

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра машиностроения и транспорта

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

 Е.И. Луковникова

«31» мая 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Б1.Б.14**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Технология машиностроения**

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств от 11 августа 2016 г № 1000 и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» от 01.04.2019 г. № 196 для очной формы обучения для набора 2019 года

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	5
4.3 Лабораторные работы.....	37
4.4 Практические занятия.....	37
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	37
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>38</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>39</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>39</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>40</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>40</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ .....	40
9.2 Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата .....	45
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>45</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>45</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>46</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>48</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>49</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>50</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – формирование знаний и навыков использования технологий, систем и средств технического оснащения машиностроительных производств для разработки и внедрения оптимальных технологических процессов изготовления изделий с эффективным использованием материалов, оборудования, инструментов, оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение основных проблем, связанных с машиностроительными производствами;
- решение задач, связанных с разработкой обобщенных вариантов решения проблем машиностроительных производств;
- формирование навыков выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.	<b>знать:</b> - проблемы, связанные с машиностроительными производствами; <b>уметь:</b> - разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами; <b>владеть:</b> - навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.14 «Основы технологии машиностроения» относится к базовой части.

Дисциплина «Основы технологии машиностроения» базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как:

- «Оборудование машиностроительных производств»;
- «Процессы и операции формообразования»
- «Технологические процессы в машиностроении»;

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, «Основы технологии машиностроения» представляет основу для:

- «Технологическая оснастка»;
- «Технология машиностроения»;
- «Производственной (преддипломной) практики»;
- «Государственной итоговой аттестации».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
<b>Очная</b>	4	7	216	102	34	51	17	87	-	Экзамен
<b>Заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Заочная (ускоренное обучение)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Очно-заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			7
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	<b>102</b>	<b>34</b>	<b>102</b>
Лекции (Лк)	34	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	51	-	51
Практические занятия (ПЗ)	17	-	17
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	<b>87</b>	<b>-</b>	<b>87</b>
Подготовка к лабораторным работам	47	-	47
Подготовка к практическим занятиям	20	-	20
Подготовка к экзамену в течение семестра	20	-	20
<b>III. Промежуточная аттестация Экзамен</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>27</b>
Общая трудоемкость дисциплины ..... час.	<b>216</b>	<b>-</b>	<b>216</b>
..... зач. ед.	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>6</b>

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
<b>1.</b>	<b>Основы проектирования технологических процессов</b>	<b>49</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>20</b>
1.1.	Структура технологических процессов	23	4	7	2	10
1.2.	Точность изделия	26	6	10	-	10
<b>2.</b>	<b>Этапы конструкторской разработки изделия</b>	<b>70</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>35</b>
2.1.	Основы базирования в машиностроении	19	4	-	3	12
2.2.	Размерные цепи в машиностроении	35	4	17	3	11
2.3.	Содержание технологических процессов	16	4	-	-	12
<b>3.</b>	<b>Маршрутный и операционный технологический процесс</b>	<b>70</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>32</b>
3.1.	Расчет припусков и технологических размеров	34	4	17	3	10
3.2.	Порядок проектирования технологических процессов	18	4	-	3	11
3.3.	План обработки поверхностей детали	18	4	-	3	11
	<b>ИТОГО</b>	<b>189</b>	<b>34</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>87</b>

### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

#### Раздел 1. Основы проектирования технологических процессов

##### Тема 1.1. Структура технологических процессов (лекция – дискуссия 4 часа)

**Изделие** – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

ГОСТ 2.101-68 устанавливает следующие виды изделий (их четыре):

1. Деталь.
2. Сборочная единица.
3. Комплекс.
4. Комплект.

**Деталь** – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала (винт, гайка, вал, втулка, шестерня и т.д.).

**Сборочная единица** – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями (свинчивание, запрессовка, клепка, сварка, и т.д.) на заводе-изготовителе (подшипник, редуктор, автомобиль и т.д.).

**Комплекс** – два и более изделий, не соединенных на заводе-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (бурильная установка, корабль и т.д.), т.е. сборка на месте эксплуатации.

**Комплект** – два и более изделия не соединенных на заводе-изготовителе сборочными операциями и предназначенные для вспомогательных эксплуатационных функций (комплект инструментов, комплект тары, комплект измерительной аппаратуры и т.д.).

**Технологический процесс** – это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния изделия (изменение физических, химических, механических свойств, геометрии, внешнего вида + контроль качества, транспортирование и т.д.).

**Производственный процесс** – совокупность всех этапов, которые проходят предметы природы на пути их превращения в готовое изделие: получение металла, заготовок, транспортирование, различные виды обработки, хранение, сборка, упаковка и т.д.

##### Структура технологического процесса

Технологический процесс делится на три стадии, каждая которых имеет свою специфику работ, определенную квалификацию рабочих и оборудование (рис. 1).



Рис. 1. Структура технологического процесса

Все стадии технологического процесса могут выполняться на одном предприятии или каждая стадия, или по две стадии на отдельном предприятии. На каждой стадии технологический процесс делится на элементы, которые определяются системой ГОСТов ЕСТПП (Единая Система Технологической Подготовки Производства) (рис. 2).

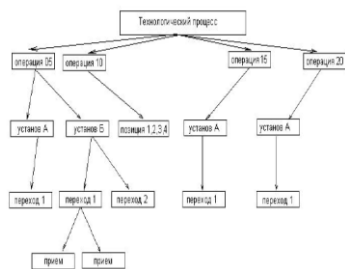


Рис.2. Элементы технологического процесса

### Элементы технологического процесса

**Операция** – часть технологического процесса, которая выполняется над определенной деталью, на одном рабочем месте, непрерывно, одним рабочим.

4 признака операции:

- 1) одна деталь;
- 2) один рабочий;
- 3) одно рабочее место;
- 4) непрерывность работы.

Примечание: операция может выполняться над группой деталей; бригадой рабочих (сборочные операции).

**Операция** – основной элемент технологического процесса, по которому ведется нормирование, планирование и организация производства.

**Установ** – часть операции, которая выполняется при неизменном закреплении детали.

**Переход** – часть операции, на которой обрабатывается одна элементарная поверхность, одним инструментом при неизменной настройке режимов резания.

3 признака перехода:

- 1) одна элементарная поверхность;
- 2) один инструмент;
- 3) неизменная настройка инструмента.

**Переход** выполняется путем удаления одного или нескольких слоев металла одним и тем же инструментом, отсюда понятие прохода.

**Проход** – однократное относительное движение режущего инструмента и обрабатываемой детали, в результате которого с поверхности снимается один слой металла.

**Позиция** – часть операции, выполняемая на различных положениях детали относительно станка при одном ее установе. Понятие позиции применяется при использовании многоместных поворотных приспособлений на многошпиндельных станках.

### Типы производств

В зависимости от объема производства судят о большом и малом масштабе производства, а также о типах производства.

Объем производства определяется общим количеством изделий, подлежащим изготовлению на данном предприятии за весь планируемый период времени и определяет целесообразную величину затрат на подготовку освоение производства.

**Программа выпуска** – количество изделий, изготавливаемых данным предприятием за определенный отрезок времени (годовая программа, месячная программа, недельная программа).

Существует три типа производства:

- 1) единичное;
- 2) массовое;
- 3) серийное.

Тип производства определяет построение и степень детализации разработки технологических процессов.

**Единичным** называется производство, при котором процесс изготовления одного или нескольких изделий либо не повторяется, либо повторяется через неопределенный промежуток времени.

Характерные особенности единичного производства:

- 1) универсальное оборудование и технологическая оснастка;
- 2) высокая квалификация рабочих;
- 3) расположения оборудования по типам (токарные станки, фрезерные станки, столярка).

**Массовым** называется производство, при котором непрерывно изготавливаются изделия узко ограниченной номенклатуры.

Характерные особенности массового производства:

- 1) специальное оборудование и технологическая оснастка;
- 2) низкая квалификация рабочих;
- 3) оборудование устанавливается походу технологического процесса (автоматические линии, поточные линии).
- 4) высокая квалификация среднетехнического персонала (наладчики).

**Серийным** называется производство, при котором изготовление изделий ведется партиями (сериями) регулярно повторяющимися через определенный промежуток времени.

Серийное производство подразделяется:

- 1) на мелкосерийное;
- 2) среднесерийное;
- 3) крупносерийное.

**Мелкосерийному** производству присущи характерные черты единичного производства, **крупносерийному** – характерные черты массового производства, **среднесерийному** – характерные черты и единичного и массового производства.

Для всех серийных производств характерно применение быстропереналаживаемого оборудования (станки с программным управлением, обрабатывающие центры).

Коэффициент закрепления операций является одной из основных характеристик типа производства (ГОСТ 3.1121-84).

**Коэффициент закрепления операций** – отношение общего количества операций, выполняемых на конкретном производственном участке или цехе к суммарному количеству оборудования (рабочих мест).

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}$$

Массовое производство	$K_{з.о.} \leq 1$
Крупносерийное производство	$K_{з.о.} = 1 \div 10$
Среднесерийное производство	$K_{з.о.} = 10 \div 20$
Мелкосерийное производство	$K_{з.о.} = 20 \div 40$
Единичное производство	$K_{з.о.} > 40$

### **Единое производство**

- 1 – Кз.о. > 40;
- 2 – маршрутная технология или маршрутно-операционная;
- 3 – универсальное оборудование и станки с ЧПУ;
- 4 – универсальные и стандартные приспособления и инструмент;
- 5 – пригонка и регулировка;
- 6 – высокая квалификация рабочих;
- 7 – производительность низкая, себестоимость высокая;
- 8 – по типам станков.

### **Серийное производство**

- 1 – мелкосерийное Кз.о. =  $20 \div 40$ , среднесерийное Кз.о. =  $10 \div 20$ , крупносерийное Кз.о. =  $1 \div 10$ ;
- 2 – маршрутно-операционная или маршрутная технология;
- 3 – универсальное, специализированное оборудование и станки с ЧПУ;
- 4 – стандартные, специализированные и универсальные, переналаживаемые, групповые;
- 5 – соблюдается принцип взаимозаменяемости;
- 6 – средняя квалификация рабочих и высокая квалификация наладчиков оборудования;
- 7 – производительность повышается, себестоимость снижается;
- 8 – групповая форма производства.

### **Массовое производство**

- 1 – Кз.о.  $\leq 1$ ;
- 2 – операционная технология;
- 3 – специальные и специализированные станки-автоматы и полуавтоматы;
- 4 – специальные приспособления и инструмент;
- 5 – принцип взаимозаменяемости;
- 6 – низкая квалификация рабочих и высокая у наладчиков;
- 7 – высокая производительность и низкая себестоимость изделий;
- 8 – поточно-массовое производство (расположение технологического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса и с определенным интервалом выпуска изделий).

Для обеспечения требуемой точности, качества детали и машины в целом необходимо, чтобы технологические процессы разрабатывались в полном соответствии с типом производства, в котором они будут реализованы.

### **Технико-экономические показатели качества**

Под **качеством** изделий понимается совокупность свойств и показателей, обуславливающих их пригодность для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с назначением.

Все технико-экономические показатели классифицируются по следующим группам:

- 1) показатели назначения;
- 2) показатели надежности;
- 3) показатели технологичности;
- 4) показатели стандартизации и унификации;
- 5) эргономические показатели;
- 6) эстетические показатели;
- 7) патентно-правовые показатели.

В особых случаях могут формироваться и дополнительные группы показателей качества (показатели безопасности, показатели точности, экономические показатели и т.д.).

**Показатели назначения** – одна из важнейших групп показателей, характеризующих назначение изделия, область применения, производительность, транспортабельность, точность, конструктивные и другие особенности изделия.

В машиностроении используются чаще всего следующие **показатели назначения**:

- 1) универсальность;
- 2) производительность;
- 3) материалоемкость;
- 4) энергоемкость;
- 5) точность и т.д.

Показатели назначения записываются обычно в паспорт изделия и используются в качестве основы для классификации.

**Показатели надежности. Надежность** – сложное свойство изделия, определяемое четырьмя безразмерными показателями:

- 1) показатели безотказности характеризуют свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов;
- 2) показатели долговечности характеризуют свойства изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для техобслуживания и ремонта;
- 3) показатели ремонтпригодности характеризуют приспособленность изделия к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей;
- 4) показатели сохраняемости характеризуют свойство изделия сохранять эксплуатационные показатели в течение и после срока хранения и транспортирования, установленного в технической документации.

**Показатели технологичности** характеризуют степень соответствия изделия оптимальным условиям современного производства, рациональному использованию материалов, приспособленность конструкции к применению прогрессивных технологий, возможность использования централизованного производства и рациональной организации труда. Количественная оценка технологичности – это срок запуска изделия в производство и себестоимость изделия при одном уровне производства (самолетостроение или сельскохозяйственное машиностроение или автомобилестроение).

Технический уровень машиностроения напрямую зависит от вложенных в отрасль средств и определяет в изделии:

- 1) совершенство конструкции;
- 2) степень автоматизации;
- 3) качество применяемых материалов;
- 4) качество топлива и смазки;
- 5) уровень технологий средств производства;
- 6) уровень стандартизации;
- 7) уровень взаимозаменяемости и измерительной техники;
- 8) уровень организации производства.

**Показатели стандартизации и унификации** характеризуют степень использования в данном изделии стандартных и унифицированных деталей и сборочных единиц.

**Стандартизация** – это процесс установления и применения правил с целью упорядочения деятельности в данной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон. Стандартизация основывается на результатах науки, техники и практического опыта.

Объектами стандартизации являются производственная продукция, нормы, правила, требования, методы, понятия, обозначения и т.д. Стандартизация проводится в международном масштабе, в пределах страны, отрасли, предприятия и фирмы.

**Унификация** – разновидность стандартизации, заключающаяся в установлении оптимального количества объектов одинакового назначения, путем создания новых или изменения существующих на основе достижений науки и техники.

**Эргономические показатели качества** оценивают степень приспособленности изделия к взаимодействию с человеком с точки зрения создания оптимальных условий для эффективной эксплуатации, соблюдения необходимых норм гигиены и техники безопасности. Термины и определения эргономики сведены к следующим четырем подгруппам показателей:

- 1) гигиенические;
- 2) антропометрические;
- 3) физиологические;
- 4) психологические.

Эстетические показатели качества характеризуют внешний вид продукции, ее соответствие современному стилю, соответствие формы цвету и качеству внешней отделки.

**Патентно-правовые показатели** включают два безразмерных показателя:

- показатель патентоспособности;
- показатель патентной чистоты.

Патентоспособным изделие является в том случае, если оно содержит технические решения, которые могут быть признаны изобретением, изделия обладают патентной чистотой, если оно не содержит технических решений, подпадающих под действие патентов.

## Тема 1.2. Точность изделия (лекция – дискуссия 6 часов)

**Точность изделия** – это такой показатель качества обеспечение которого вызывает наибольшие трудности и затраты в процессе создания и изготовления изделия.

Под точностью изделия понимается степень его приближения к геометрически правильному прототипу.

Точность изделия складывается из следующих основных показателей:

- 1) точности относительного движения исполнительных поверхностей изделия, т.е. максимального приближения действительного характера движения исполнительных поверхностей к теоретическому закону движения;
- 2) точности расстояний между исполнительными поверхностями и их размеров;
- 3) точности геометрических форм исполнительных поверхностей;
- 4) точности относительных поворотов исполнительных поверхностей;
- 5) точности микрогеометрии исполнительных поверхностей (шероховатость, волнистость).

**Исполнительные поверхности** – это поверхности, которыми изделие выполняет свое служебное назначение.

В данном случае подразумеваются исполнительные поверхности всех сборочных единиц изделия, так как часто исполнительные поверхности сборочных единиц точнее на порядок, чем исполнительные поверхности самого изделия (например: точность колес автомобиля и точность двигателя или коробки скоростей автомобиля).

### Виды геометрических структур

Геометрически правильный прототип изделия будем называть геометрической структурой изделия.

Геометрическая структура формируется на следующих стадиях создания изделия:

- 1) разработка технического задания;
- 2) разработка конструкции;
- 3) разработка технологического процесса;
- 4) производство изделия;
- 5) контроль изделия.

На каждой стадии создания изделия формируется как бы своя геометрическая структура и точность изделия.

Между геометрическими структурами устанавливается два вида связей: сверху-вниз – директивная и снизу-вверх – исполнительская.

По своей принадлежности к той или иной геометрической структуре размерные связи и соответствующие им базы носят названия:

- 1) конструкторские базы, конструкторские размеры;
- 2) технологические базы, технологические размеры;
- 3) измерительные базы, измерительные размеры.

Существует принцип единства баз:

**Конструкторские, технологические и измерительные базы** должны совпадать, при этом погрешность изготовления будет минимальная.

### Точность детали

Под **точностью детали** понимается степень ее приближения к геометрически правильному прототипу.

Изготовить любую деталь абсолютно точно практически невозможно, поэтому за меру точности любого параметра принимают величины отклонений от теоретических значений.

Погрешность – это величина обратная точности, она представляет собой разность между установленным (теоретическим) и действительным параметром.

$W = A_t - A_d$  – погрешность параметра (рис. 3).

$IT$  – допуск (поле допуска) – регламентированная погрешность, разность между предельными допустимыми границами погрешности.

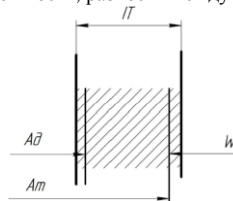


Рис. 3. Понятие допуска

Все погрешности, на которые установлены допуски, делятся на два класса:

1. Погрешности макрогеометрии.
2. Погрешности микрогеометрии.

Классы, в свою очередь делятся на подклассы:

1. Погрешности макрогеометрии:
  - погрешности размеров;
  - погрешности формы поверхностей деталей;
  - погрешности расположения поверхностей деталей;
2. Погрешности микрогеометрии:
  - шероховатость поверхности;
  - волнистость поверхности.

### Погрешности макрогеометрии

#### Погрешности размеров

Самая высокая точность размеров в соединениях, которые могут быть подвижными или неподвижными, характер соединения деталей называется посадкой. В посадке общий размер для отверстия и вала, который называется номинальным.

Размер, установленный измерением, называется **действительным**.



**Предельные размеры** – максимальный и минимальный размеры, между которыми должен находиться действительный размер. Точность размеров определяется системой допусков и посадок, закономерно построенных на основании опыта теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов.

В промышленности разработаны и действуют системы допусков и посадок на различные типы соединений:

- гладкие цилиндрические;
- конические, резьбовые;
- шпоночные;
- шлицевые;
- зубчатые.

Принципы построения системы наглядно видны на примере гладких цилиндрических соединений.

Принципы построения системы гладких цилиндрических соединений:

**1. Основание системы.**

Все посадки в системе образуются в **системе отверстия** или в **системе вала**, которые формально равноправны, однако система отверстия является предпочтительной, как более экономичная, так как вал обрабатывается легче, чем отверстие.

**Система отверстия** – все посадки образуются за счет предельных отклонений вала при одном основном отклонении отверстия (H) (рис. 4 2.3, 2.4, 2.6).

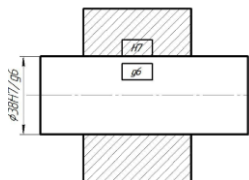


Рис. 4. Посадка в системе отверстия

**Система вала** – все посадки образуются за счет предельных отклонений отверстия при одном основном отклонении вала (h) (рис. 5).

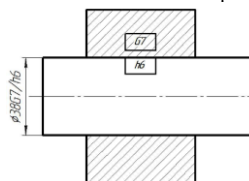


Рис. 5. Посадка в системе вала

Система отверстия является предпочтительной, так как более экономична, при размерной обработке отверстий размерным инструментом требуется большое количество сложного инструмента, чем при обработке вала резцами.

**2. Система односторонняя предельная.**

Поле допуска основного отверстия и вала (H, h) расположено в одну сторону «в металл» от номинальной линии, одно отклонение равно нулю. Согласно этому принципу допуски всех размеров, не обусловленные посадкой, проставляются с одним отклонением «в металл» или с симметричным расположением допуска (расположение осей отверстий или осей симметрии).

**3. Единица допуска.**

Начиная с 5 квалитета, допуск определяется по формуле:  $IT = i \cdot a$ ,

где  $i$  – единица допуска – функция номинального размера;

$a$  – безразмерный коэффициент, зависящий от квалитета (рис. 6).

$i = 0,45\sqrt{D} + 0,001D$  – для размеров до 500 мм.

$i = 0,004D + 2,1$  – для размеров свыше 500 мм.

приборостроение	машиностроение	заготовки
0 1 2 3 4	5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	15 16 17
a	a	a
по индивидуал. зависимостям	7 10 16 28 40 64 100 160 250 400	640 1000 1600

Рис. 6. Значение коэффициента  $a$

**4. Квалитеты.**

**Квалитеты** – ступени градации точности, для гладких цилиндрических соединений установлено 19 квалитетов точности.

**5. Основные предельные отклонения.**

Установлено 21 основное предельное отклонение (все буквы латинского алфавита) и 6 промежуточных (cd, ef, fg, za, zb, zc), которые обозначаются буквами латинского алфавита, заглавными – для отверстий, строчными – для валов.

Условное обозначение полей допусков состоит из сочетания латинских букв и номера квалитета h7, g6, m5, H7, G6, F5 и т.д.

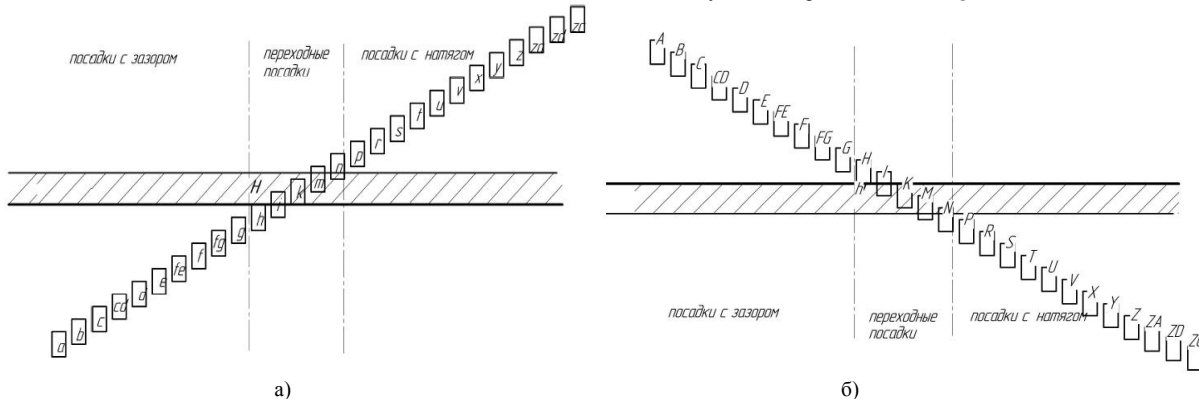


Рис. 7. Предельные отклонения: а) – вала в системе отверстия; б) – отверстия в системе вала

### 6. Интервалы размеров.

Диапазон размеров до 10 000 мм разбит на 26 интервалов, и допуски рассчитываются не на каждый размер, а на весь интервал размеров (1–3, 3–6, 6–10, 10–18, 18–30 и т.д.).

### 7. Температурный режим.

Условие контроля всех параметров точности +20 °С.

### Погрешности формы поверхностей деталей

Отклонения (погрешности) формы и расположения поверхностей возникают в процессе обработки деталей из-за неточности и деформации станка, инструмента и приспособлений; деформации обрабатываемого изделия; неравномерности припуска на обработку; неоднородности материала заготовки и т.д. В подвижных соединениях эти отклонения приводят к уменьшению износостойкости деталей, к нарушению плавности хода, шумообразованию и т.д. При работе механизмов с использованием направляющих, копиров, кулачков и т.д. снижается их точность. В неподвижных соединениях отклонения формы и расположения поверхностей вызывают неравномерность натягов или зазоров, вследствие чего снижается прочность соединения, герметичность и точность центрирования.

Погрешности формы поверхностей определяются относительно некоторой идеальной поверхности, называемой прилегающей поверхностью (рис. 8).

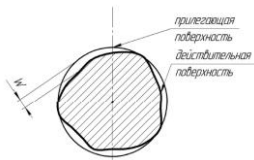


Рис. 8. Погрешность формы: W – погрешность формы, наибольшее расстояние между идеальной (прилегающей) и действительной поверхностью

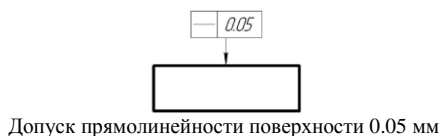
**Прилегающими** называются поверхности, которые соприкасаются с действительными, находятся от них на ближайшем расстоянии и располагаются вне материала детали.

### Виды погрешностей формы поверхностей:

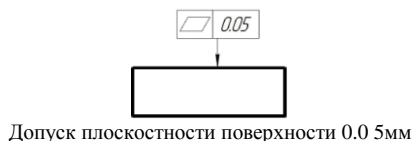
- 1) отклонения от прямолинейности;
- 2) отклонения от плоскостности;
- 3) отклонения от круглости;
- 4) отклонения от цилиндричности;
- 5) отклонения профиля продольного сечения.

Условное обозначение погрешности формы на чертежах:

#### 1) отклонения от прямолинейности



#### 2) отклонения от плоскостности



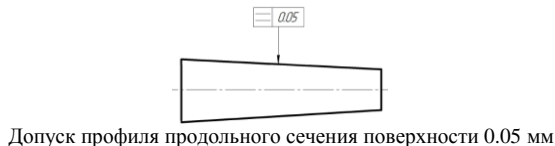
#### 3) отклонения от круглости



#### 4) отклонения от цилиндричности



#### 5) отклонения профиля продольного сечения



### Погрешности расположения поверхностей деталей

**Отклонением расположения** называется отклонение рассматриваемой поверхности от ее номинального расположения.

При этом действительные поверхности заменяются прилегающими (идеальными). Отклонения расположения следует относить к заданной длине или ко всей длине рассматриваемой поверхности (если длина не задана).

Отклонения расположения поверхностей деталей следующие:

- 1) **отклонение от параллельности плоскостей** – разность наибольшего и наименьшего расстояния между прилегающими плоскостями;
- 2) **отклонение от параллельности осей** – не параллельность проекций осей на их общую теоретическую плоскость  $a$ , проходящую через одну ось и одну из точек другой оси;
- 3) **перекос осей** – отклонение от параллельности проекций осей на плоскость перпендикулярную к плоскости  $a$ ;
- 4) **отклонение от перпендикулярности плоскостей и осей** – отклонение действительного угла от прямого. Выражается в линейных единицах на заданной длине или на всей длине детали;
- 5) **отклонение от соосности:**
  - а) относительно базовой поверхности, наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности и осью базовой поверхности;
  - б) относительно общей оси. За общую ось принимается прямая пересекающая оси поверхностей вращения в средних сечениях;

6) **радиальное биение** – разность показаний измерительной головки, возникающее при вращении детали вследствие несоосности;  
 7) **торцевое биение** – разность показаний измерительной головки на диаметре, возникающее при вращении детали вследствие не перпендикулярности;

8) **отклонение от симметричности** – наибольшее расстояние между действительными осями двух симметричных фигур;

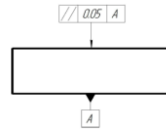
9) **позиционное отклонение** (смещение от номинального расположения).

Отклонение от номинального расположения – это наибольшее расстояние между реальным расположением элемента (его оси, центра или плоскости симметрии) и его номинальным расположением. Смещение осей отверстий от номинального расположения не более 0,2, это значит, что действительная ось может лежать в пределах окружности диаметром 0,2 ( $\varnothing 0,2$ );

10) **отклонение от пересечения (непересечение)**. Наименьшее расстояние между осями, номинально пересекающимися.

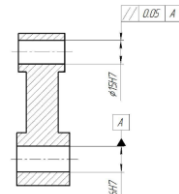
**Условное обозначение погрешности расположения поверхностей на чертежах:**

1) **отклонение от параллельности плоскостей**



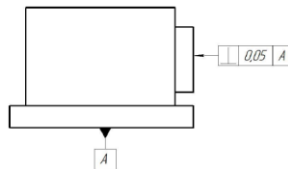
Допуск параллельности плоскостей 0.05 мм

2) **отклонение от параллельности осей**

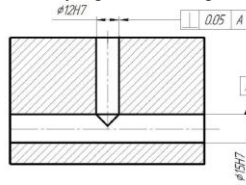


Допуск параллельности осей 0.05 мм

3) **отклонение от перпендикулярности плоскостей и осей**



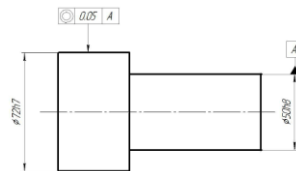
Допуск перпендикулярности поверхностей 0.05 мм



Допуск перпендикулярности осей 0.05 мм

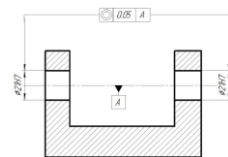
4) **отклонение от соосности:**

а) относительно базовой поверхности



Допуск соосности относительно базовой поверхности 0.05 мм

б) относительно общей оси



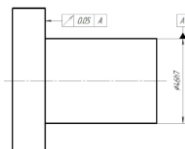
Допуск соосности относительно общей оси 0.05 мм

5) **радиальное биение**



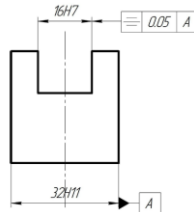
Допуск радиального биения 0.05 мм

6) **торцевое биение**



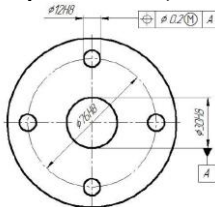
Допуск торцевого биения 0.05 мм

7) отклонение от симметричности



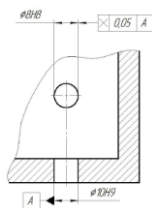
Допуск симметричности паза относительно наружного контура (база А) 0.05 мм

8) позиционное отклонение (смещение от номинального расположения)



Позиционный допуск осей отверстий относительно базы А 0.2 мм (допуск зависимый)

9) отклонение от пересечения (непересечение) осей



Допуск пересечения осей отверстий 0.05 мм

**Допуски отклонений расположения и формы поверхностей детали**

Самостоятельные допуски на отклонения расположения и формы поверхностей детали назначаются не всегда, а при наличии особых требований, вытекающих из условий работы детали. Во всех остальных случаях отклонения расположения ограничиваются полем допуска на расстояния между поверхностями или осями, а отклонения формы ограничиваются полем допуска на размер.

Для всех видов нормируемых отклонений предусмотрено 16 степеней точности, от 1 до 16. Предусмотрено три уровня относительной геометрической точности (связь с допуском на размер): А – нормальная – 60 % от допуска на размер; В – повышенная – 40 % от допуска на размер; С – высокая – 25 % от допуска на размер.

Отклонения формы и расположения поверхностей деталей машин и механизмов снижает:

1. Точность взаимного расположения составных частей изделия.
2. Точность их относительного перемещения при работе.
3. Повышают износ, из-за нарушения целостности смазочного слоя и местного возрастания контактных напряжений.
4. Снижает прочность соединений с натягом.

**Погрешности микрогеометрии**

Шероховатость поверхности играет большую роль в подвижных соединениях, влияя на трение и износ трущихся поверхностей.

Уменьшение шероховатости поверхности вносит большую определенность в характер соединения деталей.

Шероховатость поверхности связана с рядом важных функциональных показателей изделия таких как:

- 1) плотность и герметичность соединений;
- 2) контактная жесткость поверхности;
- 3) прочность сцепления при притирании и склеивании;
- 4) качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- 5) качество смазки.

Уменьшение шероховатости поверхностей деталей значительно повышает:

- 1) их усталостную прочность;
- 2) улучшает антикоррозийную стойкость;
- 3) уменьшает трение деталей;
- 4) улучшает отражательную способность поверхности;
- 5) точность измерения.

**Параметры шероховатости**

Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности детали и рассматриваемых на базовой длине (рис. 9).

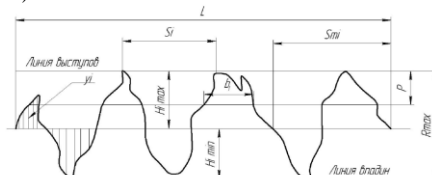


Рис. 9. Параметры шероховатости

При отношении шага к высоте:

$$\frac{S}{H} \leq 50 - \text{шероховатость}; \quad 50 \leq \frac{S}{H} \leq 1000 - \text{волнистость}; \quad \frac{S}{H} \geq 1000 - \text{отклонение формы}$$

Шероховатость обработанной поверхности является следствием пластической деформации поверхностного слоя металла детали при литье, образовании стружки, копировании неровностей режущих кромок инструмента, трении его о деталь, вырывании частиц металла, вибрации детали и других причин.

Представление о реальном профиле шероховатости дают профилограммы, полученные на профилографах в результате ощупывания поверхности алмазной иглой либо путем фотографирования ее на специальном микроскопе.

На шероховатость поверхности разработан комплекс стандартов, который соответствует международным рекомендациям.

Установлено 6 параметров шероховатости:

1. Ra – среднеарифметическое отклонение профиля:  $Ra = \frac{1}{l} \int_0^l y(x) dx \cong \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$

2. Rz – высота неровностей по 10 точкам:  $Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 H_{i \max} + \sum_{i=1}^5 H_{i \min} \right)$

3. Rmax – наибольшая высота неровностей профиля (рис. 9).

4. Sm – средний шаг неровностей профиля:  $Sm = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Sm_i$

Sm<sub>i</sub> – шаг неровностей, равный длине отрезка средней линии между точками пересечения ее с одноименными сторонами соседних неровностей n – число средних шагов в пределах базовой длины.

5. S – средний шаг неровностей профиля по вершинам:  $S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$

6. tp – относительная опорная длина профиля – отношение опорной длины профиля hp к базовой длине l в процентах.

$$h_p = \sum_{i=1}^n b_i; t_p = \frac{h_p}{l} = \frac{h}{l} \cdot 100\%; P = \frac{P}{R_{\max}} \cdot 100\%$$

b<sub>i</sub> – длины отрезков, отсекаемых на выступах профиля линией эквидистантной средней линии в пределах базовой длины (рис. 9).

P – уровень сечения профиля, значение уровня сечения профиля отсчитывается от линии выступов в процентах к наибольшей высоте неровностей профиля Rmax (рис. 9).

T50 80 ± 10 %; это значит, что относительная опорная длина профиля составляет 80 % от базовой длины l, на уровне 50 % от Rmax.

**Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.**

Шероховатость обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей независимо от метода их обработки (рис. 10 – 13).

Знак, примененный для обозначения шероховатости на чертеже

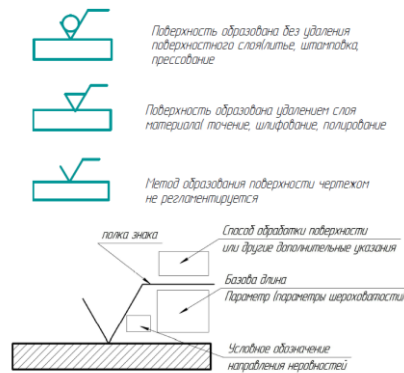


Рис. 10. Поля параметров шероховатости

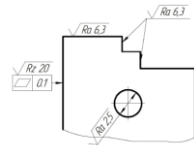


Рис. 11. Простановка шероховатости на чертежах

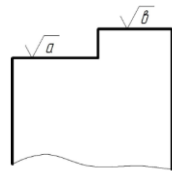
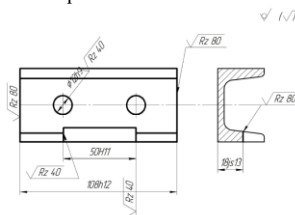


Рис. 12. Расшифровка шероховатости

$$\sqrt{a} = \sqrt{M 0,8 / Ra 0,40}$$

$$\sqrt{b} = \sqrt{\frac{Ra 0,80}{2,5 t_{0,60}}}$$

Рис. 13. Обозначение шероховатости остальных поверхностей



**Экономически достижимая точность** – это точность, которая получается на соответствующем оборудовании автоматически без дополнительных затрат (табл. 1, 2).

**Припуск** – слой металла, который необходимо удалить, чтобы получить поверхность лучшего качества и точности. Припуск не должен быть большим и маленьким, а должен быть оптимальным. Определяется припуск аналитическим и статистическим способом.

Минимально необходимая величина припуска должна обеспечивать удаление микронеровностей, слоя материала с измененными физико-механическими свойствами и структурой и пространственными отклонениями взаимосвязанных поверхностей, полученными при предшествующей обработке. На рис. 14 представлены основные составляющие припуска.

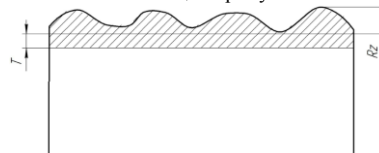


Рис. 14. Основные составляющие припуска

Минимальный припуск, который необходимо снять на I операции определяется по формуле:

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

где  $Rz_{i-1}$  — максимальная высота неровностей предшествующей операции;

$T_{i-1}$  — наибольшая глубина дефектного слоя материала, полученного на предшествующей обработке;

$\rho_{i-1}$  — пространственные отклонения взаимосвязанных поверхностей; получившихся на предшествующем переходе;

$\varepsilon_i$  — погрешность базирования на данном переходе.

Таблица 1

Экономически достижимая точность основных методов обработки

Вид обработки		шероховатость Ra(мкм)	Глубина дефектного слоя (мкм)	Качество допуска размера	Степень точности и расположения поверхностей	Припуск на данную обработку
Наружное обтачивание	черновое	25-50	120-60	14-15	11-13	1.5-3
	получистовое	6.3-12.5	50-20	12-14	10-12	0.3-0.5
	чистовое	1.6-3.2	30-20	6-9	7-9	0.2-0.5
Раскатывание	черновое	25-50	50-20	14-15	10, 11	1.5-3
	получистовое	12.5-25	25-10	12-14	7-9	0.2-0.5
	тонкое	1.6-3.2	10-5	7-9	4-6	0.1-0.3
Сверление		6.3-25	70-15	12-14	9-12	D2
Запирывание	черновое	12.5-25	50-20	12-13	10-12	0.5-0.7
	чистовое	3.2-6.3	30-10	10-11	6-8	0.3-0.5
Развертывание	Чистовое	6.3-12.5	25-15	9-10	8-10	0.2-0.4
	тонкое	1.6-3.2	15-5	7-8	6-7	0.15-0.25
Протягивание	черновое	6.3	25-10	8-9	8-10	расч.
	Чистовое	0.8-3.2	10-5	7-8	6-8	расч.
Строганье	черновое	12.5-25	150-100	12-14	10-11	2-4
	Чистовое	3.2-6.3	30-20	8-10	9-10	1-1.5
Фрезерование	черновое	6.3-40	100-80	12-14	9-10	1.5-3
	получистовое	3.2-6.3	60-40	10-11	7-8	0.7-1.5
	тонкое	0.8-1.6	30-10	8-9	6-7	0.5-1
Шлифование	получистовое	3.2-6.3	20	8-11	6-8	0.25-0.8
	Чистовое	0.8-1.6	15-5	6-8	4-6	0.05-1
	тонкое	0.2-0.4	5	5-7	3-5	0.04-0.08
Суперфиниш Хонингование	предварительное	0.1-0.4	3-6	5-7	2-4	0.02-0.1
	Чистовое	0.05-0.20	3-1	5-6	1-3	0.01-0.02
Доводка	предварительная	0.1-0.2	5-6	5-6	2-4	0.02-0.05
	тонкая	0.012-0.05	3-4	5 и точнее	1-3	0.005-0.015
Раскатывание, Лорирование		0.4-1.6	-	6-9	2-7	-

Таблица 2

Экономически достижимой точности обработки зубчатых колес

Вид обработки зубчатых колес	Степень точности	Окружная скорость м/сек	Вид изделия
Метод копирования	9-12	2-4	Зубчатые передачи для грубой работы, ненагруженные передачи
Метод оокатки	8-9	6-10	Общее машиностроение Грузоподъемные механизмы Нормальные редукторы
Шевингование	5-6-7	10-15	Металлорежущие станки, скоростные редукторы, авто и авиостроение
Шлифование	5-6	15-30	Турбинные передачи, измерительные колеса для изм. зубчатых колес 8-9 ст. точ. Отв. зуб. перед. авто и авиостроения
Доводка Притирка	3-4	40-75	Прецизионные делительные мех. Высокоскоростные турбины
Обкатка на прецизионных станках	3-4	40-75	Измерительные колеса для контроля зубчатых колес 5-6 ст. точ.

По точности изготовления все зубчатые колеса и передачи разделены на 12 степеней точности.

Точность изготовления зубчатых и конических колес и передач задается по нормам:

1. Кинематической точности.
2. Плавности работы.
3. Контакта зубьев в передаче.
4. Видом сопряжения и видом допуска бокового зазора.

При одной степени точности (1-3) условное обозначение 7-B ГОСТ1643-81  
B – вид сопряжения, b – вид допуска бокового зазора

При разных степенях точности 8-7-6-Ba ГОСТ 1648-81  
8 – степень точности по нормам кинематической точности  
7 – степень точности по нормам плавности  
6 – степень точности по нормам контакта зубьев  
B – вид сопряжения  
a – вид допуска бокового зазора

## Раздел 2. Этапы конструкторской разработки изделия

### Тема 2.1. Основы базирования в машиностроении (лекция дискуссия – 4 часа)

Этапы конструкторской разработки изделия представим в виде схемы, которая называется действие-результат, по вертикальной оси действия, а по горизонтальной – результат этих действий (рис. 15).

Исходные данные:

- 1) техническое задание;
- 2) идея конструктора;
- 3) потребность общества;
- 4) обработка информации.

#### Два вида связей в изделии

Точность изделия характеризуется величиной отклонений относительного движения и положения исполнительных поверхностей изделия и ее механизмов от теоретических, т.е. требуемых ее служебным назначением. В процессе изготовления изделия складывается два вида связей между исполнительными поверхностями изделия и ее механизмов.

1. **Кинематический вид связи**, образующий требуемое относительное движение исполнительных поверхностей изделия и ее механизмов.

2. **Размерный вид связи**, образующий требуемое положение исполнительных поверхностей изделия и ее механизмов.

Размерный вид связи делится на два подвида:

- 1) определяющий расстояния;
- 2) определяющий повороты поверхностей.

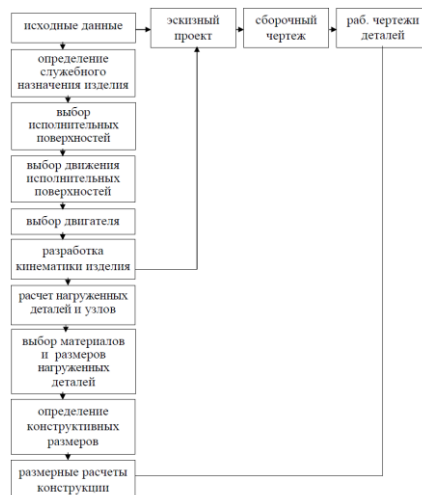


Рис. 15. Схема действие-результат (этапы конструкторской разработки)

Расстояния между исполнительными поверхностями изделия образуются при помощи размеров, принадлежащих целому ряду деталей, на которые базируются детали, несущие исполнительные поверхности.

Величины относительных поворотов исполнительных поверхностей изделия обеспечиваются в каждой из координатных плоскостей надлежащими величинами поворотов поверхностей ряда деталей, на которые базируются детали, несущие исполнительные поверхности. Все размеры деталей, базированных на детали с исполнительными поверхностями включая и размер между ними, образуют замкнутый контур размеров, которые называется **размерной цепью**.

Совокупность размеров, образующих замкнутый контур и участвующих в решении поставленной задачи называется **размерной цепью** (рис. 16).

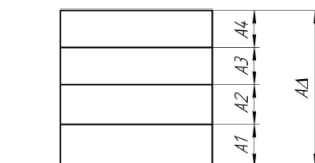


Рис. 16. Размерная цепь

Задача – построить башню определенной высоты (рис. 16). Размер башни  $A_4$  складывается из 4 размеров кубиков  $A_1, A_2, A_3, A_4$ , размеры кубиков от базы до базы образуют с размером между исполнительными поверхностями замкнутый контур, в котором все размеры можно рассчитать и увязать по точности.

Задачи, которые необходимо решать для достижения требуемой точности изделия, а также точности деталей в процессе изготовления и измерения, сводятся к нахождению, рассмотренных видов связей или к их созданию и к управлению ими в требуемом направлении.

#### Основы базирования

С вопросами базирования вплотную приходится сталкиваться:

- 1) при разработке конструкции изделия и при сборке;
- 2) при обработке детали на станке, когда необходимо установить деталь в приспособление, закрепить и обработать с определенной точностью;
- 3) при установке на станок приспособлений и режущего инструмента;
- 4) при измерении всех точностных параметров детали.

Совокупность элементарных поверхностей, связанных между собой определенным образом, образует геометрическую структуру изделия. Элементарные поверхности в изделии координируются от других поверхностей, которые называются базировочными, а сам процесс координирования называется базированием. Для координирования положения поверхностей используются два вида координат – линейные и угловые, проставленные от базы они называются размерными связями или размерами, если проставлены на чертеже.

По своей принадлежности к той или иной геометрической структуре размеры и соответствующие им базы носят название:

- 1) конструкторские базы и размеры;
- 2) технологические базы и размеры;
- 3) измерительные базы и размеры.

1. **Конструкторские базы** – поверхности, которые используются для определения положения поверхностей и деталей изделия при разработке конструкции.

Конструкторские размеры определяют взаимное положение поверхностей и осей относительно конструкторской базы.

Конструкторские базы бывают основные и вспомогательные.

**Основные** конструкторские базы – это поверхности, которыми деталь базируется в общей сборке. **Вспомогательные** базы – это поверхности, на которые базируются другие детали.

**2. Технологические базы** – это поверхности, от которых определяются положение поверхностей в процессе обработки.

Технологические размеры назначаются для изготовления детали и контроля (измерительные размеры) от технологических баз.

**3. Измерительные базы** – поверхности, которые используются для контроля положения данных поверхностей.

Существует принцип единства баз, который гласит: необходимо стремиться к тому, чтобы конструкторские, технологические и измерительные базы совпадали, в этом случае будет минимальная погрешность изготовления.

**Полное базирование твердого тела**

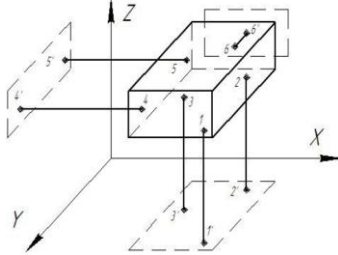
Из теоретической механики известно, что каждое свободное тело имеет 6 степеней свободы в трех координатной системе, 3 – перемещения вдоль координатных осей, 3 – вращения вокруг этих осей. При любом варианте применяемых координатных связей, каждая из них лишает тело одной степени свободы.

**Основное правило базирования:** для полного базирования свободного тела необходимо и достаточно связать его поверхности шестью координатными связями с трех координатной системой.

Наличие координатных связей более шести не только не нужно, но и вредно, так как возникает неопределенность базирования.

**Базирование призмы**

Классическая схема базирования призмы представлена на рис. 17. По этой схеме базируются корпусные детали, платформы, крышки кронштейны или в сочетании с другими схемами базирования.



Координаты точек	Лишенные степени свободы		Количество лишенных степеней свободы
	перемещения	вращения	
1 – 1'; 2 – 2'; 3 – 3'	по Z	относительно оси OX; OY	3
4 – 4'; 5 – 5'	по X	относительно оси OZ	2
6 – 6'	по Y		1
	3	3	6

Рис. 17. Схема базирования призмы

Поверхность, на которой можно разместить 3 точки и которая лишает тело 3-х степеней свободы, называется – **установочной**.

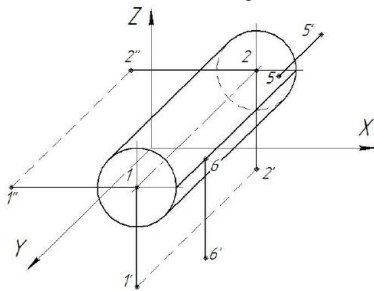
Поверхность, на которой можно разместить 2 точки и которая лишает тело 2-х степеней свободы, называется – **направляющей**.

Поверхность, на которой размещается 1 точка и которая лишает тело одной степени свободы, называется – **опорной**.

**Базирование длинного цилиндра**

По схеме длинного цилиндра базируются валы, втулки, крышки и другие детали (рис. 18).

Длинным считается цилиндр, если на его оси можно разместить 2 точки, удаленные друг от друга.



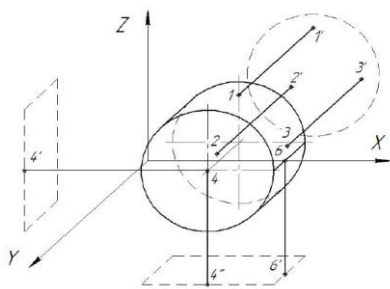
Координаты точек	Лишенные степени свободы		Количество лишенных степеней свободы
	перемещения	вращения	
1 – 1'; 2 – 2'	по Z	относительно оси OX	2
1 – 1''; 2 – 2''	по X	относительно оси OZ	2
2 – 5'	по Y		1
6 – 6'		относительно оси OY	1
	3	3	6

Рис. 18. Схема базирования длинного цилиндра

Цилиндрическая поверхность в технологии машиностроения называется двойной направляющей, и лишает деталь 4 степени свободы.

**Базирование короткого цилиндра**

По схеме короткого цилиндра базируются детали типа дисков, крышек, прокладок и др. Короткий цилиндр используется для центрирования в других схемах базирования (рис. 19).



Координаты точек	Лишенные степени свободы		Количество лишенных степеней свободы
	перемещения	вращения	
1 – 1'; 2 – 2'; 3 – 3'	по Y	относительно оси OX; OZ	3
4 – 4'; 4'' – 4''	по X; Z		2
6 – 6'		относительно оси OY	1
	3	3	6

Рис. 19. Схема базирования короткого цилиндра

**Тема 2.2. Размерные цепи в машиностроении (лекция дискуссия – 4 часа)**

Размерные цепи бывают **конструкторские** (сборочные); **технологические**; **измерительные**.

**Конструкторские** (сборочные) размерные цепи – это размерные цепи, связывающие при сборке изделия исполнительные поверхности (рис. 20).

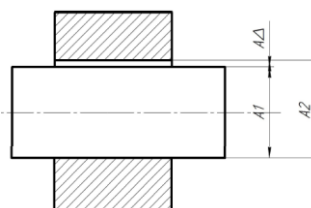


Рис. 20. Конструкторская размерная цепь (посадка):  
A1 – диаметр вала; A2 – диаметр отверстия; AΔ – зазор или натяг в посадке.



**Технологические размерные цепи** делятся на два вида:

- 1) технологические сборочные, связывающие обрабатываемый размер и размерные цепи станка, приспособления и инструмента при помощи которых он получается.
- 2) чисто технологические, связывающие межпереходные размеры, припуски и конструкторские размеры (рис. 21).

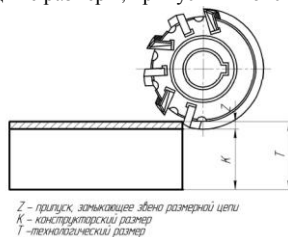


Рис. 21. Технологическая размерная цепь

**Измерительные размерные цепи** – цепи, при помощи которых осуществляется измерение величин, характеризующих точность деталей или изделия (рис. 22).

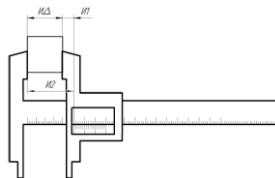


Рис. 22. Измерительная размерная цепь

Задачи, которые необходимо решать для достижения требуемой точности изделия, а также точности деталей в процессе изготовления и измерения, сводятся к нахождению, рассмотренных видов связей или к их созданию и к управлению ими в требуемом направлении.

**Основные понятия и определения теории размерных цепей**

Размеры в размерной цепи называются **звеньями**.

Существует 4 вида звеньев:

1. **Исходное звено** – звено размерной цепи, которое возникает в результате постановки задачи. Обозначаются исходные звенья заглавной буквой русского алфавита с индексом  $\Delta$  –  $\Delta A$ ,  $\Delta B$ . Исходное звено всегда задается числовым значением.
2. **Замыкающее звено** – звено размерной цепи, которое получается последним в результате решения поставленной задачи и обозначается заглавной буквой русского алфавита с индексом  $\Delta A$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta V$ , и т.д. Замыкающие звенья не задаются числовым значением, а рассчитываются по известным составляющим звеньям.
3. **Составляющие звенья** – это звенья размерной цепи, с изменением размера которых изменяется размер замыкающего звена. Составляющие звенья обозначаются заглавными буквами русского алфавита с индексами 1, 2, 3 и т.д. т.е.  $A_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  и т.д. Составляющие звенья, в свою очередь, могут быть:
  - а) **увеличивающие** – когда с увеличением размера звена увеличивается замыкающее звено;
  - б) **уменьшающие** – когда с увеличением размера звена уменьшается замыкающее звено.
4. **Компенсирующее звено** – это одно из составляющих звеньев, изменением размера которого достигается точность исходного звена в процессе сборки.

Размерные цепи бывают: **линейные, плоские и пространственные**.

**Линейная размерная цепь**, звенья которой расположены в одной плоскости и параллельны между собой.

**Плоская размерная цепь**, звенья которой расположены в одной или нескольких параллельных плоскостях.

**Пространственная размерная цепь**, звенья которой расположены в непараллельных плоскостях.

**Расчет линейных размерных цепей**

Параметры каждого звена размерной цепи. Каждое звено размерной цепи имеет несколько параметров (рис. 23).

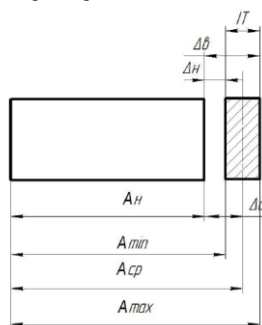


Рис. 23. Параметры звена размерной цепи

$A$  – номинальный размер – размер, принятый за начало отсчета отклонений;

$IT$  – поле допуска;

$A_{min}$  – минимальный предельный размер;

$A_{max}$  – максимальный предельный размер;

$A_{cp}$  – средний размер;

$\Delta_n$  – нижнее предельное отклонение;

$\Delta_v$  – верхнее предельное отклонение;

$\Delta_o$  – среднее отклонение, координата середины поля допуска.

Соотношения между параметрами (рис. 23):

$$A_{cp} = A + \Delta_o;$$

$$IT = \Delta_v - \Delta_n;$$

$$\Delta_o = 1/2 (\Delta_v + \Delta_n);$$

$$A_{пред} = A_{cp} \pm IT/2;$$

$$A_{пред} = A_{cp} \pm IT/2;$$

$$A_{max} = A + \Delta_o + IT/2;$$

$$A_{min} = A + \Delta_o - IT/2.$$

**Основное уравнение размерной цепи**

Расчет плоских и пространственных размерных цепей может быть сведен к расчету линейных размерных цепей с параллельными звеньями, если спроектировать звенья размерной цепи на координатные оси (рис. 24).

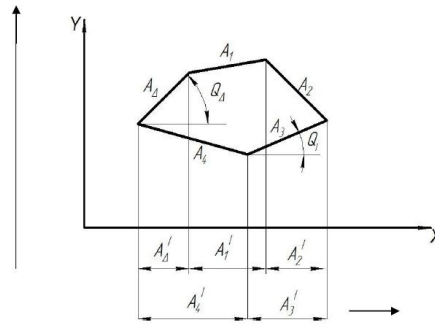


Рис. 24. Плоская размерная цепь

Плоская размерная цепь представляет собой замкнутый многоугольник размеров:

$A_i$  – составляющие звенья;

$A_{\Delta}$  – замыкающее звено;

$A_i^1$  – проекции составляющих звеньев на ось X;

$A_{\Delta}^1$  – проекция замыкающего звена на ось X;

$\theta_{\Delta}$  – угол между замыкающим звеном и осью X;

$\theta_i$  – угол между составляющим звеном и осью X.

В замкнутом контуре геометрическая сумма всех звеньев равна нулю.

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n A_i = 0 \text{ – основное уравнение размерной цепи, } n \text{ – количество составляющих звеньев.}$$

Для решения уравнения проектируем многоугольник на координатные оси X и Y. Уравнения проекций будут алгебраическими.

По оси X:

$$A_{\Delta} \cdot \cos \theta_{\Delta} + \sum_{i=1}^n A_i \cdot \cos \theta_i = 0$$

По оси Y:

$$A_{\Delta} \cdot \sin \theta_{\Delta} + \sum_{i=1}^n A_i \cdot \sin \theta_i = 0$$

В линейных размерных цепях с параллельными звеньями угол  $\theta$  равен  $0^\circ$  или  $180^\circ$ ;  $\sin \theta = 0$ , а  $\cos \theta = +1$ ;  $-1$ .

Уравнение проекций на ось Y теряет смысл, а в уравнении на ось X  $\cos \theta$  называется передаточным отношением и обозначается  $\xi$ , принимая значение  $\xi = \pm 1$  характеризует направленность влияния составляющего звена на замыкающее.

Основное уравнение линейной размерной цепи по средним размерам (как постоянным размерам) получается таким:

$$\xi \cdot A_{\Delta}^{cp} + \sum_{i=1}^n \xi \cdot A_i^{cp} = 0; \quad A_{cp} = A_n + \Delta_0$$

Основное уравнение расписывается на два уравнения:

$$1) \text{ уравнение номиналов } \xi \cdot A_{\Delta n} + \sum_{i=1}^n \xi \cdot A_{in} = 0$$

$$2) \text{ уравнение средних отклонений } \xi \cdot \Delta_{\Delta} + \sum_{i=1}^n \xi \cdot \Delta_i = 0$$

$$3) \text{ уравнение допусков } IT_{\Delta} = \sum_{i=1}^n |IT_i|$$

Допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев по абсолютной величине.

**Виды взаимозаменяемости (методы достижения точности замыкающих звеньев)**

Точность замыкающих звеньев достигается двумя методами:

- 1) методом **полной взаимозаменяемости**;
- 2) методом **неполной взаимозаменяемости**.

**Полная взаимозаменяемость** – это свойство независимо изготовленных с заданной точностью деталей и сборочных единиц обеспечивать возможность беспригонной сборки или замены при ремонте сопрягаемых деталей и сборочных единиц при соблюдении предъявляемых к изделию требований. Условие достижения точности замыкающего звена при полной взаимозаменяемости следующее:  $IT_i \geq IT_{\Delta}$ .

Допуск исходного звена больше или равен допуску замыкающего звена, при этом допуск замыкающего звена рассчитывается на max

$$\min \text{ по формуле: } IT_{\Delta} = \sum_{i=1}^n |IT_i|$$

Достоинства метода полной взаимозаменяемости:

- 1) упрощается процесс сборки;
- 2) сборочный процесс точно нормируется;
- 3) упрощается ремонт.

Полная взаимозаменяемость применяется в несложных изделиях невысокой точности с небольшим количеством звеньев.

**Неполная взаимозаменяемость** – в ряде случаев, когда нецелесообразно или технически трудно выполнимо изготовление деталей высокой точности, применяют неполную взаимозаменяемость, при которой по отдельным параметрам точность достигается следующими способами:

- 1) способ группового подбора (селективная сборка);
- 2) метод компенсации (доводка, пригонка);
- 3) способ регулирования.

Условие достижения точности замыкающего звена при неполной взаимозаменяемости следующее:  $IT_i \leq IT_\Delta$ .

Допуск исходного звена меньше или равен допуску замыкающего звена, при этом допуск замыкающего звена рассчитывается на max-min или вероятностным способом.

$$IT_\Delta = \sum_{i=1}^n |IT_i| \text{ – расчет на max-min.}$$

$$IT = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2 \cdot IT_i^2} \text{ – расчет вероятностным методом, где } k \text{ – коэффициент, учитывающий способ распределения погрешности, } k$$

=1,2, если способ распределения не известен,  $k = 1,7$  для несоосностей.

#### Способ группового подбора

Способ группового подбора применяется в основном в посадках и заключается в следующем: детали изготавливаются со сравнительно широкими технологически выполнимыми допусками, а затем сортируются на группы с более узкими групповыми допусками и сборка осуществляется только деталей определенных групп (рис. 25).

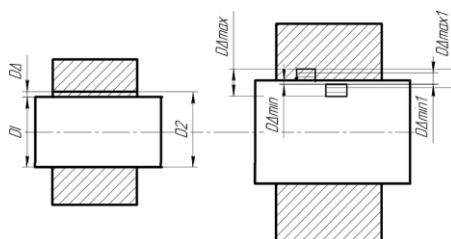


Рис. 25. Метод подбора при неполной взаимозаменяемости

$$IT_\Delta = IT_{D1} + IT_{D2} \text{ – допуск зазора при широких полях допусков.}$$

$$IT_\Delta^1 = D_{\Delta \max 1} + D_{\Delta \min 1} \text{ – допуск зазора первой группы.}$$

$$IT_\Delta > IT_\Delta^1 \text{ в } 3 \text{ раза или в } n \text{ раз, } n \text{ – число групп, на которые делятся поля допусков.}$$

**Достоинства** селективной сборки: в  $n$  раз повышается точность сборки без уменьшения допуска на изготовление.

**Недостатки** селективной сборки: 1) усложняется контроль, необходима сортировочная машина или контролер; 2) растет трудоемкость сборки.

Применяется селективная сборка в основном при обеспечении внутренней взаимозаменяемости. Целесообразна селективная сборка в массовом и крупносерийном производстве, когда дополнительные затраты на сортировку окупаются высоким качеством соединений.

#### Способ компенсации

При этом способе точность замыкающего звена достигается путем изменения на необходимую величину одного из составляющих звеньев, которое называется звено-компенсатор.

**Звено-компенсатор** выбирается из составляющих звеньев, оно должно находиться в конце сборки и легко обрабатываться.

$$\text{Величина компенсации определяется по формуле: } IT_k = IT_\Delta + IT_u$$

Компенсируется разность допуска замыкающего и исходного звеньев. Изменение величины звена-компенсатора производится путем снятия необходимого слоя металла или наращивания, в этом случае компенсаторы неподвижны.

**Преимущество** способа пригонки – возможность достижения высокой точности исходного звена при экономически приемлемых величинах допусков составляющих звеньев.

**Недостатки** способа компенсации – требуются трудоемкие пригоночные работы, увеличивается трудоемкость и цикл сборки, и возникают трудности при замене быстро изнашиваемых деталей.

Применяется этот способ в мелкосерийном производстве.

#### Способ регулирования

Точность исходного звена достигается путем перемещения одной поверхности звена-компенсатора относительно другой за счет специальных регулирующих устройств.

Способ регулирования позволяет достигать высокой точности исходного звена и поддерживать ее во время эксплуатации при экономически достижимых допусках составляющих звеньев.

**Недостатки** способа регулирования – значительно усложняется конструкция изделия и сборка, увеличивается число деталей в изделии.

### Тема 2.3. Содержание технологических процессов (лекция дискуссия – 4 часа)

В основу проектирования технологических процессов положены два принципа:

**1. Первый принцип технический** – технологический процесс должен обеспечивать качество изделия.

**2. Второй принцип экономический** – технологический процесс должен обеспечивать минимальную себестоимость изделия.

Порядок проектирования технологических процессов представляется в виде схемы, которая называется действие-результат; по вертикали в строгой последовательности расположены действия технолога, а по горизонтали – результат этих действий, т.е. технологические документы (рис. 26). Исходными данными для проектирования технологических процессов являются:

- 1) рабочий чертеж детали;
- 2) программа выпуска;
- 3) справочная и нормативная литература.

Проектирование проводится с использованием программ САПР ТП и часть вопросов решается в автоматическом режиме (выбор режимов резания, нормирование технологического процесса) обозначим буквой (П – программа); часть вопросов технолог решает самостоятельно (анализ чертежа детали, определение структуры техпроцесса, расчет припусков и технологических размеров) обозначим буквой (Т); а часть вопросов разрабатывается технологом с использованием баз данных программы САПР ТП (выбор заготовки, выбор оборудования и технологической оснастки) обозначим (П+Т).

#### Анализ чертежа детали

Анализ чертежа детали производится в следующей последовательности:

- 1) габариты детали;
- 2) конфигурация детали;
- 3) точность детали;

- анализируются технические требования (термообработка, покрытие, погрешность формы, погрешность расположения, шероховатость);

- отмечаются самые точные размеры;

в) дается заключение о свободных размерах и о шероховатости остальных поверхностей;

- 4) материал, из которого изготовлена деталь;  
 5) технологичность детали (обрабатываемость детали, удобство базирования и закрепления, уровень точности).

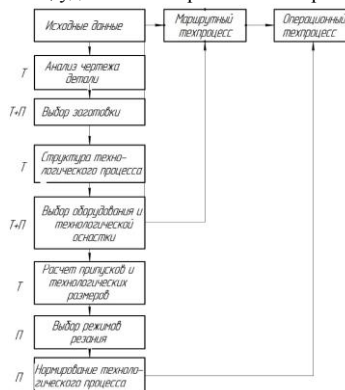


Рис. 26. Схема действие – результат при проектировании технологических процессов

**Выбор заготовки**

Факторы, влияющие на выбор заготовки следующие:

- а) конфигурация детали;
- б) материал детали;
- с) программа выпуска;
- д) наличие заготовительного оборудования и оснастки.

Существует два пути выбора заготовки:

1. **Точная заготовка**, когда конфигурация детали близка к конфигурации заготовки (точное литье, объемная штамповка, прессование, профильная штамповка).

**Преимущества точной заготовки:**

- а) небольшой расход материала;
- б) небольшой процент механической обработки, обрабатываются только точные поверхности;
- с) сложная конфигурация.

**Недостатки точной заготовки:**

- а) сложное, дорогое и высокопроизводительное оборудование;
- б) дорогая заготовка.

Точная заготовка характерна для массового, крупносерийного производства и среднесерийного производства.

2. **Грубая заготовка**, когда конфигурация заготовки не повторяет конфигурацию детали и только 2–3 размера заготовки близки к размерам детали.

**Преимущества грубой заготовки:**

- 1) доступность;
- 2) дешевизна.

**Недостатки грубой заготовки:**

- 1) большой расход материала;
- 2) большой процент механической обработки.

Грубая заготовка характерна для единичного и мелкосерийного производства.

**Существует третий путь выбора заготовки**, который называется «заготовка на заказ», при этом точная заготовка заказывается на специализированное предприятие, на котором имеется дорогое и высокопроизводительное заготовительное оборудование. В этом случае заготовка будет дешевле, чем точная заготовка на данном предприятии и обладать всеми преимуществами точной заготовки.

**Структура технологического процесса** – это количество и последовательность операций, установов и переходов. Структура технологического процесса обуславливается:

- 1) видом обработки;
- 2) подготовкой технологических баз;
- 3) видом заготовки;
- 4) программой выпуска;
- 5) точностью обработки (точность размеров, формы, расположения поверхностей и шероховатостью);
- 6) наличием термообработки;
- 7) наличием покрытия;
- 8) видом контроля.

Рассмотрим влияние этих факторов на структуру:

- 1. По виду обработки грубо определяются операции: например, токарные, фрезерные, сверлильные.
- 2. Если необходимо подготовить технологическую базу, вводится, например, фрезерно-центральная операция, или переход для обработки базировочного буртика, чтобы все поверхности детали обрабатывались от чистой базы.

Особенно важно правильное базирование, если заданы погрешности расположения поверхностей.

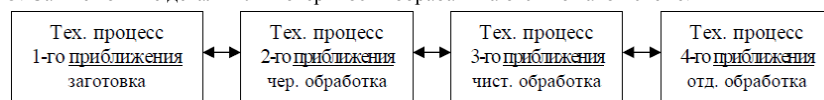
3. Вид заготовки определяет количество операций механической обработки.

В «точной» заготовке обрабатываются только точные поверхности, неточные поверхности получают литьем или штамповкой. В «грубой» заготовке вся конфигурация детали получается механической обработкой резанием.

4. От программы выпуска в первую очередь зависит глубина проработки технологической документации: в единичном производстве квалифицированный рабочий может работать без технологической документации по чертежу; в мелкосерийном производстве составляются только маршрутные технологические процессы; а в массовом и крупносерийном – операционные. В зависимости от программы выпуска технологические процессы могут быть:

- а) дифференцированные, состоят из большого количества простых операций; такие технологические процессы характерны для массового и крупносерийного производства, там, где полная автоматизация обработки;
- б) интегрированные, которые состоят из небольшого количества сложных операций. Такие технологические процессы характерны для серийного производства.

5. Самые точные детали или поверхности обрабатываются по такой схеме:



Существует понятие уточнения – это отношение допуска точного параметра заготовки к допуску готовой детали:  $\varepsilon_{\Sigma} = \frac{IT_3}{IT_D}$

Если  $IT_3 = 1$ , а  $IT_D = 0.01$ , то общее уточнение равно:  $\varepsilon_{\Sigma} = \frac{1}{0.01} = 100$ .

такое уточнение может быть достигнуто на 4 технологических системах, при этом допуск размера после черновой обработки получится  $IT_{чер} = 0.5$ , после чистовой обработки  $IT_{чист} = 0.1$ , после отделочной  $IT_{отд} = 0.01$ , уточнение тех. процесса 2-го приближения:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{IT_3}{IT_{чер}}; \varepsilon_{\Sigma} = \frac{1}{0.5} = 2$$

уточнение технологического процесса 3-го приближения:  $\varepsilon_{\Sigma} = \frac{IT_{чер}}{IT_{чист}}; \varepsilon_{\Sigma} = \frac{0.5}{0.1} = 5$

уточнение технологического процесса 4-го приближения:  $\varepsilon_{\Sigma} = \frac{IT_{чист}}{IT_{отд}}; \varepsilon_{\Sigma} = \frac{0.1}{0.01} = 10$

общее уточнение технологического процесса равно произведению уточнений технологических процессов 2, 3, 4 приближений:  $\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 = 2 \cdot 5 \cdot 10 = 100$

Прежде всего, обеспечивается точность расположения поверхностей и осей и формы поверхностей, для этого выбирается оборудование повышенной точности. Затем обеспечивается точность размеров и шероховатость.

В связи с этим техпроцесс увеличивается на несколько операций (чистовые токарные, отделочные, шлифовальные, полировальные и т.д.).

6. Термообработка включается в технологический процесс и выполняется в определенном его месте, например, закалка перед шлифованием, старение после черновой обработки,

7. Покрытие, улучшение свойств поверхностного слоя деталей, выполняется после всей механической обработкой.

8. Контрольные операции назначаются или после каждой операции или в конце обработки или после сложных и ответственных операций.

Определение структуры техпроцесса это только решение технолога, возможности и особенности реального производства. Это решение оформляется в виде маршрутного техпроцесса, в котором еще указывается оборудование и технологическая оснастка.

#### **Выбор оборудования и технологической оснастки**

Выбор типа станка, прежде всего, определяется его возможностью обеспечить точность размеров, формы, расположения и качество поверхности, если эти требования можно обеспечить на различных станках, то определенный станок выбирается из следующих соображений:

- 1) соответствие станка габаритам обрабатываемой детали;
- 2) соответствие станка по производительности принятому типу производства;
- 3) рациональное использование станка по режимам резания и полное использование по мощности;
- 4) реальная возможность приобретения станка.

#### **Классификация и нормы точности станков:**

##### **1. Классификация по виду обработки.**

Все станки в зависимости от вида обработки делятся на 10 групп, а каждая группа на 10 типоразмеров (десятичная система классификации).

В основу деления положены следующие признаки:

- технологическое назначение;
- расположение главных органов;
- количество главных органов,
- степень автоматизации.

В десятичной системе складывается марка станка 1620, 1 – группа станков токарная, 6 – тип станка универсальный винторезный, 200 – типоразмер станка, наибольший диаметр, обрабатываемый над станиной.

##### **2. Классификация по степени специализации.**

По степени специализации металлорежущие станки подразделяются:

1) на станки широкого назначения (универсальные станки), с широким диапазоном скоростей, подач и размеров обрабатываемых деталей. Целесообразно применять в единичном и мелкосерийном производстве.

2) станки высокой производительности – автоматы и полуавтоматы, имеющие большие ограничения по размерам обрабатываемых деталей, по скорости и подачам. Целесообразно применение в серийном и массовом производстве.

3) специализированные станки – агрегатные станки, приспособленные для обработки определенной уникальной детали. Целесообразно применение в серийном и массовом производстве.

4) специальные станки, которые проектируются и изготавливаются для обработки определенной детали на одной операции. Станки этой группы очень высокой точности, производительности, автоматизации и стоимости. Целесообразно применение в массовом производстве.

##### **3. Классификация по массе и габаритам.**

По массе и габаритам станки делятся:

- 1) на обычные;
- 2) крупные;
- 3) тяжелые;
- 4) уникальные.

##### **4. Классификация по точности.**

По точности станки делятся на 5 классов:

- 1) нормальной точности (Н);
- 2) повышенной точности (П);
- 3) высокой точности (В);
- 4) особо высокой точности (А);
- 5) сверхвысокой точности (С) прецизионные.

После выбора режимов резания и нормирования операции следует подтвердить целесообразность выбранного оборудования расчетами

коэффициентов использования станка по времени, по мощности и технологической себестоимости:  $\eta_0 = \frac{T_O}{T_{ум}}$  – коэффициент использования оборудования по времени;

$T_0$  — основное время;  $T_{ум}$  — штучное время.

$\eta_0$  должно стремиться к 1, это значит, что меньшую часть составляет вспомогательное и дополнительное время, т.е. выше механизация и автоматизация операции.

$$\eta_n = \frac{N_{рез}}{N_{ум}} - \text{коэффициент использования оборудования по мощности};$$

$N_{рез}$  — мощность, затрачиваемая на резание в кВт;

$N_{ум}$  — мощность на шпинделе станка;  $N_{ум} = N_{ос} \cdot \eta$ ,  $\eta$  — КПД станка;

$\eta_n$  — коэффициент использования оборудования по мощности должен стремиться к 1, чтобы обеспечить хорошее использование электроэнергии ( $\cos\phi$ ).

**Технологическая себестоимость операции равна:**

$Ст = Зр + Аст + Лст + Апр + И + Е + Д + Рн$ ,

Зр — зарплата рабочему;

Аст — амортизация станка;

Лст — затраты на ремонт, проверку и осмотр станка;

Апр — амортизация и ремонт приспособления;

И — расходы на инструмент;

Е — затраты на силовую энергию на данной операции;

Д — доплаты к основной зарплате;

Рн — затраты на наладку станка.

**Выбор технологической оснастки**

**Технологическая оснастка** — это приспособления, вспомогательный инструмент, режущий и мерительный инструмент.

**Выбор приспособлений**

**Приспособления** — это дополнительные устройства к станкам, служащие для базирования и закрепления деталей при обработке на станках.

**По виду обработки приспособления** классифицируются на токарные, фрезерные, сверлильные и т.д.

**В зависимости от программы выпуска и типа производства** приспособления классифицируются на **универсальные, специальные и специализированные**.

**Универсальные** приспособления предназначены для широкого диапазона размеров и конфигураций деталей и используются в единичном и мелкосерийном производстве.

**Достоинство:** доступность, дешевизна. **Недостатки:** невысокая точность, невысокая автоматизация.

**Специальные приспособления** проектируются и изготавливаются для обработки одной детали на одной операции. В комплексе работ по подготовке производства более половины средств расходуется на изготовление специальных станочных приспособлений.

**Достоинство:** высокая точность и автоматизация. **Недостатки:** дороговизна и невозможность использовать, если деталь сходит с производства или изменяется конструкция детали. Используются в массовом и серийном производстве.

**Специализированные приспособления** — это переналаживаемые приспособления или УСП универсально-сборные приспособления, которые могут переналаживаться после схода изделия с производства. Они собираются из нормализованных деталей и узлов для различных видов работ. После использования их разбирают на отдельные узлы и детали, из которых потом многократно собирают другие приспособления. Специализированные приспособления занимают промежуточное место между специальными и универсальными приспособлениями.

**Любое приспособление должно обеспечивать:**

- точность изготовления;
- надежность закрепления;
- безопасность и удобство работы;
- экономичность использования.

Выбор конкретного приспособления обуславливается вышеизложенным.

**Выбор режущего инструмента**

Резание металла производится за счет относительного движения инструмента и детали, которое осуществляется на станках. Многообразие видов обработки (точение, растачивание, сверление, фрезерование, протягивание, шлифование и т.д.) породило еще большее разнообразие режущих инструментов. Кроме того, различают стандартный инструмент и специальный. Предпочтение отдается стандартному инструменту, который изготавливается в соответствии с ГОСТами или нормами на специализированных заводах.

Специальный инструмент проектируется и изготавливается для обработки определенных поверхностей, которые невозможно или невыгодно обрабатывать стандартным инструментом, на заводе-изготовителе или по заказу.

При выборе режущего инструмента необходимо учитывать:

- 1) материал обрабатываемой детали и его физическое состояние;
- 2) материал режущей части инструмента;
- 3) оптимальные геометрические параметры режущей части инструмента.

**Группы инструментальных материалов**

1. **Углеродистые стали**, стали с большим содержанием углерода (У7А–У13А).

Содержание углерода от 0,7 до 1,3 % , высокая поверхностная твердость при мягкой сердцевине, работа при температуре 150–200 °С, допустимые скорости резания, красностойкость 200–250 °С. Применяются для слесарных инструментов (топоры, стамески, напильники, метчики, развертки, ножовки, хирургические инструменты т.д.).

2. **Легированные стали**, содержащие легирующие элементы: хром, вольфрам, молибден, ванадий др. (низколегированные не выше 3 % легирующих элементов; среднелегированные стали от 3 до 5,5 % легирующих элементов; высоколегированные свыше 5,5 % легирующих элементов) 9ХС, Х6ВФ, 9ХВГ, Х12, Х12Ф1, 9ХС, ХГС, ХВГ, Х12ТФ. Скорость резания  $V = 25 - 30$  м/мин.

3. **Быстрорежущие стали**, стали нормальной теплостойкости, ванадия не более 2 %: Р9, Р18, Р6М5.

Р6М5: Р — быстрорежущая сталь, 6 % вольфрама, 5 % молибдена. Стали повышенной теплостойкости, более высокое содержание ванадия и кобальт Р18Ф3, Р6М5Ф3, Р18К5Ф2, Р9К5, Р6М5К5, Р9М4К8 и др. Безвольфрамовые 11М5ФЮС с 1 % алюминия. Работа при температуре 600–650 °С, твердость HRC68–70, скорость резания в 2–4 раза больше, чем у инструментов 1, 2 групп,  $V = 30 - 60$  м/мин.

4. **Твердые сплавы** — спеченные гетерогенные материалы из зерен тугоплавких соединений (карбидов, нитридов или боридов) и связки пластичного металла.

Вольфрамовые ВК3, ВК4, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15.

Титановые Т5К10, Т5К12, Т14К8, Т15К6, Т14К8, Т30К4.

Титанотанталовые ТТ17К12, ТТ8К6, ТТ8К6, ТТ10К8, ТТ20К6.

Т15К6 (15 % — карбида титана, 6 % — кобальта, остальное 79 % — карбид вольфрама).

ВК8 (8 % — кобальта, 92 % — карбид вольфрама).

ТТ7К12 (7 % — карбид титана и карбида тантала, 12 % — кобальта, остальное карбид вольфрама 71 %). Работа при температуре 900–1000 °С, твердость HRC80–92,  $V = 100 - 300$  м/мин.

5. **Сверхтвердые материалы:** Алмазы натуральные и искусственные, нитрид бора, оксид алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Цирконид ZrO<sub>3</sub>, нитрид кремния TCC. Это материалы кристаллической формы, используются в абразивных кругах, пастах, порошках, шлифовальных шкурках и т.д.

**Выбор вспомогательного инструмента**

Вспомогательный инструмент – это устройства, на которые базируется и крепится режущий инструмент. Вспомогательный инструмент должен быть надежным, точным, быстросменным и безопасным.

**Выбор измерительного инструмента**

Измерительный инструмент должен обеспечивать:

- 1) удобство измерения;
- 2) точность измерения (цена деления инструмента меньше допуска в 3 раза);
- 3) минимальные затраты времени на измерение.

В массовом производстве применяются приборы активного контроля, приборы для одновременного контроля нескольких параметров и предельные калибры.

В единичном и серийном производстве универсальные измерительные инструменты.

**Раздел 3. Маршрутный и операционный технологический процесс**

**Тема 3.1. Расчет припусков и технологических размеров (лекция дискуссия – 4 часа)**

**Припуск** – слой металла, который необходимо удалить, чтобы получить поверхность лучшего качества и точности. Припуск не должен быть большим и маленьким, а должен быть оптимальным. Определяется припуск аналитическим и статистическим способом.

Минимально необходимая величина припуска должна обеспечивать удаление микронеровностей, слоя материала с измененными физико-механическими свойствами и структурой и пространственными отклонениями взаимосвязанных поверхностей, полученными на предшествующей обработке.

Минимальный припуск, который необходимо снять на I операции определяется по формуле:

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

где  $Rz_{i-1}$  – максимальная высота неровностей предшествующей операции;

$T_{i-1}$  – наибольшая глубина дефектного слоя материала, полученного на предшествующей обработке;

$\rho_{i-1}$  – пространственные отклонения взаимосвязанных поверхностей, получившихся на предшествующем переходе;

$\varepsilon_i$  – погрешность базирования на данном переходе.

Две последние составляющие припуска могут суммироваться вероятностным способом:

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

Все составляющие припуска определяются по справочно-статистическим данным.

Технологические размеры совпадают с конструкторскими или включают припуск и рассчитываются по средним величинам по теории размерных цепей, в которых конструкторские размеры являются исходными звеньями, припуски – замыкающими звеньями, а технологические размеры составляющими звеньями.

**Пример расчета технологических размеров (размеров заготовки)**

На рис. 27 изображена комплексная схема, включающая в себя конструкторские размеры, припуски и технологические размеры.

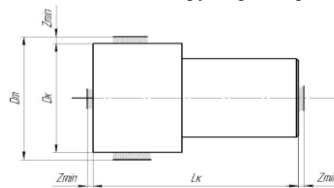


Рис 27. Комплексная схема

Расчет технологических размеров ведется по средним размерам:

$$L_m^{cp} = L_k^{cp} + 2Z^{cp} \text{ — при съеме двухстороннего припуска по длине;}$$

$$D_m^{cp} = D_k^{cp} + 2Z^{cp} \text{ — при съеме двухстороннего припуска по диаметру;}$$

$$2Z^{cp} = \frac{Z_{\max} + Z_{\min}}{2} \text{ — величина среднего припуска;}$$

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \frac{IT_z}{2} \text{ — величина максимального припуска;}$$

$$IT_z = IT_k + IT_T \text{ — допуск на припуск.}$$

Допуск припуска равен сумме допусков конструкторского и технологического размеров, так как припуск является замыкающим звеном технологической размерной цепи.

Таблица данных

Обозначение	Предельный размер	Допуск	Среднее отклонение	Средний размер
$D_k$	80 <sub>-0.2</sub>	0.2	-0.1	79.9
$L_k$	100 <sub>-0.5</sub>	0.5	-0.25	99.75
$Z_{\min}$	1.5			
$IT_m$	0.87			

**Расчет диаметра заготовки**

$$D_m^{cp} = D_k^{cp} + 2Z^{cp} \text{ — средний технологический размер;}$$

$$2Z^{cp} = \frac{Z_{\max} + Z_{\min}}{2} \text{ — средний припуск;}$$

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \frac{IT_z}{2} \text{ — максимальный припуск;}$$

$IT_z = IT_k + IT_T$  – допуск на припуск;

$$IT_z = 0.2 + 0.87 = 1.07; Z_{\max} = 1.5 + \frac{1.07}{2} = 2.035; 2Z_{cp} = \frac{2.035 + 1.5}{2} = 1.78; D_m^{cp} = 79.9 + 1.78 = 81.68$$

Принимаем ближайший по сортаменту размер заготовки  $D_3 = 82 \pm 0.32$

#### Расчет длины заготовки

Приблизительно длину заготовки можно просчитать как при съеме двухстороннего припуска.

$$L_m^{cp} = L_k^{cp} + 2Z^{cp} \text{ – при съеме двухстороннего припуска по длине;}$$

$$2Z_{cp} = \frac{Z_{\max} + Z_{\min}}{2} \text{ – величина среднего припуска;}$$

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \frac{IT_z}{2} \text{ – величина максимального припуска;}$$

$IT_z = IT_k + IT_T$  – допуск на припуск.

$$IT_z = 0.5 + 0.87 = 1.37; Z_{\max} = 1.5 + 1.37 = 2.87; 2Z_{cp} = \frac{2.87 + 1.5}{2} = 2.185; L_m^{cp} = 99.75 + 2.185 = 101.94$$

Принимаем размер длины заготовки  $L_3 = 102 \pm 0.06$

#### Расчет режимов резания

В основе работы всякого режущего инструмента лежит работа клина (рис. 28). Если к инструменту, имеющему форму клина, приложить усилие  $P$ , то клин врежется в металл, осуществляя отрыв стружки, когда приложенное усилие превышает силы сцепления частиц металла.

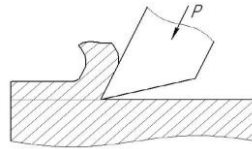


Рис. 28. Работа клина при резании

Обработка резанием осуществляется на металлорежущих станках при использовании различных металлорежущих инструментов, за счет относительного движения инструмента и детали.

**Основное движение**, при котором снимается стружка это сочетание двух движений: главного движения (движение резания) и движения подачи.

**Вспомогательное движение**, при котором снятие стружки не производится, подвод и отвод инструмента и др.

$t$  – **глубина резания** – величина снимаемого слоя металла, измеренная в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности. Глубина резания в идеале равна припуску или зависит от вида и стойкости инструмента, если снимается напуск, и тогда он делится на несколько проходов (рис. 29).

$S$  – подача скорость главного движения (рис. 29), при токарной обработке подача измеряется в [мм/об]; при фрезерной обработке в [мм/мин], или в [мм/зуб].

Все подачи связаны между собой такой зависимостью:  $S_M = S_O \cdot n = S_Z \cdot Z \cdot n$ ,

где  $S_M$  – минутная подача;  $S_O$  – подача в мм на оборот;  $n$  – число оборотов в минуту;  $Z$  – число зубьев фрезы.

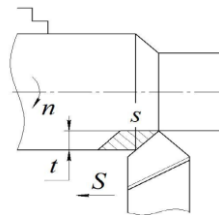


Рис. 29. Режим резания при токарной обработке

Шероховатость поверхности зависит от подачи, поэтому при чистовой обработке подача лимитируется шероховатостью поверхности, а в остальных случаях лимитируется видом и стойкостью инструмента.

**Скорость главного движения ( $V$ )** (рис. 29)

На величину скорости влияют следующие факторы:

1. Свойства обрабатываемого материала.
2. Сечение среза ( $S \cdot t$ ).
3. Материал режущего инструмента.
4. Стойкость инструмента.

$$\text{Эмпирическая зависимость } V = \frac{C_v \cdot k_v}{T^m \cdot S^{X_v} \cdot t^{Y_v}} \text{ [м/мин]},$$

Коэффициенты и показатели степени выбираются по нормативам,  $C_v$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;  $k_v$ ,  $X_v$ ,  $Y_v$  – коэффициенты и показатели степени, зависящие от условий обработки;  $T$  – стойкость инструмента;  $m$  – показатель относительной стойкости инструмента ( $m = 0,1 \dots 0,3$ ).

#### Износ и стойкость режущего инструмента

В результате трения передняя и задняя грани резца изнашиваются и в определенный момент резец становится непригодным для работы. На рис. 30  $T = T_2 - T_1$  – стойкость инструмента, время работы инструмента от заточки до затупления.



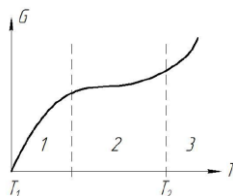


Рис. 30. Кривая износа инструмента;

1 – зона приработки; 2 – зона нормального износа; 3 – зона катастрофического износа;  $G$  – величина износа;  $T$  – время работы инструмента

**Число оборотов шпинделя** рассчитывается по выбранной скорости на данном диаметре по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

$n$  – число оборотов детали в мин;

$D$  – диаметр детали в мм.

На станке устанавливаются обороты.

**Силы резания.** Стружка снимается под действием силы резания  $P$ . Основные факторы, влияющие на силу резания:

- 1) свойства обрабатываемого материала (прочность, твердость и др.);
- 2) размеры сечения срезаемого слоя ( $t$ ,  $s$ );
- 3) геометрия режущего инструмента.

Результирующая сила резания раскладывается на 3 составляющие силы:  $P_X, P_Y, P_Z$ .

$P_Z$  – тангенциальная сила или сила резания, совпадает с направлением скорости резания:

$$P_Z = C_P \cdot S^{X_p} \cdot t^{Y_p}$$

где  $C_P$  – коэффициент, характеризующий свойства обрабатываемого материала;  $S$  – подача;  $t$  – глубина резания;  $X_p, Y_p$  – показатели степени, зависящие от свойств обрабатываемого материала и условий обработки.

$$\frac{P_Y}{P_Z} = 0,4 \dots 0,5; P_Y \text{ – нормальная или радиальная сила.}$$

$$\frac{P_X}{P_Z} = 0,3 \dots 0,4; P_X \text{ – сила подачи.}$$

Сила  $P_Z$  создает крутящий момент  $M$ :  $M = \frac{P_Z \cdot D}{2}$ , где  $D$  – диаметр детали в мм.

#### Мощность резания

Мощность резания определяется по формуле:  $N_{рез} = P_Z \cdot V$  [Вт],

$$P_Z \text{ [Н], } V \text{ [м/мин]} \text{ следовательно } N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 102} \text{ [кВт]}$$

$N_{II}$  – потребляемая мощность,  $N_{II} = \frac{N_{рез}}{\eta}$ , где  $\eta$  – КПД двигателя,  $\eta = 0,75 \dots 0,9$ .

#### Нормирование технологического процесса

**Нормирование** – это оценка работы временем. В технологическом процессе нормируется операция, как законченная часть технологического процесса, которая производится на одном рабочем месте, одним рабочим, над одной деталью.

Время обработки одной детали на одной операции называется штучным и обозначается  $T_{шт}$ :

$$T_{шт} = T_O + T_B + T_{ОБС} + T_{ОТД},$$

где  $T_O$  – основное время или машинное, время работы станка;

$T_B$  – вспомогательное время, время управления станком;

$T_{ОБС}$  – время обслуживания станка; оно включает время технического обслуживания оборудования и время организационного обслуживания;

$$T_{ОБС} = T_{Т.ОБС} + T_{О.ОБС}$$

где  $T_{Т.ОБС}$  – время подготовки станка к работе, смазка, проверка, уборка стружки и др.;

$T_{О.ОБС}$  – время на организацию работы; инструктаж мастера, знакомство с чертежами и инструкциями, получение инструмента, материалов и др.;

$T_{ОТД}$  – время отдыха рабочего и время на естественные надобности.

$$\text{Рассчитывается только основное время: } T_O = \frac{L_{p.x} \cdot i}{S_M} = \frac{L_{p.x} \cdot i}{S_O \cdot n} \text{ [мин]},$$

$L_{p.x}$  – длина рабочего хода инструмента, м;  $S_M$  – скорость вспомогательного движения, перемещения инструмента или детали, минутная подача, мм/мин;  $S_O$  – подача в миллиметрах на оборот, мм/об.;  $n$  – число оборотов шпинделя;  $i$  – количество рабочих ходов.

#### Расчет длины рабочего хода суппорта

Длина рабочего хода включает длину обработки и длину врезания и перебега инструмента (рис. 31):

$$L_{p.x} = L_{д} + (L_{врез} + L_{пероб}),$$

где  $L_D$  — длина детали;  $L_{врез}$  — подвод, врезание инструмента;  $L_{переб}$  — переberg инструмента.

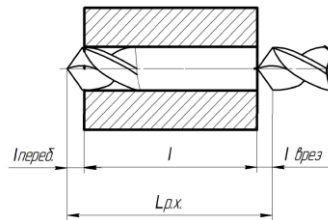


Рис. 31. Длина рабочего хода инструмента

**Определение вспомогательного времени  $T_B$ :**

$$T_B = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{и.з},$$

где  $T_{у.с}$  — время установки и снятия детали;  $T_{з.о}$  — время закрепления и открепления детали;  $T_{уп}$  — время на управления станком;  $T_{и.з}$  — время на измерение.

Все составляющие вспомогательного времени определяются по нормативам.

Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным:

$$T_{оп} = T_o + T_B \text{ — оперативное время.}$$

Время отдыха и обслуживания определяется по следующим соотношениям:

$$T_{ог} = (4...6)\% \cdot T_{оп}; T_{орг} = (4...6)\% \cdot T_{оп}; T_{тех} = (4...6)\% \cdot T_{оп}.$$

**Определение штучно-калькуляционного времени:**

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n},$$

где  $T_{п-з}$  — подготовительно-заключительное время, время наладки станка;  $n$  — число деталей в партии, обрабатываемых на настроенном оборудовании.

### Тема 3.2. Порядок проектирования технологических процессов (лекция дискуссия – 4 часа)

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

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

В стандартах ЕСТПП 14.303-82 и 14.316-82 приводятся дополнительные этапы, относящиеся соответственно к разработке типовых и групповых техпроцессов.

Для разработки типового процесса добавлены следующие этапы:

- классификация объектов производства;
- количественная оценка групп объектов производства;
- анализ конструкций типовых представителей объектов производства по чертежам и техническим условиям, программ выпуска и типа производства.

Основные отличия от общих правил при разработке группового техпроцесса связаны с классификацией изделий, как и при разработке типовых процессов:

- группирование изделий;
- количественная оценка групп предметов производства.

#### **Анализ исходных данных для разработки технологического процесса**

Для проектирования технологических процессов механической обработки необходимы следующие основные исходные данные:

1. Сборочный чертеж с кратким описанием служебного назначения и технических условий приемки изделия.
2. Рабочие чертежи, определяющие материал, конструктивные формы и размеры деталей, точность и качество обработанных поверхностей, особые требования (твердость и структура материала, покрытия, термообработка, балансировка и т. п.).
3. Объем выпуска изделий, в состав которых входят изготавливаемые детали, с учетом выпуска запасных частей.

Кроме базовых исходных данных используют руководящую и справочную технико-экономическую информацию: стандарты ЕСТПП и ЕСТД; типовые технологические процессы и операции, каталоги прогрессивного технологического оборудования и оснастки; материалы по выбору режимов резания, припусков, расчетам точности и надежности технологических процессов.

**Анализ исходных данных** обязательно должен включать следующие разделы: изучение и, в случае необходимости, корректировку технических требований к деталям, формулировку технологических задач, анализ технологичности конструкции деталей.

При технологическом контроле чертежей проверяют, содержит ли чертеж все сведения о детали: необходимые проекции, разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного расположения, требования к качеству поверхности.

При анализе чертежа детали также выявляются основные и вспомогательные конструкторские базы и производится контроль правильности простановки размеров.

Так, например, на рабочих чертежах деталей, изготавливаемых штамповкой, ковкой или отливкой с последующей обработкой части поверхности детали, должны быть проставлены три группы размеров. Одна на них связывает между собой необрабатываемые поверхности и используется в заготовительных цехах (размеры 20 и 10, рис. 1,б); вторая определяет связи окончательно обработанных поверхностей (размер 40, рис. 1, а); третья группа размеров по каждому координатному направлению должна содержать только один размер, связывающий систему обработанных с системой необрабатываемых поверхностей (размер 10, рис. 1). Этот единственный размер по каждому из координатных направлений используется на первых операциях обработки для выбора технологических баз и настройки на размер.

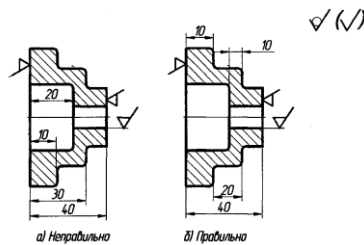


Рис. 1. Варианты простановки размеров

На рис. 1 показаны два варианта простановки размеров. На рис. 1, а нарушено вышеприведенное требование стандарта и не выявлена размерная определенность, так как невозможно выдержать от обработанной поверхности А сразу три размера (10, 20 и 30) по одному координатному направлению, соединяющих обработанную и необработанные поверхности.

На рис. 1, б представлен чертеж с правильной простановкой размеров.

Простановка размеров с учетом технологических требований обеспечивает:

- совмещение конструкторских, технологических и измерительных баз;
- работу на предварительно настроенных станках;
- применение наиболее простых приспособлений режущего и мерительного инструмента;
- надежность и простоту контроля детали;
- отсутствие необходимости в перерасчете размеров и допусков при изготовлении и контроле;
- рациональную последовательность в обработке деталей;
- соблюдение принципа кратчайших размерных цепей.

Для обработки на станках с ЧПУ простановка размеров должна выполняться с учетом требований программирования: в прямоугольной системе координат, с заданием координат исходной и контрольных точек, с указанием всех размеров криволинейного контура – радиусов дуг, координат центров радиусов, координат точек сопряжения дуг, с применением простановки размеров вдоль оси отверстий или ступеней валика, т. е. с определением точек начала и конца того или иного установочно-позиционного перемещения.

Анализируют технические требования, обязательно выделяя наиболее высокие из них. Особое внимание обращают на комплексы взаимосвязанных поверхностей.

Решению этих задач должны быть подчинены все последующие этапы проектирования технологического процесса изготовления детали.

Анализируя технические требования, используют рекомендации табл. 1.

Таблица 1

Соотношения между допусками размера, формы и параметрами шероховатости цилиндрических поверхностей

Относительная геометрическая точность	Среднее соотношение допуска формы и размера, $\frac{2T_f}{T} \cdot 100\%$	Среднее арифметическое отклонение профиля $R_a$ , не более	Высота неровностей по десяти точкам $R_z$ , не более
Нормальная (Н)	60	0,050 Т	0,20 Т
Повышенная (В)	40	0,025 Т	0,10 Т
Высокая (С)	25	0,012 Т	0,05 Т
Особо высокая (А)	16 и менее	0,150 Т	0,60 Т

Результатом анализа чертежа является формулировка технологических задач по точности обработки, определяющих структуру технологического процесса, применяемое оборудование, оснастку, квалификацию исполнителя и др.

#### Анализ технологичности изделий

Правила обеспечения технологичности конструкции изделий регламентируется ГОСТом 14.201-83.

Этими документами установлены основные задачи отработки изделия на технологичность, последовательность их решения, систему показателей технологичности конструкции и стадии их определения. Технологичность изделия характеризуется:

- соответствием конструкции изделия современному уровню техники;
- экономичностью и удобствами в эксплуатации и при ремонте;
- в какой мере учтены возможности использовать наиболее экономичные и производительные технологические методы изготовления применительно к заданному выпуску и условиям производства.

Таким образом, технологичная конструкция изделия должна удовлетворять требованиям:

- изготовления;
- эксплуатации;
- ремонта.

Нельзя технологичность конструкции рассматривать изолированно без взаимной связи и учета условий выполнения заготовительных процессов, процессов механической обработки, сборки и контроля.

В соответствии с нормами отработка конструкции на технологичность должна начинаться уже с составления технического задания на проектирование нового изделия. Эта работа продолжается на стадиях разработки эскизного и технического проектов. На стадии разработки рабочей документации проводится технологический контроль конструкторской документации на все детали, за исключением документации на стандартные крепежные изделия и покупные детали.

**Технологичность** – это комплекс требований и показателей, содержащий 22 показателя, характеризующие технологическую рациональность конструктивных решений в зависимости от вида изделий и стадии разработки конструкторской документации.

Например:

- трудоемкость изготовления изделия;
- удельная материалоемкость изделия;
- коэффициент использования материала и т. д.

Численные показатели технологичности определяются в 4-х случаях:

1. Для сравнительной оценки вариантов конструкции в процессе проектирования изделия.
2. Для определения уровня технологичности конструкции изделия.
3. Для накопления статистических данных по изделиям-представителям в целях последующего использования при определении базовых показателей и в процессе разработки изделия.
4. Для построения математических моделей с целью прогнозирования технического развития конструкции изделий.

#### Основные численные показатели технологичности:

- Тн – трудоемкость изготовления изделия;
- Кут – уровень технологичности конструкции по трудоемкости изделия;
- Ст – технологическая себестоимость изделия;
- Ку – уровень технологичности конструкции по себестоимости (технологической).

Разделяют требования к технологичности сборочной единицы и детали. Требования к технологичности сборочной единицы разбиты на 3 группы:

1. Требования к составу сборочной единицы.
2. Требования к конструкции соединения составных частей.
3. Требования к точности и методу сборки.

Требование к технологичности конструкции обуславливается технологической оснащённостью производства, которая зависит от объема выпуска и типа производства. Если тип производства, принятый при конструкторской отработке на технологичность, не соответствует расчетному для заданного объема выпуска, то технолог должен корректировать отдельные конструкторские решения.

Технологичность конструкций деталей, обрабатываемых резанием, зависит от: технологичности формы детали; рационального выбора заготовки, в том числе ее материала; наличия удобных и надежных баз для установки заготовок.

#### **Требования к технологичности формы детали**

Технологичность форм детали оценивается с учетом особенностей выбранного технологического метода обработки, конкретных условий и типов производства, технологических возможностей и особенностей оборудования.

Наиболее употребительные общие рекомендации по технологичности конструктивных форм деталей следующие:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные точность и шероховатость.

Оптимальными считаются точность и шероховатость поверхности экономически и конструктивно обоснованные:

- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления (включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и пр.), хранения и транспортирования;
- показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
- заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;
- метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;
- сопряжения поверхностей деталей различных шероховатости и точности должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления;
- детали, получаемые на станках токарной группы должны иметь максимальное число поверхностей вращения и минимальное число изменений диаметра сечения;

- в зависимости от отношения длины к диаметру валы закрепляются при обработке в патроне ( $l : D \leq 5$ ) ил в центрах ( $l : D \leq 10$ ) или в центрах с люнетом ( $l : D > 10 \dots 12$ );

- применение высокопроизводительных многорезцовых станков наиболее рационально при обработке валов, у которых длины ступеней кратны, а диаметры уменьшаются в одном направлении;

- конические переходы между ступенями вала и фаски следует назначать под обработку с учетом стандартных токарных проходных резцов с главным уклоном в плане ( $\varphi$ , равным 30, 45, 60 и 90°);

- поверхности отверстий также должны соответствовать по форме стандартному инструменту, например, глухие отверстия следует проектировать с коническим дном, образуемым режущей кромкой сверла. Отверстия должны соответствовать по размерам стандартным сверлам (ГОСТ 885-77), не следует предусматривать сквозные отверстия с отношением длины к диаметру более 10, т.к. требуются специальные сверла;

- глубина глухих отверстий не должна превышать шести диаметров; для глухих отверстий, подвергаемых чистовой обработке следует указать ее длину, т.к. по всей длине трудно достичь шероховатости;

- глубина резьбы в глухих отверстиях должна быть согласована с размерами рабочей части метчика, не рекомендуется назначать резьбы длиной более 3-х диаметров, т.к. при этом затрудняется свинчиваемость деталей;

- детали, обрабатываемые на протяжных станках, должны иметь равномерную жесткость по длине и достаточную прочность;

- при обработке на станках с ЧПУ в конструкции обрабатываемых деталей предъявляют менее жесткие требования (например, сложные, фасонные, контурные и объемные поверхности можно получить без особых трудностей).

**Технологичность конструкции заготовок** деталей должна иметь в виду не только максимальную рационализацию механической обработки, но и упрощение процессов изготовления самих заготовок.

Литые заготовки из чугуна и стали в этом отношении должны удовлетворять следующим основным требованиям:

а) толщина стенок отливки должна быть по возможности одинаковой, без резких переходов тонкостенных частей в толстостенные; выполнение этого требования необходимо для получения однородной структуры отливки и уменьшения внутренних напряжений в ней;

б) форма любой заготовки должна предусматривать простой, без затруднений разъем модели;

в) поверхности отливки, расположенные перпендикулярно к плоскости разъема модели, должны иметь конструктивные литейные уклоны для того, чтобы изготовление литейных форм и стержней и удаление моделей из форм происходило без затруднений.

Уклон в направлении выхода модели из формы обозначается на чертежах линейной величиной  $b$  или отношением этой величины к высоте (длине)  $h$  данной поверхности отливки ( $b:h$ ).

Величины литейных уклонов в зависимости от высоты (длины)  $h$  принимаются: 1:5 при  $h < 25$  мм; 1:10 и 1:20 при  $h$  в пределах 25-500 мм; 1:50 при  $h > 500$  мм.

В заготовках, полученных методами штамповки иковки, должно быть обозначено:

а) отсутствие резких переходов в поперечных сечениях и усиление сечений в изгибах; б) выполнение переходов от одного сечения к другому по дугам относительно больших радиусов; в) -закругление острых ребер у штамповок.

Штамповки должны иметь уклон поверхностей, расположенных перпендикулярно к плоскости разъема штампа, необходимый для удаления заготовки из штампа. Величины уклонов для наружных поверхностей принимаются от 1:10 до 1:7; для внутренних – от 1:7 до 1:5. При повышенной точности штамповки величина уклона принимается меньшей.

**Технологичность конструкции изделия** – это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных качества, объема выпуска и условий выполнения работы.

При отработке конструкция изделия на технологичность каждое изделие следует рассматривать как объект проектирования, производства и эксплуатации.

#### **Выбор материала заготовки**

Конкретные материалы по выбору рациональных способов получения заготовок приведены в справочниках.

В большинстве случаев вязкие, пластичные материалы дают, после механической обработки, повышенную шероховатость поверхности и, наоборот, при повышенной твердости шероховатость меньше при некотором повышении сопротивления резанию.

В связи с этим необходимо учитывать следующее:

- в деталях из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,3 % (Ст2, Ст3, 08кп, 20) не рекомендуется назначать шероховатость меньше  $Ra = 6,3$  мкм;

- среднеуглеродистые стали (35, 40, 45, 50) лучше всего обрабатывать после улучшения до  $HRC\epsilon = 25 \dots 30$ ;

- высокоуглеродистые стали (У8, У10, У12) хорошо обрабатываются в отожженном состоянии;

- детали из алюминиевых сплавов для улучшения обрабатываемости подвергают закалке и старению.

При рассмотрении технологических свойств материалов, обрабатываемых резанием, учитывается коэффициент обрабатываемости данного материала быстрорежущим или твердосплавным резцом по отношению к эталонному материалу. Этот коэффициент рассчитывается по следующей формуле:

$$K_V = \frac{V_{60}}{V_{ЭТ60}},$$

где  $V_{60}$  – скорость резания при 60-минутной стойкости и определенных условиях резания при 60-минутной стойкости резцов рассматриваемого материала;  $V_{ЭТ60}$  – скорость резания при 60-минутной стойкости резцов в случае обработки эталонного материала.

В нормативных документах обрабатываемые материалы группируются по группам обрабатываемости, последние – по видам обработки.

Например, при протяжных работах группы обрабатываемости конструкционных материалов отличаются от групп обрабатываемости, существующих в нормативах, которые носят отраслевой характер и основаны на особенностях производства для определенной отрасли.

При выборе марки стали для данной детали необходимо обеспечить, в первую очередь, прочности, надежности и долговечности детали, экономию металла с учетом специфических условий службы детали (температура, среда, характер действующих нагрузок и т. п.).

Прежде всего, необходимо выяснить характер действующих сил. Если деталь испытывает напряжения, растяжения или сжатия, которые равномерно распределены по сечению, то закалка должна обеспечить сквозную прокаливаемость. Поэтому с увеличением сечения детали должна увеличиваться степень легирования стали.

Таким образом, например, для изготовления детали диаметром 30 мм можно рекомендовать сталь 40Х (или другую сталь, имеющую такую же прокаливаемость), закаленную в воде, но если деталь сложная и охлаждение в воде приведет к короблению и трещинам, то вместо воды следует применять масло, а вместо стали 40Х – сталь 40ХН.

Если деталь испытывает изгибающие или крутящие нагрузки, то прокаливаемость не имеет столь важного значения. В этом случае можно выбрать ряд сталей:

- углеродистые и легированные стали с содержанием углерода 0,2 % – цементуемые;
- легированные стали с содержанием углерода 0,4 % – азотируемые;
- углеродистые и низколегированные стали с содержанием углерода 0,4...0,5 % – для поверхностной закалки.

При сложно-напряженном состоянии (наиболее частый случай в современном машиностроении) сердцевина детали может испытывать значительные напряжения. В этом случае к металлу сердцевины предъявляются требования по прочности.

При выборе материала для деталей необходимо учитывать и экономическую сторону. Чем более легирована сталь, тем она дороже. Основные назначения легирующих элементов – увеличение прокаливаемости, т. е. получение высокого комплекса механических свойств в крупных сечениях. Поэтому легированные стали следует применять для деталей крупных сечений.

Наиболее дефицитными элементами, применяемыми для легирования конструкционных сталей, являются никель и молибден. Эти элементы увеличивают прокаливаемость так же, как и другие менее дефицитные (хром, марганец). Никель понижает порог хладноломкости, вследствие чего сталь становится более надежной. Молибден устраняет охрупчивание стали при высокотемпературном отпуске.

При назначении марки стали для деталей следует также учитывать способ ее металлургического производства.

Поэтому при выборе марки стали необходимо решить, что в данном конкретном случае более целесообразно: применить сталь более высокой чистоты и удовлетвориться свойствами металла, полученными в состоянии поставки, или после простейшей термической обработки (нормализации) или ориентироваться на термическое улучшение (закалка плюс соответствующий отпуск). При назначении режимов термической обработки необходимо выбирать наиболее производительные и экономические способы, но обеспечивающие получение оптимальных, наилучших свойств.

#### **Наличие удобных и надежных баз**

Для обеспечения требуемого взаимного положения всех поверхностей детали необходимо при обработке соблюдать принцип совмещения баз, в качестве технологических те конструкторские базы (как правило, основные), относительно которых на чертеже, заданы точность расположения (симметричность, биения, соосность, параллельность и пр.) и исполнительные размеры, получаемые на данной установке поверхностей.

Поэтому при анализе технологичности нужно выявить основные база детали и проверить для них соблюдение следующих обязательных принципов: установочная база должна быть наибольших установочных размеров, направляющая или двойная направляющая наибольшей протяженности, опорная или двойная опорная – наименьших габаритных размеров и т. д.

Если **основные базы являются явными**, конструктивно должна быть предусмотрена возможность их обработки на первой операции с базированием по поверхностям, остающимся необработанными.

Если **основные базы скрытые**, то в конструкции детали должна быть предусмотрена возможность их материализации желательным применением самоцентрирующих установочно-зажимных приспособлений – другими поверхностями, которые уже занимают требуемое положение относительно соответствующих основных баз.

На **первых операциях основные скрытые базы** обычно материализуют необработываемыми свободными поверхностями детали или исходными поверхностями заготовки, а на последующих операциях – уже прошедшими обработку поверхностями вспомогательных баз или исполнительными поверхностями либо используют предусмотренные конструкцией детали специальные технологические базы.

**Специальные технологические базы** могут быть временными (например, срезаемая бобышка на днище поршня) или постоянными (например, центровые отверстия у валов, базисные площадки у шатунов, центрирующий поясок юбки поршня, установочные отверстия у корпусных деталей для установки на плоскость и два отверстия, на плоскость и три отверстия, по двум плоскостям и отверстию). Специальные технологические базы облегчают использование принципов единства и постоянства баз.

#### **Принципы постоянства и совмещения баз**

Для возможности непосредственного выполнения заданных по чертежу размеров и других геометрических параметров, особенно в операциях окончательной обработки, необходимо совмещать все исходные базы (первую и последующие) с конструкторскими. Уклонение от этого правила приводит к необходимости пересчета размеров и ужесточения допусков по сравнению с чертежными.

Так как в современном машиностроении большинство операций выполняется по настройке методом автоматического получения размеров, причем настройка производится от установочной базы, то с учетом этого можно сформулировать следующую рекомендацию:

Для возможности выполнения операционных размеров по методу автоматического получения размера необходимо совмещать установочную и первую исходную базу.

УБ = ИБ<sub>2</sub>. Несоблюдение приводит к возникновению так называемой погрешности базирования.

**Погрешность установки** представляет собой геометрическую сумму погрешностей базирования, закрепления и приспособления.

**Погрешность базирования** – разность предельных положений измерительной базы относительно настроенного на размер инструмента.

Если при обработке заданной поверхности невозможно совместить конструкторскую и технологическую базы, то целесообразно две поверхности – заданную поверхность и поверхность, являющуюся для нее конструкторской базой, – обрабатывать, пользуясь единой (одной и той же) технологической базой.

В некоторых случаях число поверхностей, при обработке которых технически трудно и экономически невыгодно совмещение технологических баз с конструкторскими, получается не одна, а несколько. Тогда принцип единой базы трансформируется в принцип постоянной технологической базы. Этот принцип состоит в том, что обработку многих или всех поверхностей детали на большинстве или всех операциях выполняют, пользуясь одной и той же постоянной технологической базой, ИБ<sub>2</sub> = УБ.

#### **Понятие о черновых и чистовых установочных базах.**

**Черновая база** – технологическая установочная база, используемая при первом установе заготовки по необработанным "черновым" поверхностям.

**Чистовая база** – технологическая установочная база, используемая на последующих установках и, как правило, обработанная на первом установе.

**Рекомендации по выбору черновых баз:**

- Если у заготовки обрабатываются не все поверхности, то на первой операции в качестве черновой базы принимают поверхность, остающуюся "черной". Это обеспечивает правильное взаимное положение обработанных поверхностей относительно необработанной.
- Если у детали обрабатываются все поверхности, то для первого установа следует принять поверхность с наименьшими припусками. Это исключает появления "чернот" на поверхности с малым припуском. Данные требования характерны также для поверхностей, к которым предъявляются требования равномерных физико-механических свойств.
- Базирующие поверхности должны быть чистыми, ровными и с достаточными размерами для обеспечения определенности базирования.
- Черновая база используется только один раз, повторная установка на черновую базу недопустима, за исключением случая, если заготовка получена достаточно точными методами, а также при повторной установке в однотипное приспособление.

**Правила выбора чистовых баз:**

1. Для возможности полного использования допусков нужно стремиться совмещать исходные и конструкторские базы, особенно это касается основных и вспомогательных баз.
2. Для исключения погрешности базирования необходимо совмещать первую исходную и установочную базы.
3. Всегда требуется, по возможности, обеспечить принцип единства и постоянства баз.
4. Необходимо выбирать точки приложения сил и опор с учетом наименьшей деформации.
5. Выбранные базы должны обеспечить простую и надежную конфигурацию приспособления, удобство установки, закрепления и снятия обрабатываемой заготовки.

**Теоретическая схема базирования** представляет собой схему расположения на технологических базах заготовки идеальных опорных точек и условных точек, символизирующих позиционные связи заготовки с принятой системой координат.

При этом на контурных линиях поверхностей заготовок, принятых в качестве технологических баз, проставляются условные обозначения идеальных точек контакта заготовок и приспособлений, которые лишают заготовку соответствующего числа степеней свободы.

**Определение типа производства**

**Тип производства** – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий.

Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций, представляющий собой отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

В проектных условиях можно полагать, что коэффициент закрепления операций определяет число операций такой же трудоемкости, как и рассматриваемая, которое можно было бы закрепить за одним рабочим местом для полной его загрузки в течение месяца.

Тогда коэффициент закрепления операций:

$$K_{3,0} = \frac{t_B}{t_{шт}} = \frac{F \cdot m \cdot K_{от} \cdot 60}{N_{мес} \cdot t_{шт}}$$

где  $t_B$  – такт выпуска, мин;  $F$  – месячный фонд времени односменной работы рабочего места, ч;  $m$  – принятое число смен;  $K_{от}$  – коэффициент, учитывающий простои по организационно-техническим причинам (ремонт, перерыв на отдых и т. п.);  $N_{мес}$  – число изделий, запускаемых в производство, шт/мес;  $t_{шт}$  – штучное время (по укрупненным расчетам или по данным действующего предприятия), мин.

На первом этапе проектирования тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска по таблице 2.

Таблица 2

Годовая программа выпуска деталей по типам производств

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей одного наименования, шт		
	легкие, до 20 кг	средние, 20...300 кг	тяжелые, более 300 кг
Единичное	До 100	До 10	1...5
Мелкосерийное	101...500	11...200	6...100
Среднесерийное	501...5000	201...1000	101...300
Крупносерийное	50001...50000	1001...5000	301...1000
Массовое	Свыше 50000	Свыше 5000	Свыше 1000

Тип производства влияет на построение технологических процессов изготовления изделий и организацию работы на предприятии. Основные технологические признаки типов производства приведены в таблице 3.

Для уточнения типа производства после предварительной разработки технологического процесса может быть использовано значение коэффициента  $k$ , характеризующего отношение такта выпуска  $i$ -го изделия  $t_p$  к среднему штучному времени технологических операций

$\frac{t_{шт.срi}}{k} = \frac{t_i}{t_{шт.срi}}$ ;  $t_i = \frac{60 \cdot t_p}{N_i}$ , где  $t_p$  – номинальный фонд рабочего времени за год, смену или другой период;  $N_i$  – объем выпуска изделий в штуках за тот же период времени  $i$ -го изделия,

$$t_{шт.срi} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{штi}}{n}$$

где  $n$  – количество операций в технологическом процессе;  $t_{штi}$  – штучное время на  $i$ -й операции в минутах. Величина коэффициента  $k$  может быть принята:  $k = 1$  – массовое производство, 2...10 – крупносерийное производство, 10...20 – среднесерийное, 20 и более – мелкосерийное производство. Окончательно тип производства определяют по величине коэффициента закрепления операций (см. табл. 3).

После окончательной разработки технологических процессов для определенного участка или цеха на всю номенклатуру обрабатываемых деталей тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций.

После установления типа производства определяется его организационно-техническая характеристика. При этом необходимо решить следующие задачи:

- определить форму организации производственного процесса. Для поточного производства выбрать тип поточных линий;
- установить степень механизации и автоматизации поточных линий;
- определить режим работы участка, линии и фонды времени работы технологического оборудования;
- рассчитать такт выпуска изделий (крупносерийное и массовое производство) или величины партий их запуска в производство.

Количество деталей в партии ( $n$ ) рассчитывается по формуле:  $n = \frac{N \cdot a}{T}$ ,

где  $N$  – объем выпуска;  $T$  – количество рабочих дней в планируемом периоде выпуска;  $a$  – периодичность запуска в днях.

Организационно-технические характеристики типов производства

Характеристики	Тип производства				
	Массовое	Крупно-серийное	Средне-серийное	Мелко-серийное	Единичное
Форма организации производственного процесса и $K_{\Sigma 0}$	Непрерывно поточная, прямоточная, $K_{\Sigma 0}=1$	Непрерывно поточная, $10 \geq K_{\Sigma 0} > 1$	Переменно поточная или групповая, $20 \geq K_{\Sigma 0} > 10$	Групповая, $40 \geq K_{\Sigma 0} > 20$	Предметная, $K_{\Sigma 0} > 40$
Технологический вид	Типовые и единичные		Типовые, групповые и единичные	Групповые и единичные	Единичные
Степень детализации проектирования	Операционные Автоматизированное или неавтоматизированное			Маршрутно-операционные	Маршрутные неавтоматизированные
Построение операций	Параллельная концентрация		Дифференциация	Последовательная концентрация	
	Обработка многоместная или одноместная с непрерывной или раздельной установкой			Обработка многоместная или одноместная с одновременной установкой	
Характеристики	Тип производства				
	Массовое	Крупно-серийное	Средне-серийное	Мелко-серийное	Единичное
Метод обеспечения точности	Базирование без выверки, работа на настроенных станках, активный контроль		Базирование без выверки и с выверкой, настройка статическая по пробным деталям или комбинированная		Базирование с выверки, настройка по пробным проходам и промерам
Оборудование	Специальное	Специальное и специализированное	Универсальное и специализированное, станки с ЧПУ, гибкие модули	Универсальное, станки с ЧПУ	
Оснастка	Неразборные специальные приспособления (НСП)	Сборно-разборные приспособления (СРП), специализированные наладочные приспособления (СНП)		Универсально-наладочные приспособления (УНП)	Универсальные безналадочные приспособления

**Определение класса детали и выбор в качестве аналога действующего типового или группового технологического процесса**

Технологический процесс разрабатывают на основе имеющегося типового или группового ТП. Для этого по технологическому классификатору деталей формируют технологический код. По коду изделие относят к определенной классификационной группе и действующему для нее типовому или групповому ТП. Типовой или групповой технологический процесс является информационной основой при разработке рабочего технологического процесса. При отсутствии соответствующей классификационной группы ТП разрабатывают как единичный, с учетом ранее принятых прогрессивных решений в действующих единичных ТП.

**Классификатор ЕСКД позволяет:**

- установить единую государственную классификационную систему обозначения изделий и конструкторских документов для обеспечения единого порядка, учета, хранения и обращения этих документов;
- обеспечить возможность использовать конструкторскую документацию, разработанную другими организациями (без ее переоформления);
- ускорить и облегчить ручной поиск конструкторской документации разрабатываемых и изготавливаемых изделий;
- внедрить средства вычислительной техники в сфере проектирования и управления;
- применять коды деталей по классам совместно с технологическими кодами при решении задач технологической подготовки производства с использованием средств электронно-вычислительной техники (САПР, ГПС и др.).

Классификатор ЕСКД включает 100 классов, из которых 51 класс составляют резерв, в котором могут быть размещены новые виды изделий.

На все детали машиностроения и приборостроения установлены шесть классов: 71...76. Основным признаком деления (кроме класса 76) является геометрическая форма.

Классы 71...76 охватывают детали всех отраслей промышленности основного и вспомогательного производства:

- класс 71: детали – тела вращения типа колес, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.;
- класс 72: детали – тела вращения с элементами зубчатого зацепления; трубы, шланги, проволоочки, разрезные секторы, сегменты; изогнутые из листов, полос и лент; аэрогидродинамические; корпусные, опорные, емкостные, подшипников;
- класс 73: детали – не тела вращения: корпусные, опорные, емкостные;
- класс 74: детали – не тела вращения: плоскостные; рычажные, грузовые, тяговые; аэрогидродинамические; изогнутые из листов, полос и лент; профильные; трубы;
- класс 75: детали – тела вращения и (или) не тела вращения, кулачковые, карданные, с элементами зацепления, арматуры, санитарно-технические, разветвленные, пружинные, ручки, посуды, оптические, электрорадиоэлектронные, крепежные;
- класс 76: детали технологической оснастки, инструмента (сверла, метчики, пластины режущие, матрицы, пуансоны и т. д.).

**Технологический классификатор деталей (ТКД)** создает предпосылки для решения задач, направленных на снижение трудоемкости и сокращение сроков технологической подготовки производства:

- анализ номенклатуры деталей по конструкторско-технологическим характеристикам;
- группирование деталей по конструкторско-технологическому подобию для разработки типовых и групповых технологических процессов с использованием ЭВМ;
- поддетальная специализация участков, цехов и заводов;
- повышение серийности и концентрация производства деталей;
- унификация и стандартизация деталей и технологических процессов их изготовления;
- рациональный выбор типов технологического оборудования;
- тематический поиск и использование ранее разработанных типовых и групповых технологических процессов;
- автоматизация проектирования деталей и технологических процессов их изготовления.

ТКД представляет собой систематизированный свод наименований признаков деталей, их составляющих частных признаков и их кодовых обозначений в виде классификационных таблиц.

**Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления**

При выборе заготовки необходимо решить следующие вопросы:

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

Основными видами заготовок для деталей являются заготовки, полученные:

- литьем;

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

Краткие характеристики основных методов получения заготовок представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Характеристика основных методов получения заготовок литьем

Метод получения	Масса заготовок, т	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность выполнения	Шероховатость $R_a$ , мкм	Материал	Тип производства
Разовые формы						
Литье в песчаноглиняные формы: Ручная формовка по деревянным моделям Машинная формовка по металлическим моделям	До 100	чугун 3...5 сталь 5...8 цветные сплавы 3...8	IT 17	80...20	чугун, сталь, специальные сплавы	единичное и мелкосерийное
	До 10		IT 16...17	20...5		серийное
Литье по выплавляемым моделям (вакуумным, растворимым, замораживаемым)	До 0.15	0.5	IT 11...12	10...2.5	труднообрабатываемые сплавы	серийное
Разовые формы						
Литье в оболочковые формы (песочно-смоляные, химически твердеющие)	До 0.15	сталь 3...5 алюминий 1...1.5	IT 13...14	10...2.5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое
Многократные формы						
Полуперебное литье	0.01...1	5...6	IT 12...14	40...10	чугун, сталь, цветные сплавы	крупносерийное и массовое
Литье под давлением	До 0.1	0.5	IT 8...12	5.0...0.63	цветные сплавы	
Литье в кокиль	7 (чугун) 4 (сталь) 0.5 (цветные сплавы)	чугун 15, сталь 10	IT 12...15	20...2.5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое

Согласно ГОСТ 26645-85 точность отливки характеризуется четырьмя показателями:

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

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

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

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

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

Таблица 5

Характеристика основных методов получения заготовок обработкой давлением

Метод получения заготовки	Размер или масса	Толщина стенок, мм	Точность	Шероховатость поверхности $R_a$ , мкм	Материал	Тип производства	
Копка	на молотах и прессах	До 250 т	На молотах по ГОСТ 7829-70, на прессах по ГОСТ 7862-79	До 12.5	углеродистые и легированные стали	единичное и мелкосерийное	
	на молотах в подвижных кокилях и штампах	До 10 кг	По ГОСТ 7829-70	До 12.5		и легированные стали	мелкосерийное
	на радиально-коловчатых машинах	Диаметр прутка (трубы) до 150 мм	0.1...0.6 (пруток) 0.04...0.4 (труба)	До 0.4 (колесная)		серийное и массовое	
Штамповка	на молотах и прессах	До 0.4 т	Классы Т4...Т5 по ГОСТ 7505-89	12.5...3.2			
	на горизонтально-коловчатых машинах	До 30 кг	Классы Т4...Т5 по ГОСТ 7505-89				
	выдавливанием	Диаметр до 200 мм	Классы Т3...Т4 по ГОСТ 7505-89				
на чеканочных и кривошипно-коловчатых прессах	До 0.1 т	2.5	На 25...30 % выше, чем на молотах				

**На выбор заготовки влияют следующие показатели:** назначение детали, материал, технические условия, объем выпуска и тип производства, тип и конструкция детали; размеры детали и оборудования, на котором она изготавливается; 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 (табл. 6). Здесь и далее для сравнительной оценки вариантов в качестве условной единицы используется рубль 1980 г.

Таблица 6

Сравнительная себестоимость изготовления деталей различными технологическими методами при различной серийности производства, коп.

Группа сложности деталей	Масса детали, г	Механическая обработка			Литье по выплавляемым моделям			Обработка давлением		
		250	5000	Более 5000	250	5000	Более 5000	250	5000	Более 5000
Простые	51...100	27,8	16,5	14,1	30,5	13,0	11,0	28,9	12,1	6,7
	101...200	33,2	20,4	17,7	42,0	18,0	16,0	35,0	12,8	7,0
	501...1000	74,0	48,8	43,2	84,0	39,6	36,5	67,0	17,7	9,6
Сложные	51...100	245,1	105,7	82,1	69,0	31,6	23,3	197,4	31,8	14,0
	101...200	281,5	122,4	95,7	91,0	40,3	31,4	211,9	34,1	15,0
	501...1000	564,3	251,1	197,9	180,0	82,8	64,5	324,3	50,6	22,2
Особо сложные	51...100	291,2	116,9	89,4	95,3	37,7	25,5	308,3	50,7	30,0
	101...200	335,8	136,2	104,7	126,0	49,0	37,2	328,6	53,7	31,9
	501...1000	641,4	276,6	217,4	264,0	94,2	77,7	478,8	74,8	42,9



Упрощенное сравнение возможных вариантов получения заготовки предполагает два этапа:

- сравнение методов получения заготовки по коэффициенту использования материала  $K = \frac{g_D}{g_H}$ , где  $g_D$  — масса детали, кг;  $g_H$  —

норма расхода материала, кг. При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом производстве  $K \geq 0,85$ ; в серийном производстве  $K \geq 0,5 \dots 0,6$ ;

- сравнение методов получения заготовки на основании расчета стоимости заготовки с учетом ее черновой обработки:

$$C_M = g_H \cdot C_M - g_O \cdot C_O + C_{\text{эл}} \cdot T \cdot \left(1 + \frac{C_H}{100}\right)$$

где  $C_{\text{эл}}$  — средняя часовая заработная плата основных рабочих по тарифу, руб./чел.ч;  $C_O$  — цена 1 кг отходов, руб.;  $C_M$  — оптовая цена на материал в зависимости от метода получения заготовки (из проката, свободной ковкой, штамповкой, литьем;  $g_O$  — масса отходов материала, кг;  $T$  — время черновой обработки заготовки, ч;  $C_H$  — цеховые накладные расходы (для механического цеха могут быть приняты равными 60 ...80 %).

#### **Выбор технологических баз**

От правильного решения вопроса о технологических базах в значительной степени зависят: точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей; точность размеров, которые должны быть получены при выполнении запроектированной технологической операции; степень сложности и конструкция приспособлений; производительность обработки.

Исходными данными для выбора баз являются: чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями; вид и точность заготовки; условия расположения и работы детали в машине.

**Базы на промежуточных операциях** (между первой и последней операциями) выбирают с учетом следующих соображений:

- 1) используют принцип "кратчайших путей", согласно которому в качестве технологических баз принимают те поверхности, которые связаны с обрабатываемой поверхностью кратчайшей размерной цепью;
- 2) не меняют без оснований базы, так как переход от одной базы к другой всегда вносит дополнительную ошибку во взаимное расположение поверхностей, обработанных на первой и второй базах. Эта ошибка равна погрешности во взаимном расположении баз;
- 3) переходят при смене баз от менее точной к более точной базе, так как обработка детали на каждом предшествующем этапе подготавливает ее к обработке на последующих этапах, учитывая, что при переходе от одного этапа к другому должны повышаться не только точность размеров и формы, но и точность взаимного расположения;
- 4) после термообработки выбирают базы, играющие роль черновых баз. Используя их, вводят новые обработанные базы или чаще исправляют те базы, которыми пользовались ранее. При исправлении базы восстанавливать базирование необходимо таким образом, чтобы новые базы были связаны со старыми более строгими размерами и соотношениями, в противном случае нарушится вся достигнутая ранее координация поверхностей, что повлечет за собой увеличение операционных припусков.

Смотрите примеры в литературе.

### **Тема 3.3. План обработки поверхностей детали (лекция дискуссия – 4 часа)**

В серийном производстве работа, как правило, ведется методом автоматического получения размеров на предварительно настроенном станке, т.е. при проектировании операции необходимо выбрать метод размерной наладки станка (по пробным деталям, статическая и др.). Наладка станка связана с выбором (расчетом) наладочного размера и установлением допустимых отклонений от него. Обоснованный выбор наладочного размера исключает появление брака по непроходной стороне калибра сразу после настройки станка, что позволяет более полно использовать поле допуска на износ инструмента.

При выборе метода обработки поверхности исходят из его технологических возможностей:

- обеспечения точности и качества поверхности;
- величины снимаемого припуска;
- времени обработки в соответствии с заданной производительностью.

Обработка каждой поверхности детали представляет собой совокупность методов обработки, выполняемых в определенной последовательности. Последовательность устанавливается на основе требований рабочего чертежа детали и исходной заготовки:

- заданные точность и качество поверхностей позволяют выбрать методы (один или несколько) их окончательной обработки;
- вид исходной заготовки определяет методы начальной обработки;
- методы окончательной и начальной обработки позволяют выбрать промежуточные методы. Каждый метод окончательной обработки требует определенного набора методов предшествующих;
- вид заданной термической обработки определяет ее место в последовательности обработки поверхности.

Для одной и той же поверхности могут применяться различные варианты обработки. Выбор наилучшего варианта является трудоемкой, но необходимой задачей. Эта задача окончательно решается на основании экономического анализа. Предварительные решения по выбору рационального варианта принимаются либо на основе таблиц средне-экономических достижимых точностей обработки разными методами, либо на основе расчетов точности.

**Последовательность выбора методов обработки** поверхностей рекомендуется следующая:

- 1) выбираются методы обработки поверхности на первом переходе (операции) в зависимости от способа получения заготовки и ее точности;
- 2) определяются методы окончательной обработки поверхности на последнем переходе (операции) в зависимости от комплекса требований по точности рассматриваемой поверхности (данные из чертежа);
- 3) назначаются методы обработки поверхности на промежуточных переходах (операциях) на основе уже выбранных первого и последнего методов обработки.

При этом следует учитывать, что каждому методу окончательной обработки предшествуют обычно несколько предварительных (менее точных) методов. Например, чистовому развертыванию отверстия предшествует предварительное развертывание, а предварительному — чистовое растачивание, зенкерование или сверление.

При назначении промежуточных методов исходят из того, что каждый последующий метод должен быть *точнее предыдущего* в среднем на один квалитет точности.

**Допуск на промежуточный параметр точности** должен всегда находиться в тех пределах, при которых возможно использование последующего метода обработки.

**Разрабатывая маршрут обработки поверхности**, необходимо помнить, что одна и та же точность обработки может быть достигнута несколькими методами.

Количество возможных вариантов маршрута обработки одной поверхности достаточно велико. Однако его можно значительно уменьшить, если учесть габариты детали, ее жесткость, способы установки для обработки, тип производства и т. п.

Предварительный выбор маршрута обработки поверхности осуществляется, когда технологический маршрут разбивался на этапы обработки (черновой, термический, получистовой и т.д.). Более точная разбивка на этапы может быть проведена с помощью подробных таблиц технологических характеристик методов обработки.

Окончательный маршрут обработки выбирают при помощи соответствующих таблиц, в которых представлены численные величины погрешностей размеров, формы, взаимного расположения и шероховатости поверхности. Для отдельных поверхностей численные величины погрешностей определяются расчетом.

**Особое внимание следует обращать** на характеристику методов с точки зрения обеспечения точности взаимного расположения. Например, как правило, отделочные методы не исправляют погрешности формы и взаимного расположения, а служат лишь для уменьшения шероховатости.

**Пример. Обработка** отверстие, полученное литьем по Н8. На первом переходе (операции) могут применяться предварительное растачивание или предварительное зенкерование, обеспечивающие точность расположения и прямолинейность от отверстия. В качестве окончательных переходов (операций), обеспечивающих точность размеров, формы и качество поверхностного слоя, можно назначить развертывание, тонкое растачивание и протягивание.

На выбор конкретного варианта обработки в данном случае значительное влияние оказывают тип производства и конкретная производственная станка. Так, **протягивание** обычно применяется в крупносерийном и массовом производстве для обработки отверстий небольших и средних размеров. **Развертывание** используется во всех типах производств, но требует, чтобы на предыдущих операциях были обеспечены прямолинейность и точность положения оси отверстия.

**Тонкое растачивание** может применяться во всех типах производства, но его использование обычно определяется наличием или отсутствием станков, соответствующих повышенным требованиям к точности, жесткости и кинематическим характеристикам.

В качестве промежуточных методов обработки возможны чистовое зенкерование и чистовое растачивание.

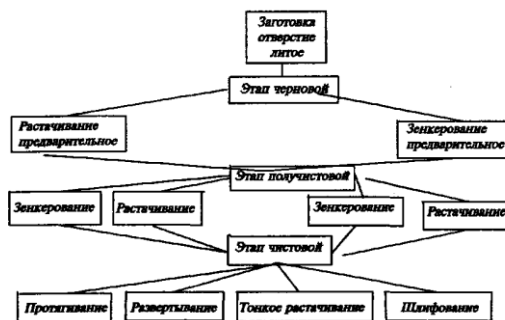


Рис. 2. Варианты обработки отверстия

Применение того или другого метода определяется в основном требованиями точности расположения. Как правило, более высокую точность расположения и прямолинейность осей отверстий обеспечивает обработка однолезвийным инструментом, особенно на черновом и чистовом этапах.

Таким образом, для данного конкретного случая можно предложить десять различных маршрутов обработки отверстия. Для более наглядного представления возможных вариантов рекомендуется при анализе структуры маршрута пользоваться схемами, представленными на рис 2.

Число вариантов, как показано выше, может быть уменьшено в зависимости от технологических задач, стоящих при обработке детали, типа производства, вида и метода получения заготовки, жесткости детали, необходимости обработки некоторых поверхностей за один установ и т. п.

**Проектирование технологического маршрута обработки заготовки**

**На этом этапе решаются следующие задачи:** разрабатывается общий план обработки детали, выбираются методы обработки поверхностей детали, уточняются технологические базы, предварительно выбираются средства технологического оснащения, намечается содержание операций.

Таблица 7

Этапы технологического процесса

№ п/п	Наименование этапов	Назначение и характеристика этапов
1	Заготовительный	Получение заготовки, ее термообработка
2	Черновой	Съем лишних припусков и напусков. Достигаемая точность обработки IT12...IT15
3	Термический 1	Термообработка - «улучшение», старение
4	Получистойой 1	Достигаемая точность обработки IT11...IT13. Шероховатость Ra = 6,3 мкм
5	Термический 2	Цементация
6	Получистойой 2	Съем цементационного слоя на поверхностях, предохраняемых от цементации
7	Термический 3	Закалка, улучшение
8	Чистовой 1	Точность обработки IT6-IT10. Шероховатость Ra = 0,63 мкм
9	Термический 4	Азотирование, старение
10	Чистовой 2	Шлифование поверхностей, не подлежащих азотированию
11	Чистовой 3	Точность обработки IT5-IT7. Шероховатость Ra – 0,16 мкм
12	Гальванический	Хромирование, никелирование и т. п.
13	Отделочный 1	Получение малой шероховатости Ra=0,08...0,04 мкм

Таблица 8

Этапы обработки

п/п	Содержание этапов обработки и достигаемые характеристики точности геометрических параметров
1	Обработка поверхностей, которые будут использованы в качестве технологических баз на последующих этапах (с приданием им заданного положения относительно основных баз детали и системы необрабатываемых поверхностей)
2	Черновая обработка главных поверхностей, имеющих наибольшее значение для работы детали в машине, обладающих большой длиной, не допускающих наличия дефектов. Точность размеров IT2...IT4, формы и расположения X...XII степени, Ra=3,2...6,3 мкм
3	Термообработка для снятия внутренних напряжений I и II рода
4	Правка баз и получистовая обработка главных поверхностей. Точность размеров IT8, IT9, формы и расположения VI...VII степени, Ra=1,60...3,2 мкм
5	Термообработка для улучшения качества срединных и поверхностных слоев материала детали
6	Правка баз и чистовая обработка главных поверхностей. Точность размеров IT8, IT9, формы и расположения VI...VII степени, Ra=0,8...1,6 мкм
7	Выполнение второстепенных операций (сверление крепежных отверстий, снятие фасок, прорезка канавок) и обработка легкоповреждаемых поверхностей (например, нарезание резьбы)
8	Отделка главных поверхностей. Точность размера IT5...IT7, формы и расположения VI...VII степени, Ra=0,2...0,4 мкм
9	Подгонка по массе, зачистка заусенцев и притупление острых кромок
10	Окончательный контроль

Технологический маршрут проектируют на основе выбранного аналога – типового технологического маршрута.

**Типовой маршрут является основой** проектируемого маршрута. При изменении и дополнении типового маршрута руководствуются следующими методическими соображениями: при разборе типового маршрута и при проектировании рабочего необходимо разделить технологический процесс на этапы, выполняемые в порядке возрастания точности этапа, т.е. от черновых к чистовым.

**Различают три укрупненные стадии обработки:** черновую (обдирочную), чистовую и отделочную.

В процессе **черновой обработки** снимают основную массу металла и обеспечивают взаимное расположение поверхностей. Эта стадия связана с действием силовых и температурных факторов, что влияет на точность окончательной обработки. После этой обработки часто вводят операции термообработки для снятия внутренних напряжений.

Целью **чистовой обработки** является достижение заданной точности поверхностей детали и точности их взаимного расположения. Основное назначение отделочной обработки – обеспечение требуемой точности и шероховатости особо точных поверхностей.

В таблицах 7 и 8 приведены этапы технологического процесса при обработке деталей и их краткая характеристика.

**При проектировании принципиальной схемы маршрута обработки решаются следующие вопросы:**

1. Составляется укрупненный план обработки заготовки, устанавливающий последовательность операций (или групп операций), а также содержание и место в плане обработки термических, гальванических, слесарных, контрольных операций. При этом в качестве основы может быть выбран типовой маршрут-аналог по разбиению маршрута на этапы. Количество этапов или стадий для каждой конкретной детали может быть различным.

2. Проверка возможности использования при базировании на первых операциях необрабатываемых поверхностей детали, связанных размерами или соотношениями точности взаимного расположения с поверхностями обработанными (см. правила выбора баз на 1-й операции). Выявление основных конструкторских баз, определяющих положение детали в машине, выделение требований по точности взаимного расположения, формы, размеров.

Принятие, предварительных решений о возможности совмещения технологических и конструкторских баз или целесообразности создания специальных технологических баз.

3. Выявление технологических комплексов поверхностей (как правило, основные конструкторские базы), представляющих собой совокупность поверхностей, которые следует обрабатывать с соблюдением принципа постоянства баз, т.е. с одной установки, по возможности и без смены позиции.

Как известно, точность взаимного положения поверхностей одного такого комплекса определяет лишь погрешностями обработки и не зависит от погрешностей установки. Поэтому в технологический комплекс обычно включают поверхности, связанные жесткими допусками на взаимное положение.

Производят "технологическую разметку" чертежа. Поверхности, подлежащие обработке, обозначают на чертеже детали номером. Номера установленных комплексов поверхностей и составляющих их отдельных поверхностей заносят в сводную таблицу.

4. Выбор, первого (базового) комплекса поверхностей. В первый технологический комплекс необходимо включить те поверхности, которые составят постоянный комплект технологических баз, или поверхности, которые войдут в разные комплекты баз для последующих операций.

5. Подбор типов оборудования и выбор схем установки для всех этапов обработки каждого технологического комплекса поверхностей; установление рациональной очередности обработки разных технологических комплексов.

6. Уточнение перечня специальных и вспомогательных операций и их места в маршруте обработкой заготовки.

7. Уточнение условий на поставку заготовки.

В ряде случаев необходимо провести в заготовительных цехах высокотемпературный отжиг заготовок для снятия внутренних напряжений, а также отрезку литников и прибылей и выполнение обдирки для снятия напусков.

Количество этапов для конкретной детали может быть различным в зависимости от конструктивных особенностей детали: вида и материала заготовки, точности и шероховатости поверхностей детали, ее термообработки.

Для конкретной детали обычно используются не все этапы. Например, при токарно-револьверной обработке деталей из прутка совмещаются этапы 2 и 4. Для корпусных деталей из чугуна и цветных сплавов вся обработка сосредоточена на 3-м и 4-м этапах и т.д.

**Обработка поверхности заготовки производится в следующей последовательности:**

а) в первую очередь создают базы для дальнейшей обработки, т.е. обрабатывают поверхности, принятые за базы, используя первые операции технологического маршрута, при этом черновыми базами служат необработанные поверхности;

б) обрабатывают поверхности, где дефекты недопустимы, и поверхности, определяющие контур и габариты детали. На этом этапе снимают основную массу металла;

в) определяют дальнейшую последовательность обработки поверхностей, руководствуясь системой прорисовки размеров, в первую очередь желательно обрабатывать те поверхности, относительно которых координировано большинство других поверхностей;

г) обрабатывают все поверхности детали в последовательности обратной их точности, самая точная поверхность обычно обрабатывается в последнюю очередь. При обработке точных поверхностей технологический маршрут, как правило, разбивают на черновой, чистовой и отделочный этапы;

д) учитывают влияние термической обработки на технологический процесс путем введения дополнительных операций, так как после термообработки точность понижается, например, у зубчатых колес – на одну степень точности вследствие коробления, окисления и т.п.;

е) выполняют обработку неосновных поверхностей (нарезание резьбы, снятие фасок и пр.) на стадии чистовой обработки;

ж) обрабатывают легко поврежденные поверхности;

з) планируют операции технического контроля перед сложными и дорогостоящими операциями, а также в конце обработки.

Сведения о характеристиках обрабатываемой поверхности и методах ее обработки, о детали в целом дают возможность наметить тип станка, вид инструмента, средства и методы контроля. Присутствие сложных поверхностей указывает на необходимость применения оборудования определенного назначения (зубофрезерного, копировального и т.п.).

Предусматриваются и необходимые контрольные операции с выбором средств технического контроля и измерений. Контрольно-измерительные средства выбирают в зависимости от точности контролируемого параметра и конструктивных особенностей изделия.

Выбранные средства технологического оснащения уточняются при определении содержания операций.

**Смотри примеры маршрутной технологии в литературе**

**Выбор средств технологического оснащения**

К средствам технологического оснащения относятся: технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное); технологическая оснастка (в том числе рабочие инструменты и средства контроля); средства механизации и автоматизации технологических процессов.

Выбор технологического оборудования (станков) определяется: методом обработки; габаритными размерами заготовок и размерами обработки; мощностью, необходимой на резание; производительностью и себестоимостью в соответствии с типом производства; возможностью приобретения и ценой станка; удобством и безопасностью работы станка.

При выборе станков особое внимание следует обратить на использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ), являющихся одним из основных средств автоматизации механической обработки в мелкосерийном и серийном машиностроении.

Станки с ЧПУ применяются для токарных, сверлильных, фрезерных, расточных и других операций. В настоящее время широко распространение получают многооперационные станки с ЧПУ для обработки корпусных деталей – обрабатывающие центры (ОЦ). Как правило, в станках такого типа смена инструмента производится автоматически: либо путем поворота револьверной головки, либо при помощи автооператора. На обрабатывающих центрах выполняют фрезерование, сверление, растачивание, резьбонарезание и др.

**Применение оборудования с ЧПУ целесообразно в следующих случаях:**

– для трудоемких операций;

– если время обработки существенно меньше вспомогательного;

– при производстве сложных деталей малыми партиями;

- для обработки деталей с большим количеством размеров, имеющих высокие требования по точности;
  - при обработке деталей, требующих строгого контроля точности изготовления оснастки;
  - когда стоимость оснастки составляет значительную часть стоимости обработки;
  - для изделий, период изготовления которых не позволяет использовать обычные методы изготовления оснастки;
  - для операций, у которых расходы на контроль составляют часть общей стоимости операции.
- Решение о применении станков с ЧПУ часто принимается с учетом одного или двух из этих условий. Выбор оборудования определяется следующими коэффициентами:

– загрузки оборудования  $K_3 = \frac{m_p}{m_{II}}$ , где  $m_p$  – расчетное количество станков на операции;  $m_{II}$  – принятое количество станков;

для массового производства  $K_3 = 0,65..0,77$ , для серийного –  $K_3 = 0,75..0,85$ ; для мелкосерийного и единичного –  $K_3 = 0,8..0,9$ ;

– использования станков по основному времени  $h_O = \frac{t_O}{t_{шт}}$  – для массового производства;  $h_O = \frac{t_O}{t_{штк}}$  – для серийного производ-

ства, где  $t_O$ ,  $t_{шт}$ ,  $t_{штк}$  – соответственно основное, штучное и штучно-калькуляционное время. Необходимо стремиться к значению  $h_O = 1$ . Высокий коэффициент использования оборудования по основному времени характеризует рациональное построение операций. Коэффициент использования станков по основному времени колеблется в широких пределах: от 0,35..0,45 для протяжных станков до 0,85..0,95 для непрерывного фрезерования на карусельных и барабанно-фрезерных станках;

– использования оборудования по мощности  $h_{CT} = \frac{N_{пр}}{N_{СТ}}$ , где  $N_{пр}$  – необходимая мощность на резании;  $N_{СТ}$  – мощность электро-

двигателя станка.

#### **Режущий инструмент выбирают с учетом:**

- максимального применения нормализованного и стандартного инструмента;
- метода обработки;
- размеров обрабатываемых поверхностей;
- точности обработки и качества поверхности;
- промежуточных размеров и допусков на эти размеры;
- обрабатываемого материала;
- стойкости инструмента, его режущих свойств и прочности;
- стадии обработки (черновая, чистовая, отделочная);
- типа производства.

Размеры мерного режущего инструмента определяют исходя из промежуточных размеров обработки (зенкеров, разверток, протяжек и т. д.), размеры других инструментов (резцов расточных борштанг и т. д.) из расчета на прочность и жесткость.

Средства технического контроля выбирают с учетом точности измерений, достоверности контроля, его стоимости и трудоемкости, требований техники безопасности и удобства работы.

#### **Выбор режимов резания**

При выборе режимов резания руководствуются следующими общими рекомендациями.

В первую очередь устанавливают глубину резания  $t$ . При однократной обработке на настроенном станке глубина резания равна припуску. Припуск рассчитывается или выбирается по нормативам. При многократной глубина резания на первом рабочем ходе берется максимальная, на последующих – уменьшается с целью достижения заданной точности. Обычно на черновом этапе удаляется до 70 % общего припуска, а на чистовые этапы оставляют не более 30 %.

Подача  $S$  назначается максимально допустимой. При черновой обработке ее величина ограничивается жесткостью и способом крепления обрабатываемой детали, прочностью и жесткостью инструмента, прочностью механизма подачи станка.

При чистовой обработке  $S$  определяется заданной точностью и шероховатостью обработки; величину ее выбирают по нормативам либо рассчитывают исходя из заданной точности.

Найденное значение подачи корректируют по паспорту станка.

Скорость резания рассчитывают по формулам теории резания или устанавливают по нормативам исходя из условий выполнения обработки. При определении скорости резания ориентируются на среднюю экономическую стойкость инструмента.

По скорости резания определяют частоту вращения шпинделя или число двойных ходов (стола или ползуна). Эти величины согласовывают и корректируют с учетом паспорта станка.

После назначения режимов резания подсчитывают суммарную силу резания и по ней эффективную мощность. Последнюю сравнивают с мощностью станка и окончательно корректируют режимы резания.

Назначение режимов для многоинструментальной обработки имеет особенности.

В качестве примера порядка и содержания работ при расчете режимов резания приводится назначение режимов резания для предварительного фрезерования:

1. Назначается глубина резания  $t$ , мм.
2. Назначают величину подачи на зуб фрезы  $S_Z$  мм/зуб.
3. Задают по справочным данным стойкость фрезы  $T$ , мин.
4. Определяют скорость резания  $V_D$  м/мин, допускаемую режущими свойствами инструмента,

$$V_D = \frac{C_V \cdot D_V^q}{T^m \cdot t_V^x \cdot S_V^y \cdot B_V^u \cdot Z_V^p},$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм;  $B$  – ширина фрезерования, мм;  $Z$  – число зубьев;  $C_V$ ,  $q_V$ ,  $m$ ,  $x_V$ ,  $y_V$ ,  $u_V$ ,  $p_V$  – из справочной литературы.

5. Находят частоту вращения фрезы  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ,  $n = \frac{1000 \cdot V_D}{\pi \cdot D}$ . Полученную частоту вращения корректируют по паспорту станка и

принимают в качестве фактической  $n_\Phi (n_{CT})$ .

6. Вычисляют фактическую скорость резания, м/мин,  $V_\Phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{CT}}{1000}$ .

7. Определяют скорость подачи, мм/мин,  $V_S = n_{CT} \cdot S_Z \cdot Z$

Подученное значение подача (корректируют по, паспорту станка и принимает в качестве фактической  $V_{S\Phi}(V_{SCT})$  .

8. Определяют фактическую подачу на один зуб фрезы  $S_{Z\Phi}$  мм/зуб,  $S = S_{Z\Phi} = \frac{V_{S\Phi}}{n_{\Phi} \cdot Z}$  .

9. Определяют величину силы резания, Н,  $P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t_P^x \cdot S_{Z\Phi}^{y_P} \cdot B_{PZ}^u}{D_P^q \cdot n_{\Phi}^{W_P}} \cdot K_P$  ,

где  $C_P, q_P, x_P, y_P, u_P, W_P, K_P$  — из справочной литературы.

10. Определяют мощность резания, кВт,  $N_P = \frac{P_Z \cdot V_{\Phi}}{60 \cdot 10^2}$  .

11. Определяют необходимую мощность электродвигателя, кВт,  $N_{\mathcal{E}} = \frac{N_P}{\eta}$  , где  $\eta$  — КПД кинематической цепи станка.

Для осуществления процесса резания необходимо, чтобы выполнялось условие  $N_{\mathcal{E}} \leq N_{CT}$  , где  $N_{CT}$  — мощность электродвигателя главного привода станка.

При невыполнении этого условия необходимо перейти на ближайшую меньшую частоту вращения, пересчитать  $V_{\Phi}, P_Z, N_P, N_{\mathcal{E}}$  и проверить неравенство  $N_{\mathcal{E}} \leq N_{CT}$  .

#### Нормирование технологических операций

Определение технически обоснованных норм времени на станочные работы необходимо для выбора варианта технологического процесса, обеспечивающего выполнение технических требований, предъявляемых к детали, и оптимальных затрат времени на ее изготовление, при которых повышается производительность труда и снижается себестоимость обработки.

### 4.3. Лабораторные работы

№ п/п	Номер раздела дисципли- ны	Наименование лабораторной работы	Объём (час.)	Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной фор- мах, (час.)
1.	1	Расчет режимов резания и техническое нормирование операции	7	-
2.	2	Технологические размерные цепи	17	-
3.	1	Исследование деформаций при закреплении и их влияния на точность формы обрабатываемых поверхностей	10	-
4.	3	Определение жесткости металлорежущего станка производственным методом	17	-
<b>ИТОГО</b>			<b>51</b>	-

### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование тем практических занятий	Объём (час.)	Вид занятия в ин- терактивной, активной, ин- новационной фор- мах, (час.)
1.	1	Анализ технологичности конструкции детали и ее служебного назначения	2	-
2.	2	Выбор метода получения заготовки	3	-
3.	2	Выбор технологических баз для обработки детали	3	-
4.	3	Определение последовательности обработки с обеспечением требуемого качества	3	-
5.	3	Разработка маршрутного технологического процесса	3	-
6.	3	Разработка операционного маршрутного технологического процесса	3	-
<b>ИТОГО</b>			<b>17</b>	-

### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>				
		<i>4</i>				
<b>1.</b> Основы проектирования технологических процессов	49	+	1	49,0	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен
<b>2.</b> Этапы конструкторской разработки изделия	70	+	1	70,0	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен
<b>3.</b> Маршрутный и операционный технологический процесс	70	+	1	70,0	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен
<i>всего часов</i>	<b>189</b>	<b>189</b>	<b>1</b>	<b>189,0</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

- Лабораторная работа № 1. Стр. 79 – 88.
- Лабораторная работа № 2. Стр. 55 – 60.
- Лабораторная работа № 3. Стр. 66 – 68.
- Лабораторная работа № 4. Стр. 68 – 72.
- Практическое занятие № 1. Стр. 34 – 42.
- Практическое занятие № 2. Стр. 79 – 81.
- Практическое занятие № 3. Стр. 42 – 52.
- Практическое занятие № 4. Стр. 25 – 33.
- Практическое занятие № 5. Стр. 79 – 86.
- Практическое занятие № 6. Стр. 131 – 186.

2. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

- Лабораторная работа № 1.
- Лабораторная работа № 2.
- Лабораторная работа № 3.
- Лабораторная работа № 4.
- Практическое занятие № 1.
- Практическое занятие № 2.
- Практическое занятие № 3.
- Практическое занятие № 4.
- Практическое занятие № 5.
- Практическое занятие № 6.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Кол-во экз. в библ., шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i>
<b>Основная литература</b>				
1.	Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <a href="http://e.lanbook.com/book/71767">http://e.lanbook.com/book/71767</a>	Лк, ЛР, ПЗ, СР	ЭР	1
2.	Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.	Лк, ЛР, ПЗ, СР	25	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <a href="http://e.lanbook.com/book/86015">http://e.lanbook.com/book/86015</a>	Лк, ЛР, ПЗ, КП, СР	ЭР	1
4.	Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275751">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275751</a>	Лк, ЛР, ПЗ, СР	ЭР	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Номер раздела Основные положения раздела, рекомендуемые для СР	Рекомендуемая литература	Форма отчета	Всего часов
1.	<b>1. Основы проектирования технологических процессов</b> 1.1. Структура технологических процессов 1.2. Точность изделия	[1], [2], [3], [4]	Экзамен, ЛР №1, №3 ПЗ № 1	20
2.	<b>2. Этапы конструкторской разработки изделия</b> 2.1. Основы базирования в машиностроении 2.2. Размерные цепи в машиностроении 2.3. Содержание технологических процессов	[1], [2], [3], [4]	Экзамен, ЛР № 2 ПЗ № 2...3	35
3.	<b>3. Маршрутный и операционный технологический процесс</b> 3.1. Расчет припусков и технологических размеров 3.2. Порядок проектирования технологических процессов 3.3. План обработки поверхностей детали	[1], [2], [3], [4]	Экзамен, ЛР № 4 ПЗ № 4...6	32
<b>ИТОГО</b>				<b>87</b>

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ

#### Лабораторная работа №1

#### Расчет режимов резания и техническое нормирование операции

Цель работы:

Определение режимов резания и норм времени для операций механической обработки изделий.

Содержание работы

Освоение методики расчета режимов резания и нормирования технологических операций механической обработки изделий в машиностроении.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскиз детали.
4. Определить основные режимы, необходимые для выполнения обработки детали.
5. Рассчитать режимы резания для каждой операции обработки.
6. Выполнить нормирование выполняемых операций.
7. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий
2. ГОСТ 14.201-83 Общие правила разработки технологических процессов

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>



2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>  
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что относится к элементам режима резания?
2. Что называется технической нормой времени и в какой последовательности она определяется?

## Лабораторная работа № 2 Технологические размерные цепи

Цель работы:

Освоение методики построения и расчёта технологических размерных цепей при решении прямой и обратной задачи

Содержание работы

Определение и расчет технологических размеров при обработке детали при несовмещении технологических и конструкторских баз

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскиз детали.
4. Построить размерную цепь и произвести ее расчет.
5. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. РД 50-635-87 Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей.

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>

2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>  
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дайте определение технологической размерной цепи.
2. Опишите способы решения обратной задачи по методу максимума-минимума.

## Лабораторная работа № 3 Исследование деформаций при закреплении и их влияния на точность формы обрабатываемых поверхностей

Цель работы:

Определение влияния сил закрепления на точность формы растачиваемых отверстий тонкостенных и толстостенных колец и коротких гильз.

Содержание работы

Расчет необходимого усилия закрепления заготовок тонкостенных, толстостенных колец и коротких гильз в трехкулачковом патроне, измерение погрешности формы обработанных отверстий заготовок, сопоставление результатов измерений деформаций и вызываемых ими погрешностей формы отверстий с данными, полученными при расчетах. Определение относительной неточности расчетного и экспериментального методов.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Определить режимы обработки.
4. Рассчитать необходимую силу закрепления.
5. Рассчитать теоретические значения погрешности формы.
6. Последовательно закрепить заготовки в трехкулачковом патроне при помощи динамометрического ключа, используя расчетные данные.
7. Измерить погрешность формы, возникшую в результате деформации заготовки под действием сил зажима.
8. Расточить отверстия.
9. Измерить погрешность формы обработанных отверстий.
10. Сопоставить результаты измерений деформаций и вызываемых ими погрешностей формы отверстий с данными, полученными при расчетах.
11. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>

2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

#### Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Причины возникновения погрешности формы деталей при закреплении в трехкулачковом патроне?
2. Какие параметры влияют на величину погрешности формы при закреплении колец и гильз в патроне?

### Лабораторная работа №4

#### Определение жесткости металлорежущего станка производственным методом

##### Цель работы:

Изучение методов определения динамической жесткости станка и расчета жесткости отдельных его узлов

##### Содержание работы

Определение жесткости технологической системы по методике Н.П. Соколовского при обработке ступенчатого вала. Определение жесткости по методике П.А. Кораблева при обработке гладкого вала. Расчет жесткости отдельных узлов технологической системы.

##### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскиз детали.
4. Определить основные режимы, необходимые для выполнения обработки детали.
5. Выполнить обработку детали по методике Н.П. Соколовского и измерить контролируемые параметры.
6. Рассчитать жесткость отдельных узлов технологической системы.
7. Выполнить обработку детали по методике П.А. Кораблева и измерить контролируемые параметры.
8. Рассчитать жесткость отдельных узлов технологической системы.
9. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

**Форма отчетности:** отчет по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

##### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

##### Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 27.004-85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения.
2. ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий

##### Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

#### Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие погрешности возникают в результате упругих деформаций технологической системы?
2. Для чего производится проверка оборудования на точность?

### Практическое занятие № 1

#### Анализ технологичности конструкции детали и ее служебного назначения

##### Цель работы

Научиться выполнять качественный анализ технологичности детали в соответствии с ее служебным назначением.

##### Содержание работы

Определение служебного назначения поверхностей, требований к точности размеров, взаимного расположения осей и поверхностей детали. Качественная и количественная оценка технологичности детали.

##### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Ознакомиться с чертежом детали. Определить по чертежу:
  - поверхности, линии, оси от которых задано наибольшее количество размеров;
  - назначение поверхностей детали;
  - требования к точности размеров;
  - требования к точности взаимного расположения поверхностей детали.
4. Провести качественную оценку технологичности детали.
5. Провести количественную оценку технологичности.
6. Сделать вывод и оформить отчет.

**Форма отчетности:** отчет по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

##### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

##### Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий
2. ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
3. ГОСТ 14.201-83 Общие правила разработки технологических процессов

##### Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

#### Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что понимают под служебным назначением детали?
2. Какие требования к точности размеров, взаимного расположения осей и поверхностей детали вы знаете?

## Практическое занятие № 2 Выбор метода получения заготовки

#### Цель работы

Освоение методики выбора способа получения и проектирования заготовки для последующей механической обработки.

#### Содержание работы

Определение способа получения заготовки по чертежу детали, установление припусков на обработку каждой поверхности, расчет размеров с указанием допусков на точность изготовления. Технично-экономическое обоснование выбранного метода получения заготовки.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выбрать способ получения заготовки по чертежу детали.
4. Определить припуски на обработку.
5. Рассчитать размеры и указать допуски на точность изготовления.
6. Провести технико-экономическое обоснование выбранного метода получения заготовки.
7. Сделать вывод и оформить отчет.

**Форма отчётности:** отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

#### Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 18970-84 Обработка металлов давлением. Операцияковки и штамповки. Термины и определения.
2. ГОСТ 26358-84 Отливки из чугуна. Общие технические условия
3. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия.

#### Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

#### Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какой метод получения заготовки считается оптимальным?
2. Что в себя включает проектирование заготовки?

## Практическое занятие № 3 Выбор технологических баз для обработки детали

#### Цель работы

Освоение методики выбора и назначения технологических баз для выполнения различных операций механической обработки, а также разработки теоретических схем базирования.

#### Содержание работы

Определение технологических баз для соответствующего вида механической обработки детали. Разработка теоретических схем базирования на каждой операции.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскизы операций
4. Определить технологические базы детали для каждой операции обработки.
5. Разработать теоретическую схему и выполнить эскиз базирования.
6. Сделать вывод и оформить отчет.

**Форма отчётности:** отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

#### Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.

#### Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

#### Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дайте определение понятию «база»?
2. Приведите классификацию поверхностей детали в зависимости от их служебного назначения?

## Практическое занятие № 4

### Определение последовательности обработки с обеспечением требуемого качества

#### Цель работы

Приобретение навыков выбора и назначения последовательности способов обработки деталей машин, обеспечивающих требуемое качество поверхности.

#### Содержание работы

Разработать возможные последовательности обработки отдельных поверхностей детали. Сравнение и выбор наиболее рационального маршрута обработки. Выбор оборудования и режущего инструмента.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомится с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскизы детали и обозначить поверхности, подвергающиеся обработке.
4. Разработать возможные последовательности обработки отдельных поверхностей детали.
5. Сравнить и выбрать наиболее рациональный маршрут обработки.
6. Выбрать оборудование и режущий инструмент.
7. Сделать вывод и оформить отчёт.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

#### Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт

#### Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

#### Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Для чего выполняется планирование методов обработки отдельных поверхностей детали?
2. Каким образом влияет вид заготовки на маршрут обработки?

## Практическое занятие № 5

### Разработка маршрутного технологического процесса

#### Цель работы

Ознакомиться с принципами построения и разработки маршрутных технологических процессов.

#### Содержание работы

Практическое освоение методики построения и оформления маршрутных карт, применяемых при разработке технологических процессов механической обработки изделий.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомится с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскизы детали и обозначить поверхности, подвергающиеся обработке.
4. Определить последовательность обработки отдельных поверхностей детали.
5. Назначить необходимые операции обработки, выбрать инструмент и оборудование.
6. Составить маршрутную карту технологического процесса.
7. Сделать вывод и оформить отчёт.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

#### Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт

#### Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

#### Дополнительная литература

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите правила выбора черновых и чистовых баз при обработке?
2. Основные требования оформления маршрутных карт?

## Практическое занятие № 6

### Разработка операционного маршрутного технологического процесса

#### Цель работы

Ознакомиться с принципами построения и разработки операционных технологических процессов.

#### Содержание работы

Освоение методики разработки операционных технологических процессов. Получение практических навыков разработки и оформления операционных технологических карт.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомится с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскизы детали и обозначить поверхности, подвергающиеся обработке.
4. Определить последовательность обработки отдельных поверхностей детали.
5. Назначить необходимые операции обработки, выбрать инструмент и оборудование.
6. Составить маршрутную карту технологического процесса.
7. Расписать состав и содержание отдельных операций технологического процесса обработки детали.
8. Оформить операционные карты.
9. Сделать вывод и оформить отчёт.

**Форма отчётности:** отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

**Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе**

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

**Рекомендуемые источники**

1. ГОСТ 3.1129-93. Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.

**Основная литература**

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 168с.

**Дополнительная литература**

3. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>
4. Белов, П.С. Основы технологии машиностроения: пособие по выполнению курсовой работы / П.С. Белов, А.Е. Афанасьев. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 117 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с. 79-80 - ISBN 978-5-4475-4081-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275751>

**Контрольные вопросы для самопроверки**

1. Основные правила разработки операционных технологических процессов?
2. Назначение операционных карт и эскизов технологического процесса изготовления изделия?

## 9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата

Учебным планом не предусмотрено.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Adobe Reader.

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<b>Вид занятия</b>	<b>Наименование аудитории</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>	<b>№ Лк, ЛР, ПЗ</b>
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
ЛР	Лаборатория Технологии машиностроения	Учебная мебель; Токарно-винторезный станок 1К62; Горизонтально-фрезерный станок 6Р82Г.	ЛР № 1...№4
ПЗ	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
СР	Читальный зал № 1	Учебная мебель; 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.	<b>1.</b> Основы проектирования технологических процессов. <b>2.</b> Этапы конструкторской разработки изделия. <b>3.</b> Маршрутный и операционный технологический процесс.	1.1. Структура технологических процессов. 1.2. Точность изделия. 2.1. Основы базирования в машиностроении. 2.2. Размерные цепи в машиностроении. 2.3. Содержание технологических процессов. 3.1. Расчет припусков и технологических размеров. 3.2. Порядок проектирования технологических процессов. 3.3. План обработки поверхностей детали.	Экзаменационные вопросы

**2. Экзаменационные вопросы**

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1.	ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.	<b>1.</b> Структура технологических процессов. <b>2.</b> Точность изделия. <b>3.</b> Основы базирования в машиностроении. <b>4.</b> Размерные цепи в машиностроении. <b>5.</b> Содержание технологических процессов. <b>6.</b> Расчет припусков и технологических размеров. <b>7.</b> Порядок проектирования технологических процессов. <b>8.</b> План обработки поверхностей детали.	<b>1.</b> Основы проектирования технологических процессов. <b>2.</b> Этапы конструкторской разработки изделия. <b>3.</b> Маршрутный и операционный технологический процесс.

**3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций**

Показатели	Оценка	Критерии
<b>Знать</b> <i>ОПК-4</i> - проблемы, связанные с машиностроительными производствами; <b>Уметь</b> <i>ОПК-4</i> - разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами; <b>Владеть</b> <i>ОПК-4</i> - навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.	<b>отлично</b>	- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.
	<b>хорошо</b>	- даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы; - твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на полученные знания; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - владеет системой основных понятий дисциплины.
	<b>удовлетворительно</b>	- даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без достаточного обоснования; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении полученных знаний; - слабо аргументирует научные положения; - частично владеет системой основных понятий дисциплины.
	<b>не удовлетворительно</b>	- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Дисциплина «Основы технологии машиностроения» направлена на изучение основных проблем, связанных с машиностроительными производствами, приобретение умений решения задач по разработке обобщенных вариантов решения проблем машиностроительных производств, а также формирование навыков выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения. Процесс прохождения дисциплины включает изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области проектирования технологических процессов изготовления, обработки и сборки изделий в производственных условиях.

Изучение дисциплины «Основы технологии машиностроения» предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- самостоятельную работу;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Основы проектирования технологических процессов» студенты должны уяснить структуру технологических процессов, а также методы и правила обеспечения точности изделий.

В ходе освоения раздела 2 «Этапы конструкторской разработки изделий» студенты должны раскрыть основные требования базирования в машиностроении, ознакомиться с методами построения и расчета размерных цепей, а также уяснить особенности содержания технологических процессов.

В ходе освоения раздела 3 «Маршрутный и операционный технологический процесс» студенты должны ознакомиться с порядком расчета и назначения технологических припусков и размеров, уяснить порядок проектирования технологических процессов и научиться составлять план обработки поверхностей детали.

Необходимо овладеть умениями разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами. Получить навыки выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется обратить внимание на особенности проектирования технологических процессов с применением современного оборудования с числовым программным управлением, а также на возможности прогрессивных технологий.

Овладение ключевыми понятиями является необходимым для корректного оперирования общепринятыми терминами при подготовке выпускной квалификационной работы.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить вопросам классификации технологических процессов и машиностроительных производств, выбора рациональных схем базирования деталей в процессе их изготовления, а также разработки маршрутных и операционных технологических процессов.

В процессе проведения лабораторных работ, практических занятий, происходит закрепление знаний о проблемах, связанных с машиностроительными производствами, приобретение умений решения задач по разработке обобщенных вариантов решения проблем машиностроительных производств, а также формирование навыков выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления с предложенной основной и дополнительной литературой для последующего рассмотрения вопросов, связанных с проектированием технологических процессов.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной, активной, инновационной формах с дискуссией в сочетании с внеаудиторной работой.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Основы технологии машиностроения**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является – формирование знаний и навыков использования технологий, систем и средств технического оснащения машиностроительных производств для разработки и внедрения оптимальных технологических процессов изготовления изделий с эффективным использованием материалов, оборудования, инструментов, оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение основных проблем, связанных с машиностроительными производствами;
- решение задач, связанных с разработкой обобщенных вариантов решения проблем машиностроительных производств;
- формирование навыков выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.

**2. Структура дисциплины**

2.1. Распределение трудоёмкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 34 часа; лабораторные работы – 51 час; практические занятия – 17 часов; самостоятельная работа – 87 часов.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 216 часов, 6 зачетных единиц.

2.2. Основные разделы дисциплины:

1. Основы проектирования технологических процессов.
2. Этапы конструкторской разработки изделия.
3. Маршрутный и операционный технологический процесс.

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-4 – способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.

**4. Вид промежуточной аттестации: Экзамен.**



*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.	<p><b>1.</b> Основы проектирования технологических процессов.</p> <p><b>2.</b> Этапы конструкторской разработки изделия.</p> <p><b>3.</b> Маршрутный и операционный технологический процесс.</p>	<p>1.1. Структура технологических процессов.</p> <p>1.2. Точность изделия.</p> <p>2.1. Основы базирования в машиностроении.</p> <p>2.2. Размерные цепи в машиностроении.</p> <p>2.3. Содержание технологических процессов.</p> <p>3.1. Расчет припусков и технологических размеров.</p> <p>3.2. Порядок проектирования технологических процессов.</p> <p>3.3. План обработки поверхностей детали.</p>	<p>Отчет по ЛР 1...4</p> <p>Отчет к ПЗ 1...6</p>

**2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций**

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b> <i>ОПК-4</i></p> <p>- проблемы, связанные с машиностроительными производствами;</p> <p><b>Уметь:</b> <i>ОПК-4</i></p> <p>- разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами;</p> <p><b>Владеть:</b> <i>ОПК-4</i></p> <p>- навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.</p>	<b>зачтено</b>	<p>- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы;</p> <p>- ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно;</p> <p>- опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью;</p> <p>- свободно владеет основными понятиями дисциплины.</p>
	<b>не зачтено</b>	<p>- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы;</p> <p>- испытывает трудности в практическом применении полученных знаний;</p> <p>- не может аргументировать научные положения;</p> <p>- не владеет системой основных понятий дисциплины.</p>