; стоимость 1 т прутка 130 руб.; стоимость 1 т отливки по выплавляемым моделям — 700 руб.

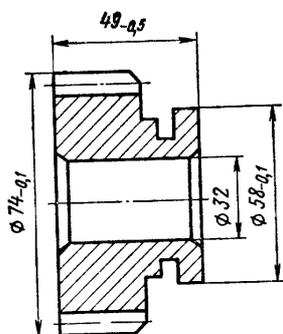


Рис. 1

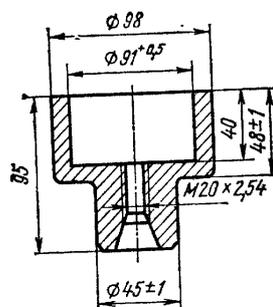


Рис. 2

Табл. 2

Технико-экономическая характеристика методов получения заготовок

Исходные данные	М <sub>1</sub> — литье в песчаные формы	М <sub>2</sub> — ковка на ГКМ	М <sub>3</sub> — ковка свободная	М <sub>4</sub> — прокатывание (пруток)	М <sub>5</sub> — литье по выплавляемым моделям	М <sub>6</sub> — штамповка
Масса заготовки, кг	2,02	2,4	4,3	4,0	1,2	2,6
Трудоемкость механической обработки, мин:						
точение	5,2	—	20	—	—	—
шлифование	2,0	—	3,0	—	—	—

3. Полый вал (рис. 3) из углеродистой стали изготавливают различными методами. Масса вала 12 кг. Рассчитать технико-экономические показатели и выбрать наиболее целесообразный метод получения заготовки. Данные к задаче приведены в табл. 2. Сравнить следующие методы получения заготовок: М1 и М3 с методом М4, М2 с методом М3.

### Контрольное задание

19. Заготовку втулки 2-й группы сложности изготавливают из углеродистой стали различными методами, приведенными в таблице. Масса детали — 1,08 кг. Рассчитать технико-экономические показатели выбора наиболее рационального метода при годовом объеме детали 5000 шт. Методические указания к решению задачи: часовую тарифную ставку токаря принять равной 0,606 руб.; шлифовщика — 0,548 руб.

Исходные данные		М <sub>1</sub> литье в песчаные формы	М <sub>2</sub> ковка на ГКМ	М <sub>3</sub> ковка сво- бодная	М <sub>4</sub> прокат	М <sub>5</sub> литье по выплав- ляемым моделям	М <sub>6</sub> 109о- ряч-по- вка
Масса заготовки, кг		2,04	2,4	4,3	4,0	1,2	2,6
Трудоемкость механической обработки, мин	Точение	20,0	5,4	11,3	10,9	10,5	5,4
	Шлифо- вание	2,0	2,3	4,1	4,0	0,5	2,5
Стоимость 1т заготовки, руб		280	625	570	900	1100	430

## Практическая работа № 4

### Тема: Расчет припусков

Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки для достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали. Припуск на обработку поверхностей деталей может быть назначен по справочным таблицам или на основе расчетно-аналитического метода. Расчетной 109оряченной припуска является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, -полученных на предшествующем переходе или операции и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе.

### Задачи

- 20.Трехступенчатый вал (сталь 45) изготавлиют из штампованной заготовки II класса точности (рис. 3). Масса заготовки 2 кг. Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, в результате которой были профрезерованы торцы и зацентрированы отверстия. Базирование заготовки при фрезерно-центро-вальной операции осуществлялось по поверхностям  $D_1$  и  $D_3$  ( $D_1 = D_3 = 25$  мм). Шейка вала с диаметром  $D_2$  ступени имеет диаметр  $55h6_{(-0,02)}$ . Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки  $D_2$  аналитическим методом. Рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого перехода.

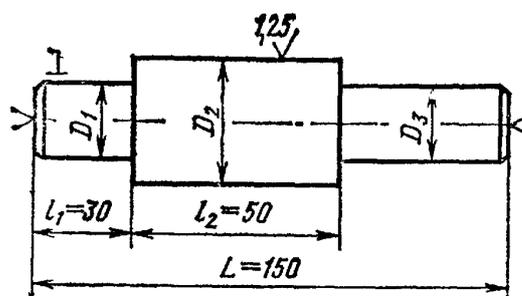
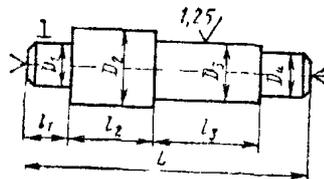


Рис. 3. Эскиз ступенчатого вала

2. Четырехступенчатый вал изготавлиют из штампованной заготовки II класса точности. Условия выполнения операций и маршрут обработки элементарных поверхностей для вариантов 1 – 10 такие же, как в задаче 1 (см.

табл. 3, графа 1). Для вариантов 11–20 маршрут обработки поверхности тот же, что и для вариантов 1 – 10, но перед предварительным шлифованием предусматривается термообработка заготовки в печах. Допускаемую удельную кривизну после термообработки см. [26]. Рассчитать припуски и промежуточные размеры по переходам. Данные к задаче приведены в табл. 3.

3. Четырехступенчатый вал (см. табл. 3) изготавливают из стальной 110-рячпованной на молотах заготовки II класса точности (нормального). Параметр шероховатости шейки вала диаметром  $D_3$  примем  $Ra = 2,5$  мкм. Условия выполнения операций см. в задаче 1. Определить припуски на заготовку по таблицам см. [9, с. 249; табл. 49] и расчетно-аналитическим методом. Рассчитать экономию материала за счет применения расчетно-аналитического метода определения припусков при годовом объеме выпуска деталей 20 тыс. шт.



Варианты	Диаметр шеек, мм			Длина $L$ , мм	Длина ступеней, мм			Масса заготовки $G_3$ , кг
	$D_1, D_4$	$D_2$	$D_3$		$l_1$	$l_2$	$l_3$	
1; 11	30	50	$40n6_{(-0,05)}$	220	45	55	85	2,0
2; 12	45	65	$55g6_{(-0,010, -0,029)}$	260	55	65	95	4,7
3; 13	20	40	$30h6_{(-0,013)}$	180	40	50	60	1,0
4; 14	50	75	$60f7_{(-0,030, -0,060)}$	350	70	120	80	8,2
5; 15	25	45	$35k6_{(+0,018, +0,002)}$	200	40	50	70	1,5
6; 16	60	80	$70m6_{(+0,030, +0,011)}$	300	80	120	50	9,1
7; 17	40	60	$50d8_{(-0,080, -0,119)}$	280	50	70	90	4,1
8; 18	70	90	$80u7_{(+0,132, +0,102)}$	350	75	125	90	13,8
9; 19	35	55	$45j6_{(+0,011, -0,005)}$	240	50	60	90	2,9
10; 20	55	75	$65s6_{(+0,072, +0,053)}$	300	65	85	85	7,5

Рис. и табл. 3. Размерная характеристика четырехступенчатого вала к задачам 2 и 3.

## Практическая работа № 5

Тема: Расчет технологической себестоимости

Технологической себестоимостью детали называется та часть ее полной себестоимости, элементы которой существенно изменяются для различных вариантов технологического процесса. К таким изменяющимся элементам относятся:  $M_0$  — стоимость исходной заготовки;  $Z_0$  и  $Z_{вр}$  — заработная плата соответственно станочника и наладчика;  $A_0$  — амортизационные отчисления от оборудования;  $A_{то}$  — амортизационные отчисления от технологического оснащения;  $P_0$  — затраты на ремонт и обслуживание оборудования;  $I$  — затраты на инструмент;  $\Pi_0$  — затраты на силовую электроэнергию;  $\Pi_{п}$  — затраты на амортизацию и содержание производственных площадей;  $\Pi_{пр}$  — затраты на подготовку и эксплуатацию управляющих программ (для станков с ЧПУ).

### Задачи

21. Токарная обработка наружных поверхностей деталей производится на различных станках. Определить более экономичный вариант обработки по технологической себестоимости при двухсменном режиме работы. Исходные данные приведены в табл. 4.

Табл. 4

Исходные данные к задаче 1

Исходные данные	Вариант задания		
	1		2
	Вариант обработки		
	1	II	I
Модель станка	16Б16А	16Б16Ф3	1Г340
Штучно-калькуляционное время обработки, мин	14,0	8,0	8,4
Разряд выполняемой работы	5	3	3
Разряд наладчика	—	5	4
Число станков, обслуживаемых в смену:			
станочником	1	2	1
наладчиком	—	6	8
Действительный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	3890	4015
Годовая программа выпуска, шт.	1000	1000	5000

Исходные данные	Вариант задания		
	2	3	
	Вариант обработки		
	II	I	II
Модель станка	1К282	1Н713	1Б290П 6К
Штучно-калькуляционное время обработки, мин	2,2	3,6	0,9
Разряд выполняемой работы	2	3	2
Разряд наладчика	5	4	5
Число станков, обслуживаемых в смену:			
станочником	2	2	3
наладчиком	3	5	5
Действительный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	4015	4015
Годовая программа выпуска, шт.	5 000	30 000	30 000

22. По действующему технологическому процессу контур и отверстия плоской заготовки обрабатывают по разметке соответственно на вертикально-фрезерном и радиально-сверлильном станках. Определить, целесообразно ли обрабатывать эти поверхности на станках с ЧПУ. Режим работы — двухсменный. Годовая программа выпуска — 200 шт. деталей. Исходные данные приведены в табл. 5.

Табл. 5

Исходные данные к задаче 2

Исходные данные	Варианты обработки			
	Разметочная плита	1		2
		6Р11	2М55	АФ260МФ3
Модель оборудования				
Штучно-калькуляционное время обработки, мин	15	20	15	15
Разряд выполняемой работы	6	6	4	3
Разряд наладчика	—	—	—	6
Число станков, обслуживаемых в смену:				
станочником	—	1	1	2
наладчиком	—	—	—	4
Действительный годовой фонд времени работы станка, ч	—	4015	4015	3890

23. Обработка отверстий во фланце производится на радиально-сверлильном станке с использованием кондуктора. Определить, целесообразно ли обрабатывать отверстия на сверлильном станке с ЧПУ. Режим работы — двухсменный. Исходные данные представлены в табл. 6. Годовая программа выпуска — 1500 шт. деталей.

Исходные данные к задаче 6

Исходные данные	Вариант обработки	
	1	2
Модель станка	2М55	2Р135Ф2-1
Штучно-калькуляционное время, мин	21	13
Разряд выполняемой работы	4	3
Разряд наладчика	—	5
Число станков, обслуживаемых в смену		
станочником	1	2
наладчиком	—	7
Действительный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	3890
Стоимость кондуктора, руб	120	—

### Практическая работа № 6

#### Тема: Расчет режимов обработки и норм времени

Одним из основных показателей целесообразности выбора операций является норма времени  $t_{шт}$ . Поэтому при проектировании операций для сопоставления вариантов производительности в ряде случаев можно ограничиться сравнением штучного времени. Время выполнения операции зависит от режимов резания, оборудования, схемы ее построения.

#### Задачи

##### Точение

1. Четырехступенчатый вал обтачивают на токарно-винторезном станке 16К20 и на гидрокопировальном полуавтомате 1719 (рис. 2.5). Заготовка — штамповка из углеродистой стали 45 {HRC, 35). Резцы оснащены твердым сплавом Т15К6. Проходные резцы имеют угол  $\varphi = 45^\circ$ . Размеры державок резцов 16Х25 мм. Стойкость инструмента  $T = 90$  мин. Обтачиваются поверхности 1, 2, 3. Подрезаются поверхности 4, 5. Глубина резания при подрезке  $t = 4$  мм. Токарной операции предшествовала фрезерно-центровальная. Установить структуру операции, режимы резания, рассчитать трудоемкость обработки на каждом станке и повышение производительности, %, при использовании гидрокопировального полуавтомата.

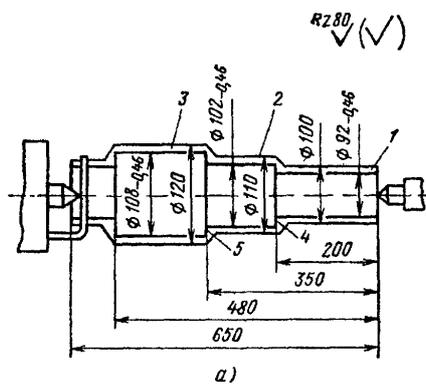
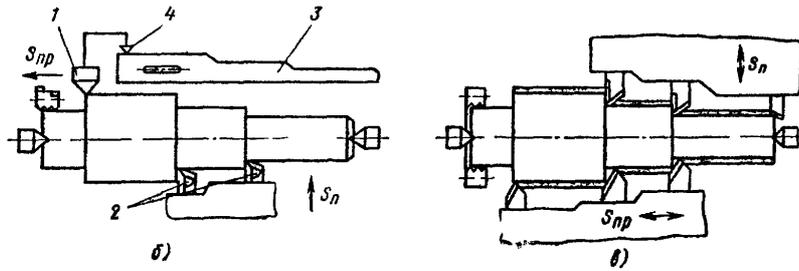
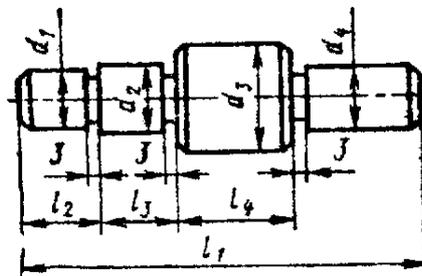


Рис. 25 Схема обтачивания четырехступенчатого вала (к задаче 2.14):

а — на токарном станке, б — на токарном копировальном автомате; в — на одношпиндельном многорезцовом полуавтомате



24. Обтачивают в центрах три ступени  $d_1, d_2, d_3$  ( $R_z=40$  мкм) вала. Заготовка — штамповка II класса точности. Припуски на сторону для каждой шейки взять по 2 мм. Параметры режущего инструмента приведены в задаче 1. Определить режимы резания, нормы штучного времени при обработке этих поверхностей на станке 16К20 и на 1719. Сравнить трудоемкость двух вариантов, определив сокращение нормы времени на операцию и повышение производительности труда. Исходные данные см. табл. 7



Характеристика валов к задаче 2

Табл. 7

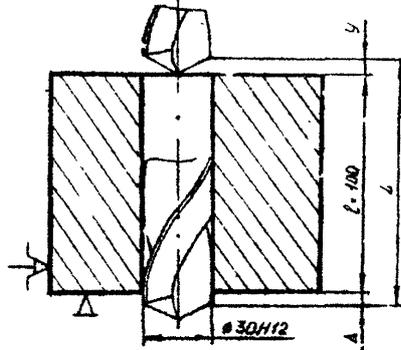
Исходные данные к задаче 2

Вариант	Материал детали	Тип производства	Размеры, мм							
			$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
1	Сталь 45	Массовое Серийное Единичное	60	70	90	60	900	135	192	300
2	То же									
3	»									
4	Сталь 45 35 HRC <sub>с</sub>	Массовое	25	35	55	25	320	45	64	100
5	То же	Серийное	20	30	40	20	320	45	64	100

Примечание. Размер обрабатываемой партии заготовок для условий серийного производства 100 шт.

### Сверление

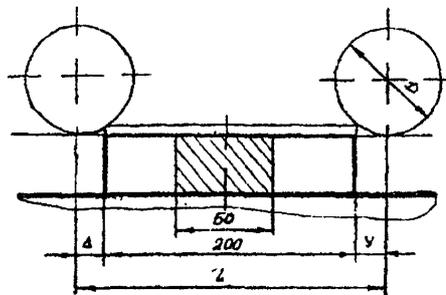
25. На вертикально-сверлильном станке 2Н135 сверлят сквозное отверстие диаметром  $D = 30\text{H}12$  на глубину  $l = 100$  мм. Тип заготовки – прокат 115орячекатанный. Материал – сталь 40 X,  $\sigma = 980$  Мпа. Охлаждение эмульсией. Необходимо выбрать режущий инструмент, назначить режимы резания и определить основное время.



Эскиз обработки

### Фрезерование

4.. На фрезерном станке 6Т82Г производится полуступенчатое цилиндрическое фрезерование плоской поверхности шириной  $B = 50$  мм, длиной  $l = 200$  мм; припуск на обработку  $h = 1$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 3,2$  мкм. Материал – СЧ10, твердость НВ = 170. Литейная корка снята, обработка без охлаждения. Эскиз обработки представлен на рис.



Эскиз обработки

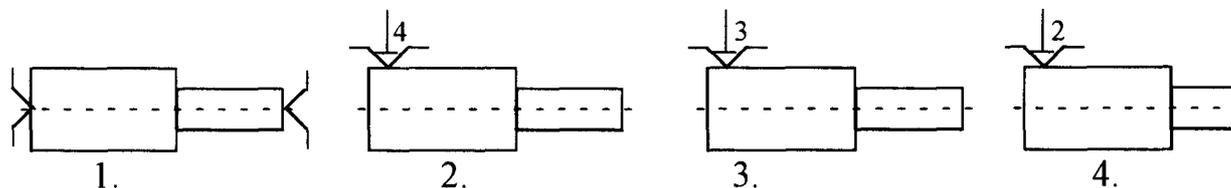
## Тестовые задания для проверки остаточных знаний

### 1. Дополнить:

Основными видами заготовок для деталей машин являются:

---

### 2. Выбрать правильную схему закрепления заготовки в центрах:



### 3. Элементы приспособлений:

1. установочные элементы
2. зажимные приспособления
3. направляющие элементы
4. клиновые
5. специальные
6. крепежные
7. корпуса
8. делительные и поворотные механизированные

### 4. Выбрать составные части технологической операции:

- |                             |            |             |
|-----------------------------|------------|-------------|
| 1. технологический маршрут  | 4. установ | 7. позиция  |
| 2. производственный участок | 5. переход | 8. наладка  |
| 3. прием                    | 6. цех     | 9. оснастка |

### 5. Промышленные роботы по характеру выполняемых работ делятся на:

1. четыре группы
2. шесть групп
3. две группы
4. три группы

### 6. Расшифровать ЕСКД \_\_\_\_\_

---

### 7. Телам не вращения соответствует следующий класс:

1. 76
2. 75
3. 74
4. 72
5. 71
6. 73

### 8. При расчетах режимов резания время резания определяется в зависимости от:

1. оборотов;
2. припуска на обработку;

3. подачи;
4. скорости резания.

**9. Система СПИД - это:**

1. система приспособлений и деталей;
2. станок - приспособление - инструмент - деталь
3. станок - привод - инжектор – двигатель

**10. Выбрать правильное выражение для определения времени на выполнение технологической операции точения:**

1)  $t = \frac{li}{v_s}$

2)  $t = \frac{li}{nS_0}$

3)  $t = \frac{1,2\pi dl}{v_s}$

**11. Операция растачивания выполняется следующим инструментом:**

1. круг
2. зенкер
3. сверло
4. алмазным резцом

**12. Такт выпуска это \_\_\_\_\_**

---

**13. Выделите резцы для токарной обработки внутренних поверхностей:**

1. проходной
2. подрезной
3. отрезной
4. расточной

**14. При обработке внутреннего отверстия зубчатое колесо базируется по:**

1. наружной поверхности
2. внутреннему отверстию
3. торцевой поверхности

**15. Дополнить: Технологическая база – это \_\_\_\_\_**

---

**16. Выберите инструмент предназначенный для обработки наружной поверхности на токарном станке:**

1. сверло
2. цековка
3. проходной резец
4. расточной резец
5. зенкер

**17. Податливость заготовки определяется по формуле:**

4.  $\omega = y/P_v$

5.  $j = P_v/y$

6.  $\varepsilon = \frac{\Delta_s}{\Delta\delta}$

18. Припуск это: \_\_\_\_\_

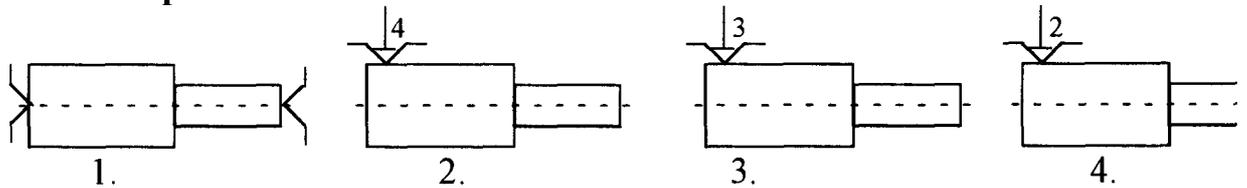
19. Дополнить: Шероховатость – это \_\_\_\_\_

20. Выбрать коэффициент закрепленных операций при массовом производстве:

1. 1
2. 25
3. 50
4. 11

1 Дополнить: Принцип постоянства баз: \_\_\_\_\_

2. Выбрать правильную схему закрепления заготовки в четырех кулачковом патроне:



3. Зажимные элементы:

1. установочные элементы
2. зажимные приспособления
3. направляющие элементы
4. клиновые
5. специальные
6. крепежные
7. корпуса
8. делительные и поворотные
9. механизированные

4. Промышленные роботы по характеру выполняемых работ делятся на:

1. четыре группы
2. шесть групп
3. две группы
4. три группы

5. Расшифровать ЕСКД \_\_\_\_\_

6. Телам вращения с элементами зубчатого зацепления соответствует следующий класс:

1. 76
2. 75
3. 74
4. 72
5. 71
6. 73

**8. При расчетах режимов резания время резания определяется в зависимости от:**

1. оборотов;
2. припуска на обработку;
3. подачи;
4. скорости резания.

**9. Система СПИД – это**

1. система приспособлений и деталей;
2. станок - приспособление - инструмент - деталь
3. станок - привод - инжектор – двигатель

**10. Выбрать правильное выражение для определения времени на выполнение технологической операции точения:**

1)  $t = \frac{li}{v_s}$

2)  $t = \frac{li}{nS_0}$

3)  $t = \frac{1,2\pi dl}{v_s}$

**11. Операция зенкерования выполняется следующим инструментом:**

1. круг
2. зенкер
3. сверло
4. алмазным резцом

**12. Сверление это \_\_\_\_\_**

---

**13. Выделите резцы для токарной обработки наружных поверхностей:**

1. проходной
2. подрезной
3. отрезной
4. расточной

**14. При обработке корпусной детали, базирование производится по:**

1. наружной поверхности
2. внутреннему отверстию
3. торцевой поверхности

**15. Дополнить: Конструкторская база – это \_\_\_\_\_**

---

**16. Выберите инструмент предназначенный для обработки отверстия на сверлильном станке:**

- 1) сверло
- 2) цековка
- 3) проходной резец
- 4) расточной резец
- 5) зенкер

**17. Выбрать коэффициент закрепленных операций при крупносерийном производстве:**

1. 1
2. 25
3. 50
4. 11