

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

ПМ 01 Разработка технологических процессов и управляющих программ для изготовления деталей в металлообрабатывающих и аддитивных производствах, в том числе автоматизированных

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА**

МДК 01.01 Технологический процесс и технологическая документация по обработке заготовок с применением систем автоматизированного проектирования

программы подготовки специалистов среднего звена  
для специальности технического профиля  
15.02.15 *Технология металлообрабатывающего производства*  
на базе основного общего образования  
с получением среднего общего образования

Разработчик: Цыбина Татьяна Васильевна  
преподаватель ГАПОУ СО «СКПТиАС»

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	3
Введение	4
1 Общая часть	5
1.1. Анализ исходных данных, описание назначения детали и её материала	5
1.2. Анализ технологичности детали	6
1.3. Выбор и характеристика типа производства	9
2 Специальная часть	11
2.1. Выбор метода получения заготовки	11
2.2. Проектирование технологического маршрута обработки детали	13
2.3. Проектирование операций технологического процесса обработки детали	17
3 Расчетная часть	19
3.1 Расчет промежуточных припусков и промежуточных размеров	19
3.2 Расчёт режимов резания на операции технологического маршрута	21
3.3 Расчет нормы времени на операции технологического маршрута	28
Заключение	30
Список использованных источников	31
Общие требования к оформлению курсового проекта	32
Приложение 1	35
Приложение 2	36
Приложение 3	37
Приложение 4	39
Приложение 5	51
Приложение 6	65
Приложение 7	74
Приложение 8	76

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.15 Технология металлообрабатывающего производства в соответствии с рабочей программой ПМ 01 Разработка технологических процессов и управляющих программ для изготовления деталей в металлообрабатывающих и аддитивных производствах, в том числе автоматизированных.

Курсовой проект имеет своей целью систематизировать и закрепить знания студентов, полученные при изучении ПМ 01 Разработка технологических процессов и управляющих программ для изготовления деталей в металлообрабатывающих и аддитивных производствах, в том числе автоматизированных, а именно МДК 01.01 Технологический процесс и технологическая документация по обработке заготовок с применением систем автоматизированного проектирования.

Полученные в процессе курсового проекта навыки помогут студентам правильно ориентироваться в технических вопросах при выполнении дипломной работы.

При работе над курсовым проектом особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студентов, с целью развития его инициативы, в решении технологических и организационных задач при разработке технологического маршрута механической обработки заданной детали.

Все вопросы технологии и её организации, разработанные в курсовом проекте, должны отвечать реальным целям, стоящим перед производством.

Задание для курсового проекта выдаётся учебной частью колледжа на специальном бланке, с приложением чертежа детали.

Курсовой проект оформляется согласно методическому пособию.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В введении курсового проекта необходимо отразить важность и актуальность металлообрабатывающего производства, увязывая их с заданной темой. Необходимо показать, как влияют на производительность труда автоматизация производственных процессов. Какие факторы влияют на качество выпускаемой продукции и за счёт чего можно повысить технологический уровень производства. Особое внимание студент должен обратить на развитие той отрасли машиностроения, к которой относится тема курсового проекта.

Введение должно быть увязано с темой курсового проекта и по объёму не должно превышать двух страниц.

## 1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

### 1.1 Анализ исходных данных, описание назначения детали и её материала

«Анализ исходных данных, описание назначения детали и её материала» должен содержать следующую информацию:

1.1.1. Рисунок 3D-модели детали, выполненный в САД-системе.

1.1.2. Определение детали в изделии и факторов, влияющих на износ детали при эксплуатации изделия.

1.1.3. Рисунок чертежа детали, выполненный в САД-системе.

1.1.4. Анализ технических требований на деталь, указанных на чертеже.

1.1.5. Анализ материала детали, содержит информацию о материале детали, её химическом составе и механических свойствах.

Таблица 1.1 Химический состав \_\_\_\_\_ ГОСТ \_\_\_\_\_

Химические элементы*				
%				

\* Не учтенные примеси

Таблица 1.2 Механические свойства \_\_\_\_\_ ГОСТ \_\_\_\_\_

Предел прочности при растяжении	Предел текучести	Относительное удлинение образца при разрыве	Относительное сужение сечения	Ударная вязкость
$\sigma_v, \text{МПа}$	$\sigma_t, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	$KCV, \text{мДж/м}^2$

Для заполнения таблиц рекомендуется использовать справочник «Материалы и Сортаменты для САД-систем». Назначение материала детали описывают на основании данных ГОСТа на соответствующие материалы.

## 1.2. Анализ технологичности детали

Главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкции, являются:

- вид изделия, степень его надёжности и сложности, условия изготовления, технологического ремонта и обслуживания, показатели качества;
- тип производства;
- условия производства, в том числе наличие передового опыта и прогрессивных методов изготовления аналогичных изделий, оборудования, оснастки и т.д.

Исполнителем этой работы является: разработчик конструкторской документации, но к этой работе привлекаются и разработчики технологической документации. При технологической подготовке производства разработчик технологической документации осуществляет контроль за обеспечением технологичности конструкции изделия.

Обеспечение технологичности конструкции включает:

- установление номенклатуры и значений показателей технологичности;
- отработку изделия на технологичность;
- технологический контроль конструкторской документации.

При отработке конструкции на технологичность учитываются качественные и количественные показатели.

*В курсовом проекте будем проводить количественную оценку технологичности конструкции детали.*

Пункт «Анализ технологичности детали» должен содержать следующую информацию:

1.2.1. Рисунок эскиза детали, выполненный в САД-системе с указанием обрабатываемых поверхностей.

1.2.2. Таблицу, заполненную на основании эскиза детали, которая содержит численные значения поверхностей, квалитетов точности и шероховатости

Таблица 1.3 - Поверхности детали

№ п/п	№№ поверхностей	Идентичные поверхности	Квалитет точности	Параметр шероховатости, Ra	Примечания
1					
2					
...					
...					
Итого:					

1.2.3. Количественную оценку технологичности конструкции детали, которую производим по следующим показателям:

### 1. Коэффициент унификации конструктивных элементов детали:

$$K_{yэ} = \frac{Q_{эy}}{Q_э} \quad (1.1)$$

где,  $Q_{эy}$  - число унифицированных конструктивных элементов и размеров (в случае, если размер не является характеристикой одной конкретной поверхности или одна поверхность характеризуется несколькими размерами) конструктивных элементов – резьбы, отверстия, галтели, фаски и т.п.

$Q_э$  - число конструктивных элементов в детали.

В соответствии с ЕСТПП деталь считается технологичной по данному показателю, при  $K_{yэ} \geq 0,6$ .

### 2. Коэффициент точности обработки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}; \quad (1.2)$$

$$A_{cp} = \frac{\sum A \times n_i}{\sum n_i} = \frac{1 \times n_1 + 2 \times n_2 + \dots + 19 \times n_{19}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{19}} \quad (1.3)$$

где,  $A_{cp}$  - средний квалитет точности обработки;

$A$  - квалитет точности обработки;

$n_i$  - число размеров соответствующего квалитета.

Деталь считается технологичной при  $K_T \geq 0,8$ .

### 3. Коэффициент шероховатости:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}; \quad (1.4)$$

$$B_{cp} = \frac{\sum B \times n_i}{\sum n_i} = \frac{1 \times n_1 + 2 \times n_2 + \dots + 14 \times n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}; \quad (1.5)$$

где,  $B_{cp}$  - средний класс шероховатости;

$B$  - класс шероховатости (см. табл. 1.4);

$n_i$  - число поверхностей соответствующего класса шероховатости.

Деталь считается технологичной при  $K_{ш} \geq 0,16$ .

1.2.4. Общий вывод оценки технологичности детали: по коэффициентам точности, шероховатости и унификации деталь технологична.

Таблица 1.4 – Классы шероховатости

Класс	Ra	Rz	Класс	Ra	Rz	Класс	Ra	Rz
	100	1000 800 630 500 400	5	5,0 4,0 3,2	20,0 16,0 12,5	10	0,160 0,125 0,100	0,80 0,63 0,50
1	80 63 50	320 250 200	6	2,5 2,2 1,60	10,0 8,0	11	0,08 0,063 0,050	0,40 0,32 0,25
2	40 30 25	160 125 100	7	1,25 1,00 0,80	6,3 5,0 4,0	12	0,040 0,032 0,025	0,20 0,160 0,125
3	20 16 12,5	80 63 50	8	0,63 0,50 0,40	3,2 2,5 2,0	13	0,020 0,016 0,012	0,100 0,080 0,063
4	10 8,0 6,3	40 3 25,0	9	0,32 0,25 0,20	1,60 1,25 1,00	14	0,010 0,008	0,050 0,040 0,032 0,025

### 1.3. Выбор и характеристика типа производства

Тип производства влияет на выбор оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструментов. В массовом производстве, где оборудование полностью загружено изготовлением однотипных деталей, используются автоматические линии и станки, специальные приспособления, измерительные и режущие инструменты.

В крупносерийном производстве должны преобладать полуавтоматические и автоматические станки и приспособления.

В среднесерийном производстве и мелкосерийном производстве преобладают универсальные станки, оснащённые специализированными приспособлениями. Используются также специализированные станки, станки с ЧПУ и промышленные роботы.

Пункт «Выбор и характеристика типа производства» должен содержать следующую информацию:

1.3.1. Выбор типа производства, который определяем по таблице 1.4 на основании данных о годовом выпуске деталей и массе детали.

Таблица 1.4 - Зависимость типа производства от годового выпуска

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	средне-серийное	крупно-серийное	массовое
< 1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	>200000
1,0-2,5	<10	10-100	100-50000	50000-100000	>100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	30000-75000	>75000
5,0-10,0	<10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

1.3.2. Технологическую характеристику выбранному типу производства.

1.3.3. Величину партии деталей одновременно запускаемых в производство, которую рассчитываем по формуле:

$$n_{\text{пр}} = \frac{N \cdot t}{\Phi} \quad (1.6)$$

где, N - годовой объем выпуска изделия;

t - число дней, на которые делается запас деталей, t = 5...10 дней;

Φ - число рабочих дней в году, Φ = 248 дней.

Корректируем партию деталей по месячной программе:

$$N_m = \frac{N}{12}. \quad (1.7)$$

При  $n_{пр} < N_m$ , необходимо запускать в производство 2 партии деталей:

$$n_{пр} = \frac{N_m}{2}. \quad (1.8)$$

1.3.4. Общий вывод о величине партии деталей запускаемых в производство.

## 2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Выбор метода получения заготовки

Пункт «Выбор метода получения заготовки» должен содержать следующую информацию:

2.1.1. Таблицу, заполненную на основании эскиза детали, которая содержит численные значения поверхностей, размеры, качества точности и шероховатости и предварительный маршрутный технологический процесс обработки габаритных поверхностей детали.

Таблица 2.1 – Точность качество и методы обработки габаритных поверхностей детали

№ поверхности	Размер, мм	Квалитет точности	Параметр шероховатости, Ra	Метод обработки

Предварительный маршрутный технологический процесс обработки габаритных поверхностей детали устанавливают по алгоритму «Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей» (прил. 1) и «Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей» (прил. 2).

2.1.2. Назначенные припуски на обрабатываемые поверхности детали, согласно выбранному маршрутному технологическому процессу обработки габаритных поверхностей детали.

Припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей выбирают по таблице 1 (прил. 3), припуски на чистовое подрезание торцов и уступов определяют по таблице 2 (прил. 3), припуски на фрезерование плоскостей определяют по таблице 3 (прил. 3).

2.1.3. Расчёт размеров на каждую поверхность заготовки, согласно предварительному маршруту технологического процесса обработки габаритных поверхностей детали.

Промежуточные размеры обрабатываемых наружных поверхностей тел вращения, определяем по формуле:

$$D_{Pn} = D_{n+1} + 2Z_{n+1}; \quad (2.1)$$

где  $D_{Pn}$  – расчётный диаметр поверхности на данной операции, мм;

$D_{n+1}$  – диаметр обрабатываемой поверхности детали, на предыдущей операции, мм;

$2Z_{n+1}$  – общий операционный припуск на обработку поверхностей тел вращения, на предыдущей операции, мм.

Промежуточные размеры обрабатываемых внутренних поверхностей тел вращения, определяем по формуле:

$$D_{Pn} = D_{n+1} - 2Z_{n+1}; \quad (2.2)$$

где  $D_{Pn}$  – расчётный диаметр поверхности на данной операции, мм;

$D_{n+1}$  – диаметр обрабатываемой поверхности детали, на предыдущей операции, мм;

$2Z_{n+1}$  – общий операционный припуск на обработку поверхностей тел вращения, на предыдущей операции, мм.

Промежуточные размеры обрабатываемых плоских поверхностей, определяем по формуле:

$$L_{Pn} = L_{n+1} + Z_{n+1}; \quad (2.3)$$

где  $L_{Pn}$  – расчётный линейный размер детали на данной операции, мм;

$L_{n+1}$  – линейный размер детали, на предыдущей операции, мм;

$Z_{n+1}$  – общий операционный припуск обработки плоской поверхности детали, на предыдущей операции (на сторону), мм.

2.1.4. Рисунки двух 3D-моделей заготовок, выполненные в CAD-системе, в соответствии с рассчитанными размерами на каждую поверхность заготовки.

Два возможных варианта получения заготовки, выбираем по таблице 2.2, в соответствии с типом производства.

Таблица 2.2 - Виды заготовок, соответствующие типу производства

<b>Единое и мелкосерийное производство</b>	<b>Серийное и массовое производство</b>	<b>Крупносерийное и массовое производство</b>
1. Прокат	1. Прокат	1. Периодический прокат
2. Отливки в земляные формы	2. Отливки в земляные и металлические формы	2. Отливки в металлические и оболочковые формы
3. Поковки, полученные свободной ковкой.	3. Поковки, полученные в ковочных (подкладочных) штампах	3. Прецизионное литье
		4. Литьё под давлением
		5. Штамповки в закрытых штампах

2.1.5. Коэффициент использования материала по каждому варианту заготовки, который рассчитываем по формуле:

$$K_{им} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} \quad (2.4)$$

где,  $K_{им}$  – коэффициент использования материала;

$m_{дет}$  - масса готовой детали, кг;

$m_{заг}$  – масса заготовки, кг.

Масса детали и массы заготовок рекомендуется рассчитывать в САД-системе, во вкладке «Параметры МЦХ», свойств модели.

2.1.6. Вывод об экономичности по использованию материала, на основании технико-экономических расчётов, и выбор метода получения заготовки.

2.1.7. Чертёж заготовки, выполненный в САД-системе. Припуски на номинальные размеры назначают по ГОСТ в соответствии с видом заготовки (см. прил. 4).

## **2.2. Проектирование технологического маршрута обработки детали**

Пункт «Проектирование технологического маршрута обработки детали» должен содержать следующую информацию:

2.2.1. Технологический маршрут обработки заготовки, который разрабатываем в соответствии с типовыми технологическими процессами изготовления деталей (см. прил. 5) и в соответствии с общими указаниями:

— сначала обрабатывают поверхности, служащие в дальнейшем технологическими базами;

— затем обрабатывают поверхности, с которых снимается наибольший слой металла, что позволяет своевременно обнаруживать и устранять внутренние дефекты в заготовках, а также снять внутренние напряжения;

— обработка остальных поверхностей ведётся в последовательности, обратной степени их точности;

— заканчивают обработку теми поверхностями, которые являются наиболее точными и наиболее важными для нормального функционирования детали;

— вспомогательные операции (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезка канавок, галтелей, зачистка заусенцев и т.п.) выполняют на стадии чистовой обработки;

— отделочные операции, такие, как шлифование, хонингование, притирка и прочие выполняют в последнюю очередь, обычно после термической, химико-термической и других немеханических операций, делящих, как правило, весь техпроцесс на части;

— технический контроль проводят после тех операций, на которых вероятно повышение брака, после сложных дорогостоящих операций, после законченного цикла, а также в конце обработки деталей.

2.2.2. Эскизный вариант маршрута, который является предварительной наметкой технологических операций без подробной проработки их содержания, и разрабатывается одновременно с технологическим маршрутом обработки детали.

Эскизы выполняем в САД-системе, на которых жирными линиями выделим обрабатываемые поверхности. На эскизах символами ЕСТД укажем

технологические базы, с последующим обоснованием выбора чистовых и черновых баз.

При выборе черновых базовых поверхностей будем руководствоваться следующим правилами:

1. Черновая базовая поверхность должна обеспечивать устойчивое положение детали в приспособлении.

2. Черновая базовая поверхность должна занимать чёткое положение относительно других поверхностей.

3. У тех деталей, у которых все поверхности подлежат обработке, за черновые базы принимают поверхности с минимальными припусками.

4. Черновые базы должны быть ровными и чистыми.

5. После первой операции черновая база должна быть заменена на чистовую.

При выборе чистовых базовых поверхностей будем руководствоваться следующим правилами:

1. За чистовые базы принимаются основные поверхности, от которых заданы основные размеры до других обрабатываемых поверхностей.

2. Следует по возможности использовать принцип совмещения баз, т.е. в качестве установочной базы брать поверхность, которая является измерительной базой.

3. Следует по возможности соблюдать принцип постоянства баз, т.е. в ходе обработки на всех основных технологических операциях использовать в качестве установочных баз одни и те же поверхности.

4. Чистовая база должна быть выбрана так, чтобы в процессе механической обработки детали не было недопустимых деформаций от сил резания и зажима.

### 2.2.3. Выбор и описание оборудования для реализации технологических операций

На каждую операцию технологического маршрута выбираем оборудование и приводим техническую характеристику выбранного станка (из паспорта).

Общие правила выбора средств технического оснащения определены Р 50-54-93-88 с учетом типа производства, вида изделия, характера намеченной технологии, возможности группирования операций, использования стандартного оборудования и т.д.

Выбор модели станка определяется, прежде всего, возможностью изготовления на нем деталей необходимых размеров, конфигурации и шероховатости. Если эти требования можно обеспечить на различных станках, то конкретную модель оборудования выбирают из следующих соображений:

- соответствия размеров рабочей зоны станка габаритам заготовки;
- соответствия точности станка заданной точности детали;
- соответствия его производительности расчетной;
- соответствия мощности оборудования потребной мощности;
- возможности автоматизации и механизации выполняемых на этом станке работ;
- обеспечения минимальных затрат по себестоимости продукции...

При выборе оборудования с использованием ЧПУ, кроме вышесказанного необходимо учитывать объем инструментального магазина, количество управляемых координат, постпроцессор и др.

При выборе оборудования можно использовать данные станочного парка реального производства колледжа.

#### 2.2.4. Выбор приспособления для реализации технологических операций

Выбор приспособлений производим в зависимости от вида обработки, типа станка и типа производства, в соответствии с таблицей 2.3.

Таблица 2.3 - Соответствие приспособлений типам производства

Типы производства	
Единичное, серийное	Крупносерийное и массовое
Универсальные и универсально-наладочные приспособления. 1. Патроны самоцентрирующие и 3-х кулачковые; 2. Патроны 4-х кулачковые, с независимым перемещением кулачков. 3. Патроны токарные поводковые; 4. Цанговые патроны; 5. Оправки (цилиндрические, конические и т.д.); 6. Станочные тиски; 7. Кондукторы скальчатые; 8. Столы поворотные; 9. Центры станочные	Специальные приспособления, снабженные быстродействующими зажимными устройствами. 1. Приспособления с гидравлическим комбинированным приводом. 2. Специальные многоместные приспособления со сменными кассетами. 3. Универсальные наладочные приспособления (УНП)

Выбранные приспособления должны обеспечивать:

1. Правильную установку детали.
2. Повышение производительности труда за счет сокращения вспомогательного и основного времени.
3. Надежность и безопасность работы.
4. Расширение технических возможностей станка.

#### 2.2.5. Выбор режущего инструмента для реализации технологических операций

Выбор режущего инструмента зависит от вида станка, метода обработки, материала обрабатываемой детали, требуемой точности, шероховатости поверхностей, типа производства.

В единичном и серийном производствах, используются универсальные инструменты.

В крупносерийном и массовом производствах широко используются специальные инструменты.

Особое значение имеет применение комбинированных инструментов, дающих возможность обрабатывать несколько поверхностей за один проход.

Материал режущей части инструмента выбирается в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала, характера обработки, условий охлаждения инструмента (табл. 2.4).

Таблица 2.4 - Рекомендации по выбору марки режущей части резцов

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Рекомендуемые марки режущей части резцов
Сталь	1. Черновая обработка	T5K10
	2. Получистовая обработка	T15K6
	3. Чистовая обработка	T30K6
Чугун	1. Черновая обработка	BK8
	2. Получистовая обработка	BK6
	3. Чистовая обработка	BK2
Цветные металлы и сплавы	-	P9, P18, P6M5

### 2.2.6. Выбор измерительного инструмента для реализации технологических операций

Измерительный инструмент выбирается в зависимости от вида измеряемой поверхности, размеров поверхности, точности механической обработки поверхностей, типа производства (табл. 2.5).

Таблица 2.5 - Рекомендации по выбору мерительных средств

Измеряемый элемент детали или допуск формы и расположения поверхности	Наименование измерительного средства и его краткая характеристика	
	универсального	специального
1. Наружные поверхности валов 1.1. 5-8-го квалитетов точности и допуски цилиндричности и круглости.	Скоба с ценой деления (ц.д) 0,002 мм.	Калибры, скобы, приборы активного контроля
1.2. 8-10-го квалитетов точности и допуски цилиндричности и круглости.	Микрометр гладкий (ц.д.) 0,01	Калибры, скобы регулируемые
1.3. 11-го квалитета и грубее	Штангенциркуль и ценой деления нониуса 0,1 и 0,05 мм.	Калибр, скобы регулируемые.
2. Отверстия 2.1. 6-10-го квалитетов точности и допуска цилиндричности и круглости.	Индикаторный нутромер с ценой деления 0,01 или 0,001 мм	Калибр-пробка, приборы активного контроля
2.2. 11-го квалитета и грубее	Штангенциркуль и ценой деления нониуса 0,1 и 0,05 мм.	Калибр-пробка
3. Радиальное и торцовое биение, соосность ступеней вала. Соосность наружных и внутренних поверхностей, радиальное и торцовое биение относительно оси отверстия тел вращения с точным отверстием.	Центровое приспособление и индикатор часового типа ц.д. 0,01-0,001 мм в зависимости от допуска измеряемого элемента.	
4. Параллельность плоских поверхностей.	Поверочная плита с ценой деления 0,01-0,001 мм.	
5. Перпендикулярность плоских поверхностей.	Поверочная плита, угольник и набор щупов. Угломер.	

2.2.7. Таблицу «Технологический процесс обработки детали», заполненную на основании пунктов 2.2.1 -2.2.6.

Таблица 2.6 – Технологический процесс обработки детали

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент

2.2.8. *Титульный лист*, электронного технологического документа «Комплект документов на технологический процесс обработки детали», заполненный в соответствии с ГОСТ 3.1105-2011 (Формы и правила оформления документов общего назначения).

2.2.9. *Маршрутные карты и Карты эскизов*, электронного технологического документа «Комплект документов на технологический процесс обработки детали» заполненные на основании таблицы 2.6.

Маршрутная карта (МК) является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления маршрутных карт, применяемых при разработке технологических процессов изготовления или ремонта изделий в основном и вспомогательном производствах, регламентированы согласно ГОСТ 3. 1118—82 (Формы и правила оформления маршрутных карт).

Карта эскизов (КЭ) — основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции, заполняется в соответствии с ГОСТ 3.1105-2011 (Формы и правила оформления документов общего назначения)

### **2.3. Проектирование операций технологического процесса обработки детали**

Для проектирования операций необходимо знать маршрут обработки заготовки, схему ее базирования и закрепления, какие поверхности и с какой точностью нужно обрабатывать; какие поверхности и с какой точностью были обработаны на предшествующих операциях, припуск на обработку.

В курсовом проекте необходимо спроектировать все операции технологического процесса обработки детали.

Пункт «Проектирование операций технологического процесса обработки детали» должен содержать следующую информацию:

2.3.1 Таблицы «Сведения на \_\_\_\_\_ операцию технологического процесса обработки детали», заполненные на каждую операцию разработанного технологического процесса (п.2.2.1).

Таблица 2.7 - Сведения на \_\_\_\_\_ операцию технологического процесса обработки детали

<b>Наименование детали</b>	
<b>Номер операции</b>	
<b>Наименование операции</b>	
<b>Материал детали</b>	
<b>Масса детали</b>	
<b>Профиль и размеры заготовки</b>	
<b>Масса заготовки</b>	
<b>Оборудование</b>	
<b>СОЖ</b>	
<b>Эскиз</b>	
<b>Описание переходов и технологическая оснастка</b>	

Графы «Номер операции» и «Наименование операции» таблицы 2.7, заполняем в соответствии с пунктом 2.2.1.

Графы «Материал детали» и «Масса детали» таблицы 2.7, заполняем в соответствии с пунктом 1.1.

Графу «Профиль и размеры заготовки» и «Масса детали» таблицы 2.7, заполняем в соответствии с пунктами 2.1.7.

Графу «Оборудование» таблицы 2.7, заполняем в соответствии с пунктом 2.2.3.

Графу «Эскиз» таблицы 2.7, заполняем в соответствии с пунктами 2.2.1 и 2.2.2.

Графу «Описание переходов и технологическая оснастка» таблицы 2.7, заполняем в соответствии с пунктами 2.2.4, 2.2.5, 2.2.6.

Технологические переходы следует записывать в соответствии с ГОСТ 3.1702-79 (Правила записи операций и переходов Обработка резанием).

Информацию по технологической оснастке следует записывать для каждого технологического перехода, в следующей последовательности:

1. приспособления;
2. вспомогательный инструмент;
3. режущий инструмент;
4. средства измерения.

2.3.2 *Операционные карты*, проектируемых операций технологического процесса обработки детали, электронного технологического документа «Комплект документов на технологический процесс обработки детали», заполненные на основании таблицы 2.7 и пункта 2.3.3.

Операционные карты (ОК) заполняют в соответствии с ГОСТ 3.1404-86 (Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием).

### 3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Расчет промежуточных припусков и промежуточных размеров

При проектировании технологического процесса механической обработки детали необходимо установить оптимальные припуски, которые бы обеспечивали заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей.

Припуски могут быть операционными и промежуточными.

Операционный припуск – это припуск, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

Припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода, называют промежуточным.

Установление оптимальных припусков играет важную роль при разработке технологических процессов изготовления деталей. Увеличение припусков приводит к повышенному расходу материала и энергии, введению дополнительных технологических переходов, а иногда и операций. Все это увеличивает трудоёмкость и повышает себестоимость изготовления деталей, а значит и уменьшает конкурентоспособность всего изделия в целом.

Необоснованно уменьшенные припуски не дают возможность удалить дефектные слои материала и достичь заданной точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, что может привести к появлению брака.

Имеются два основных метода определения припусков на механическую обработку поверхности: опытно-статистический и расчетно-аналитический.

В курсовом проекте расчёт припусков будем проводить статическим (табличным) методом на 2-е операции технологического процесса механической обработки детали.

Пункт «Расчет промежуточных припусков и промежуточных размеров» должен содержать следующую информацию:

3.1.1. Назначенные припуски на обрабатываемые поверхности детали, в соответствии с маршрутным технологическим процессом обработки поверхностей детали, разработанным в пункте 2.2.

Припуски на обработку поверхностей выбирают из таблиц 1-3 приложения 3.

3.1.2. Расчёт размеров на каждую поверхность детали, согласно маршруту технологического процесса обработки поверхностей детали, разработанному в пункте 2.2.

Промежуточные размеры обрабатываемых наружных поверхностей тел вращения, определяем по формуле:

$$D_{Pn} = D_{n+1} + 2Z_{n+1}; \quad (3.1)$$

где  $D_{Pn}$  – расчётный диаметр поверхности на данной операции, мм;

$D_{n+1}$  – диаметр обрабатываемой поверхности детали, на предыдущей операции, мм;

$2Z_{n+1}$  – общий операционный припуск на обработку поверхностей тел вращения, на предыдущей операции, мм.

Промежуточные размеры обрабатываемых внутренних поверхностей тел вращения, определяем по формуле:

$$D_{Pn} = D_{n+1} - 2Z_{n+1}; \quad (3.2)$$

где  $D_{Pn}$  – расчётный диаметр поверхности на данной операции, мм;

$D_{n+1}$  – диаметр обрабатываемой поверхности детали, на предыдущей операции, мм;

$2Z_{n+1}$  – общий операционный припуск на обработку поверхностей тел вращения, на предыдущей операции, мм.

Промежуточные размеры обрабатываемых плоских поверхностей, определяем по формуле:

$$L_{Pn} = L_{n+1} + Z_{n+1}; \quad (3.3)$$

где  $L_{Pn}$  – расчётный линейный размер детали на данной операции, мм;

$L_{n+1}$  – линейный размер детали, на предыдущей операции, мм;

$Z_{n+1}$  – общий операционный припуск обработки плоской поверхности детали, на предыдущей операции (на сторону), мм.

3.1.3. Предельные отклонения на каждую поверхность детали назначаем согласно ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-2:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов.

Результаты расчетов операционных припусков, межоперационных размеров и размеров заготовки сведём в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 - Операционные припуски, межоперационные размеры и размеры заготовки

Наименование перехода	Размер после обработки	Предельное отклонение, $\delta$		Припуск		Размер до обработки	Длина обработки
		В	Н	Z	2Z		
<i>Номер и наименование операции:</i>							
<i>Наименование поверхности и размеры:</i>							
<i>Номер и наименование операции:</i>							
<i>Наименование поверхности и размеры:</i>							

**Пример:**

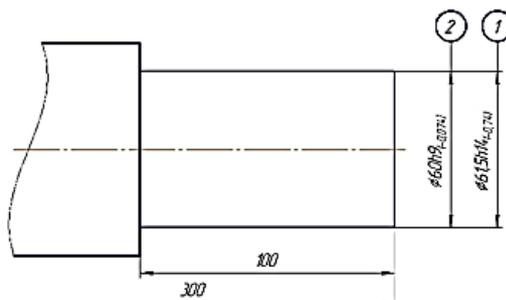


Рисунок – Эскиз детали Вал

Таблица - Операционные припуски, межоперационные размеры и размеры заготовки детали Вал

Наименование перехода	Размер после обработки	Предельное отклонение, $\delta$		Припуск		Размер до обработки	Длина обработки
		V	H	Z	2Z		
<i>Номер и наименование операции: 010 Токарная</i>							
<i>Наименование поверхности и размеры: Цилиндрическая поверхность, Ø60h9<sub>(-0,074)</sub></i>							
Точение чистовое	Ø60 <sub>-0,074</sub>	0	-0,074	0,75	1,5	Ø61,5 <sub>-0,74</sub>	100
Точение черновое	Ø61,5 <sub>-0,74</sub>	0	-0,74	2,25	4,5	Ø65,5 <sub>-0,4</sub> <sup>+0,8</sup>	100
Заготовка	Ø65,5 <sub>-0,4</sub> <sup>+0,8</sup>	+0,8	-0,4				

Полученные результаты расчетов заносят в Операционную карту Комплекта документов на технологический процесс обработки детали.

### 3.2. Расчёт режимов резания и основного времени на операции технологического маршрута

При выборе режимов обработки необходимо придерживаться определенного порядка, т.е. при назначении и расчете режимов резания учитывают тип и размеры режущего инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и мощность оборудования и т.д. Следует помнить, что элементы режимов резания функционально взаимосвязаны между собой.

Определение режимов резания начинают с описания исходных данных, куда входят: наименование и номер операции, содержание (структура) операции, операционный эскиз, технические требования на изготовления детали, паспортные характеристики оборудования, материал заготовки и его механические свойства, сведения об режущем инструменте (материал режущей части, стойкость). Для каждого перехода определяют глубину резания, подачу, скорость резания, частоту вращения, силу резания, крутящий момент и мощность резания.

Полученные режимы резания корректируются по паспортным данным станка и проверяются по мощности его электродвигателя. Необходимо, чтобы потребная мощность резания не превышала номинальную мощность электродвигателя оборудования.

В связи с тем, что аналитический расчет режимов резания является процессом довольно-таки трудоёмким, в курсовом проекте будем определять режимы резания табличным методом на 2-е операции технологического процесса механической обработки детали.

Пункт «Расчёт режимов резания и основного времени на операции технологического маршрута» должен содержать следующую информацию:

3.2.1. Для токарной операции:

3.2.1.1. Длину  $L$  обработки и величину снимаемого припуска (на радиус)  $Z$  по переходам, согласно таблице 3.1.

3.2.1.2. Величину подачи  $S_{об}$  на один оборот заготовки, мм/об (прил. 6, табл. 1-4).

3.2.1.3. Значение расчетной скорости  $v'$  резания, м/мин (прил. 6, табл. 12-13).

3.2.1.4. Расчетное число  $n'$  оборотов в минуту ( $\text{мин}^{-1}$ ) шпинделя станка, которое находим по формуле:

$$n' = \frac{1000 * v}{\pi * D} \quad (3.4)$$

где  $D$  - диаметр обрабатываемой поверхности.

3.2.1.5. Фактическое число  $n$  оборотов в минуту шпинделя станка ( $\text{мин}^{-1}$ ), выбираем по паспортным данным станка, принимая во внимание п. 3.2.1.4, округляя в меньшую сторону.

3.2.1.6. Фактическую скорость  $v$  резания (м/мин), которую определяем по формуле:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000} \quad (3.5)$$

3.2.1.7. Минутную подачу  $S_{мин}$  (мм/мин), которую определяем по формуле:

$$S_{мин} = S_{об} * n \quad (3.6)$$

3.2.1.8. Длину  $L_{вр}$  врезания и длину  $L_{п}$  перебега резца, мм (прил. 6, табл. 20).

3.2.1.9. Расчетную длину  $L_p$ , которую определяем по формуле:

$$L_p = L_{вр} + L + L_{п} \quad (3.7)$$

3.2.1.10. Основное время  $t_{oi}$ , для каждого перехода (мин), которое определяем по формуле:

$$t_{oi} = \frac{L_{pi} * i}{S_{i\text{мин}}} \quad (3.8)$$

где  $i$  – переход.

3.2.1.11. Основное время  $t_o$  для всей операции, которое определяем по формуле:

$$T_o = \sum t_{oi} \quad (3.9)$$

3.2.2. Для фрезерной операции:

3.2.2.1. Длину  $L$  обработки и величину снимаемого припуска  $Z$  по переходам, согласно таблице 3.1.

3.2.2.2. Величину подачи  $S_Z$  на один зуб фрезы, мм/зуб (прил. 6, табл. 5).

3.2.2.3. Значение скорости  $v$  резания, м/мин (прил. 6, табл. 14-16).

3.2.2.4. Расчетное число  $n'$  оборотов в минуту ( $\text{мин}^{-1}$ ) шпинделя станка, которое находим по формуле:

$$n' = \frac{1000 * v}{\pi * D_{\phi}} \quad (3.10)$$

где  $D_{\phi}$  - диаметр фрезы.

3.2.2.5. Фактическое число  $n$  оборотов в минуту шпинделя станка ( $\text{мин}^{-1}$ ), выбираем по паспортным данным станка, принимая во внимание п. 3.2.2.4, округляя в меньшую сторону.

3.2.2.6. Подачу на один оборот фрезы  $S_{об}$  (мм/об), которую определяем по формуле:

$$S_{об} = S_Z * z \quad (3.11)$$

3.2.2.7. Минутную подачу  $S_{мин}$  (мм/мин), которую определяем по формуле:

$$S_{мин} = S_{об} * n \quad (3.12)$$

3.2.2.8. Длину  $L_{вр}$  врезания и длину  $L_{п}$  перебега фрезы, мм (прил. 6, табл. 21-22) и диаметр фрезы  $D_{\phi}$  (рис. 3.1).

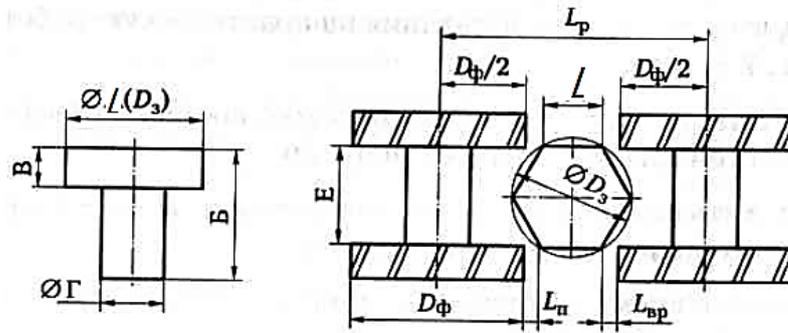


Рисунок 3.1 – Схема фрезерования в три перехода

3.2.2.9. Расчетную длину  $L_p$ , которую определяем по формуле:

$$L_p = L + (L_{вп} + L_{п}) + D_{\Phi} \quad (3.11)$$

3.2.2.10. Основное время  $t_{oi}$ , для каждого перехода (мин), которое определяем по формуле:

$$t_{oi} = \frac{L_p i}{S_{i_{мин}}} \quad (3.12)$$

где  $i$  – переход.

3.2.2.11. Основное время  $T_o$  для всей операции, которое определяем по формуле:

$$T_o = \sum t_{oi} \quad (3.13)$$

3.2.3. Для шлифовальной операции:

3.2.3.1. Диаметр  $D$  и длину  $L$  обработки и величину снимаемого припуска (на сторону)  $Z$  по переходам, согласно таблице 3.1.

3.2.3.2. Выбор способа подачи абразивного круга (рис. 3.2).

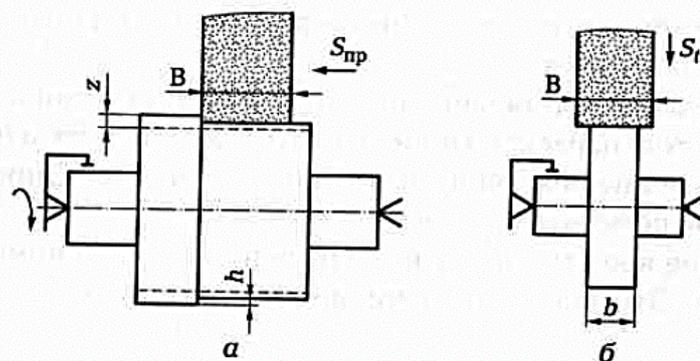


Рисунок 3.2 – Шлифование наружной цилиндрической поверхности:  
а – методом продольной подачи; б – методом врезания

3.2.3.3. Величину продольной подачи  $S_{пр}$  на один оборот заготовки, мм/об, которую находим по формуле:

$$S_{\text{пр}} = S_B * B \quad (3.14)$$

где  $S_B$  – продольная подача, доли ширины круга (прил. 6, табл. 6-7);  
 $B$  – ширина абразивного круга.

3.2.3.4. Значение скорости вращения заготовки  $v$ , м/мин (прил. 6, табл. 17).

3.2.3.5. Подачу на глубину на ход стола  $S_t$ , мм/ход ст. [1, табл. П11.18]

3.2.3.6. Расчетное число  $n'$  оборотов в минуту ( $\text{мин}^{-1}$ ) заготовки, которое находим по формуле:

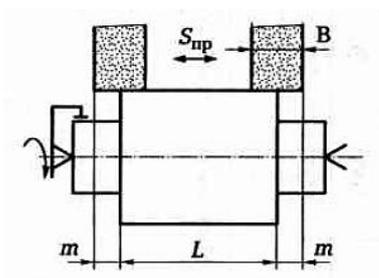
$$n' = \frac{1000 * v}{\pi * D} \quad (3.15)$$

где  $D$  - диаметр шлифуемой поверхности.

3.2.3.7. Фактическое число  $n$  оборотов в минуту заготовки ( $\text{мин}^{-1}$ ), выбираем по паспортным данным станка, принимая во внимание п. 3.2.3.6, округляя в меньшую сторону.

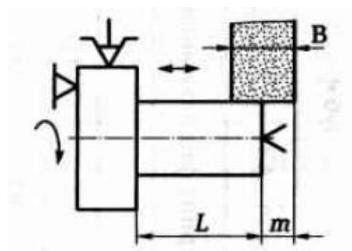
3.2.3.8. Длину хода рабочего стола  $L_x$  (мм), которую определяем по формулам:

1 вариант:



$$L_x = L - (1 - 2m) * B \quad (3.16)$$

2 вариант:



$$L_x = L - (1 - 2m) * B \quad (3.17)$$

где  $L$  – длина обработки, мм;

$m$  – перебег в долях ширины круга [1, табл. П11.17];

$B$  – ширина абразивного круга.

3.2.3.9. Основное время  $t_{oi}$ , для каждого перехода, которое определяем по

формулам:

при круглом шлифовании методом врезания:

$$t_{oi} = \frac{h*k}{n*t} \quad (3.18)$$

при круглом шлифовании методом продольной подачи:

$$t_{oi} = \frac{L*h*k}{B*S_B*n*t} \quad (3.19)$$

где  $L$  — длина хода стола, мм;

$h$  — припуск на сторону, мм;

$k$  — коэффициент доводки,  $k = 1,1 \div 1,4$ ;

$B$  — ширина абразивного круга, мм;

$S_B$  — величина доли ширины круга;

$n$  — скорость вращения заготовки,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$t$  — поперечная подача абразивного круга или глубина шлифования, мм/ход стола;

$i$  — переход.

3.2.3.10. Основное время  $T_o$  для всей операции (мин), которое определяем по формуле:

$$T_o = \sum t_{oi} \quad (3.20)$$

3.2.4. Для сверлильной операции:

3.2.4.1. Диаметр  $\emptyset$  и длину  $L$  обработки.

3.2.4.2. Величину снимаемого припуска (на радиус)  $Z = \emptyset/2$  по переходам ( $Z=t$ )

3.2.4.3. Величину подачи  $S_{об}$  на один оборот заготовки, мм/об (прил. 6, табл. 8).

3.2.4.4. Значение расчетной скорости  $v'$  резания, м/мин (прил. 6, табл. 18-19).

3.2.4.5. Расчетное число  $n'$  оборотов в минуту ( $\text{мин}^{-1}$ ) шпинделя станка, которое находим по формуле:

$$n' = \frac{1000*v}{\pi*D} \quad (3.21)$$

где  $D$  - диаметр сверла;

$n$  — число оборотов шпинделя в мин.;

$\pi = 3,14$  — постоянное число.

3.2.4.6. Фактическое число  $n$  оборотов в минуту шпинделя станка ( $\text{мин}^{-1}$ ), выбираем по паспортным данным станка, принимая во внимание п. 3.2.4.5, округляя в меньшую сторону.

3.2.4.7. Фактическую скорость  $v$  резания ( $\text{м/мин}$ ), которую определяем по формуле:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000} \quad (3.22)$$

3.2.4.8. Суммарную длину врезания и длину перебега сверла  $L$ , мм (прил. 6, табл. 23).

3.2.4.9. Основное время  $t_{oi}$ , для каждого перехода (мин), которое определяем по формуле:

$$t_{oi} = \frac{L_i}{S_{i\text{мин}}} \quad (3.23)$$

где  $i$  – переход.

3.2.4.10. Основное время  $T_o$  для всей операции, которое определяем по формуле:

$$T_o = \sum t_{oi} \quad (3.24)$$

Результаты расчетов режимов резания по операциям проектируемого технологического процесса сведём в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 - Режимы резания по операциям проектируемого технологического процесса (пример)

Операция	Режим резания					
	Глубина резания, $t$ , мм	Число проходов, $i$	Подача, $S^*$	Частота вращения, $n$ , $\text{мин}^{-1}$	Скорость резания, $v$ , м / мин.	Основное время, $T_o$ , мин.
015 Токарно-винторезная	1,2	1	0,6	500	94,2	...
020 Токарная с ЧПУ	...	...	...	...	...	...
025 Токарная с ЧПУ	...	...	...	...	...	...
030 Токарно-винторезная	...	...	...	...	...	...
035 Фрезерная с ЧПУ	...	...	...	...	...	...
040 Токарная с ЧПУ	...	...	...	...	...	...
050 Слесарная	-	-	-	-	-	...
055 Сверлильная с ЧПУ	...	...	...	...	...	..
и т. д. по операциям	...	...	...	...	...	...

\* Для токарной и сверлильной операций указываем подачу на оборот  $S_o$  ст, мм/об, для фрезерной операции указываем минутную подачу  $S_m$  ст, мм/мин.

Полученные результаты расчетов заносят в Операционную карту Комплекта документов на технологический процесс обработки детали.

### 3.3 Расчет нормы времени на операции технологического процесса

Техническая норма времени на обработку заготовки является одним из основных параметров для расчета стоимости детали, количества металлорежущего оборудования, заработной платы рабочих, планирования производства.

Техническую норму времени определяют на основе технических возможностей станочного оборудования, технологической оснастки, режущего инструмента, схемы построения операции и переходов, автоматизации процесса обработки детали. В массовом производстве рассчитывается штучное время, в серийном и единичном – штучно-калькуляционное.

Пункт «Расчет нормы времени на операции технологического процесса» должен содержать следующую информацию:

3.3.1. Вспомогательное время на операцию  $T_{в}$ , мин (прил. 7, табл. 1-2).

3.3.2. Оперативное время  $T_{оп}$  (мин), которое определяем по формуле:

$$T_{оп} = T_o + T_{в}. \quad (3.25)$$

3.3.3. Штучное время  $T_{шт}$  (мин), которое определяем по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_{в} + T_{орг} + T_{т.о} + T_{отд}, \quad (3.26)$$

где  $T_o$  – основное время, мин;

$T_{в}$  – вспомогательное время, мин;

$T_{орг}$  – время на организационное обслуживание рабочего места, мин;

$T_{т.о}$  – время на техническое обслуживание рабочего места, мин;

$$(T_{орг} + T_{т.о}) = (0,8...2,5\%) T_{оп}$$

$T_{отд}$  – время на отдых и личные надобности рабочего (мин), в условиях серийного производства 4...6% от оперативного времени: в массовом 5...8%.

3.3.4. Штучно-калькуляционное время  $T_{шт-к}$  (мин), которое определяем по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}, \quad (3.27)$$

где  $T_{п.з}$  – подготовительно-заключительное время, мин;  $T_{п.з}$  рассчитывается только для серийного производства, (прил. 7, табл. 3-5);

$n$  – количество деталей в партии, шт., (серийное производство).

Результаты расчетов Нормы штучно – калькуляционного времени по операциям сведём в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 - Нормы штучно – калькуляционного времени по операциям

№ операции	$T_o$ , мин	$T_b$ , мин	$T_{шт}$ , мин	$T_{п.з}$ , мин	$T_{шт.к.}$ , мин

Полученные результаты расчетов заносят в Комплект документов на технологический процесс обработки детали.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В заключении курсового проекта делаем основные выводы по решению поставленных в курсовом проекте задач, технико-экономическую оценку принятых в проекте технологических и технических решений. При этом необходимо конкретно указать, за счет каких технологических или конструкторских мероприятий достигнуты положительные результаты: повышена производительность труда и оборудования, улучшено качество продукции и т.п.

Заключение по объёму не должно превышать двух страниц.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вереина Л.И., Технологическое оборудование: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Б.И. Черпаков Л.И. Вереина. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2020. — 336 с.
2. Ильянков А.И., Технология машиностроения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А.И. Ильянков. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2020. — 352 с.
3. Сысоев С. К., Сысоев А. С., Левко В. А. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для СПО/ С.К.Сысоев . - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 352 с.
4. Рахимянов Х. М., Технологическая оснастка : учебное пособие для среднего профессионального образования / Х. М. Рахимянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынов, В. В. Янпольский. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 265 с.
5. Романенко, В. И., Оформление технологической документации : пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / В. И. Романенко, Н. В. Шкинъ. — Минск: БНТУ, 2019. – 87 с.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Работа начинается с титульного листа, где указаны полные реквизиты учреждения, на базе которого осуществляется разработка КП, и сведения о разработчике и руководителе.

*Макет Задания на курсовой проект, Титульного листа и Отзыва на курсовой проект размещен в приложении 8.*

*Формат бумаги – А4 (210 х 297 мм.). Ориентация книжная. Параметры страницы в меню «Файл» (поля: левое – 20 мм, правое – 15 мм, верхнее – 20 мм и нижнее – 20-25 мм). Положение переплета – слева.*

*Отсчет страниц* начинается с титульного листа. Номер страницы ставится по правой стороне нижнего поля листа, начиная с листа «Содержание», которое нумеруется цифрой 2.

*Заголовки структурных частей КП (ОГЛАВЛЕНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ГЛАВА, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ)* пишутся прописными (заглавными) буквами, с выравниванием по центру. Шрифт Times New Roman, кегль (размер шрифта) – 14, полужирный, междустрочный интервал полуторный. В тексте работы названия глав полностью пишутся прописными буквами, кегль (размер шрифта) – 14, полужирный, междустрочный интервал полуторный.

*Заголовок параграфа* отделяется от заголовка главы тройным одинарным интервалом (одной пустой строкой при полуторном интервале). Текст отделяется от заголовка параграфа тройным одинарным интервалом (одной пустой строкой при полуторном интервале). Выравнивание по центру. В конце наименования главы точка не ставится. Перенос слов не допускается.

*Главы* нумеруются по всей работе арабскими цифрами, номер главы отделяется от названия точкой. Новая глава, как и другие структурные элементы работы, начинается с нового листа.

*Параграфы* нумеруются арабскими цифрами в пределах каждой главы. Номер параграфов состоит из номера главы и собственного номера параграфа, разделенных точкой. Номер параграфа отделяется от названия точкой.

*Заголовки параграфов* оформляют строчными (кроме первой буквы — прописной) буквами, шрифт – полужирный. В конце заголовка точку не ставят. Подчеркивать заголовки и переносить слова в заголовках не допускается. Выравнивание по центру.

Не разрешается оставлять заголовки в нижней части страницы, помещая текст на следующей.

*Параметры шрифта текста работы:* Шрифт Times New Roman, начертание – обычный, кегль (размер шрифта) – 14. Междустрочный интервал полуторный. Выравнивание по ширине. Абзацный отступ (красная строка) – 1,25 см. Цвет текста – Авто или Черный. Текст печатается с одной стороны листа. В тексте используются кавычки «елочки». Не допускается применять кавычки “лапочки”.

При использовании дефиса «-», среднего тире «—» (ctrl + минус на боковой клавиатуре с цифрами) или длинного тире «—» (ctrl + alt+ минус на боковой клавиатуре с цифрами), выбирайте именно тот знак, который вам необходим.

Из всех общепринятых сокращений в КП используется только сокращение «и т.д.», а все остальные – пишутся полностью. При обозначении века используются только римские цифры. Например: «XX век». Инициалы и фамилия пишутся без пробелов. Например: «А.П.Чехов».

*При оформлении таблиц*, размещаемых как внутри текста, так и на отдельных листах, строка «Таблица 1» выравнивается по левому краю листа, через тире пишется название таблицы без кавычек и точки в конце. Название таблицы не выделяется полужирным и выравнивается по центру. При наличии в тексте единственной таблицы номер ей не присваивается. Если таблица не умещается на одной странице, ее колонки нумеруются, и на следующей странице повторяется строка с номерами колонок без повторения их названия.

*В ячейках таблицы:*

- допускается применять размер шрифта меньший, чем в основном тексте (12-13);
- применяется одинарный интервал;
- не должно быть абзацного отступа;
- цифровые значения выравниваются по центру, буквенные – по левому краю;
- центровка производится по горизонтали и вертикали;
- заголовки колонок и строк таблицы пишутся с прописной буквы, а подзаголовки колонок – со строчной (если они составляют одно предложение с заголовком).

*При оформлении иллюстративного материала* (графиков, диаграмм, фотографий), размещенных как внутри текста, так и на отдельных листах, под иллюстративным материалом пишется слово «Рисунок», проставляется его номер арабской цифрой, после которой ставится тире, и с прописной буквы пишется название и, при необходимости, поясняющий текст. Название рисунка выравнивается по центру. Точка в конце названия рисунка не ставится. При наличии в тексте единственного рисунка номер ему не присваивается.

Для таблиц и рисунков, размещенных в основном тексте работы, допустима только сквозная нумерация (отдельная для таблиц и отдельная для рисунков) арабскими цифрами по всему тексту. После названия рисунка и после таблицы всегда пропускается одна строка.

Таблицы и рисунки должны размещаться сразу после ссылки (первого упоминания) на них в тексте на данном листе или (если это невозможно) в начале следующего. Ссылка дается по типу «рис.1» в скобках или без них в зависимости от контекста предложения. При всех последующих ссылках на таблицу или рисунок эти ссылки дают с сокращенным словом «смотри». Например: «(см. рис. 2)». Сокращения «табл.» и «рис.» применяют в тех случаях, когда таблицы и рисунки имеют номера.

*Оформление ссылки* на использованный источник осуществляется в конце предложения в квадратных скобках с указанием номера книги (источника) в списке источников и литературы, а при дословном цитировании, и с указанием номера страницы, с которой взята цитата. Например: «[4, с.25]». Точка

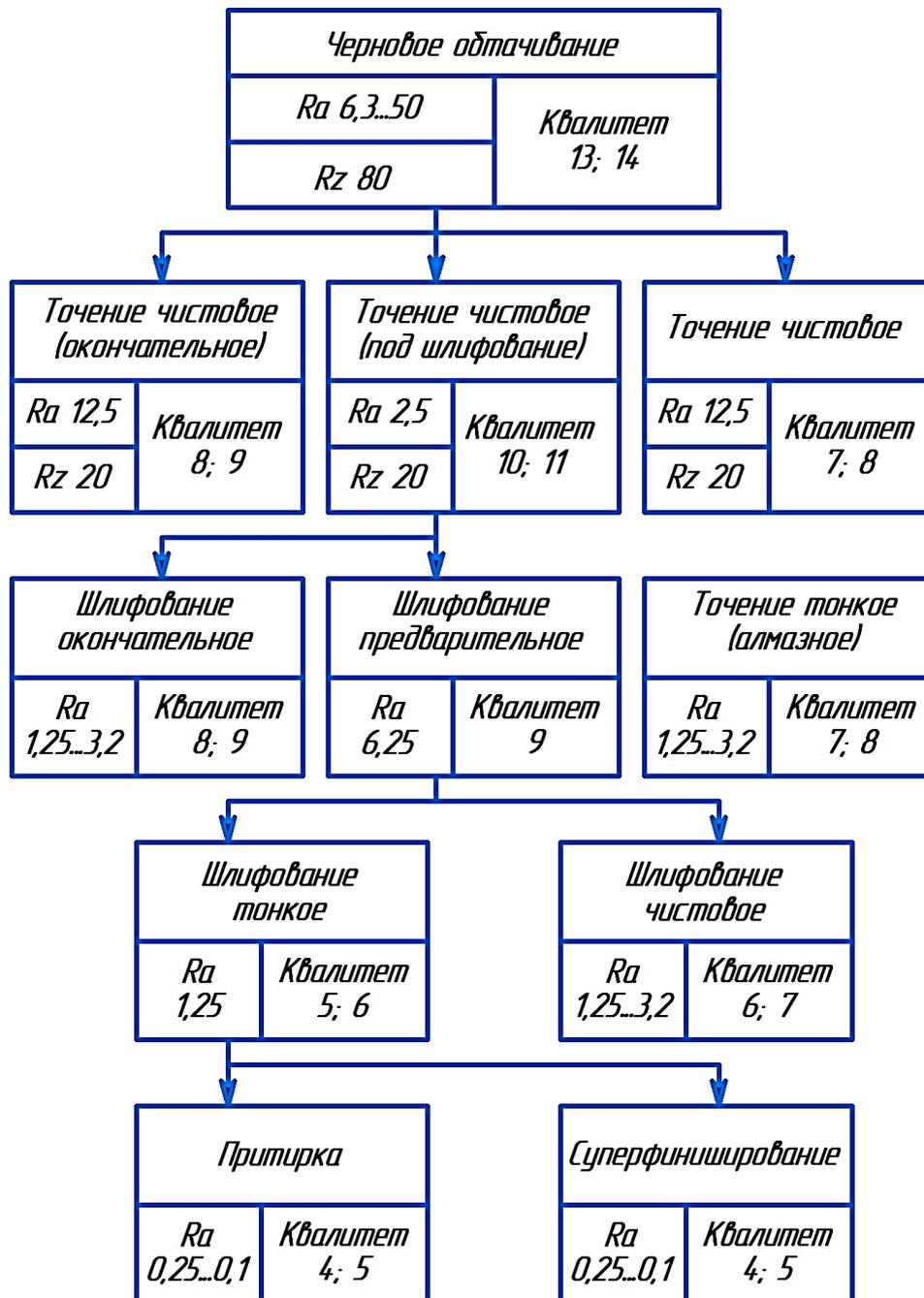
в предложении со ссылкой на источники ставится после ссылки за квадратными скобками.

*Библиографическое описание* источников в списке источников литературы осуществляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 СИБД «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

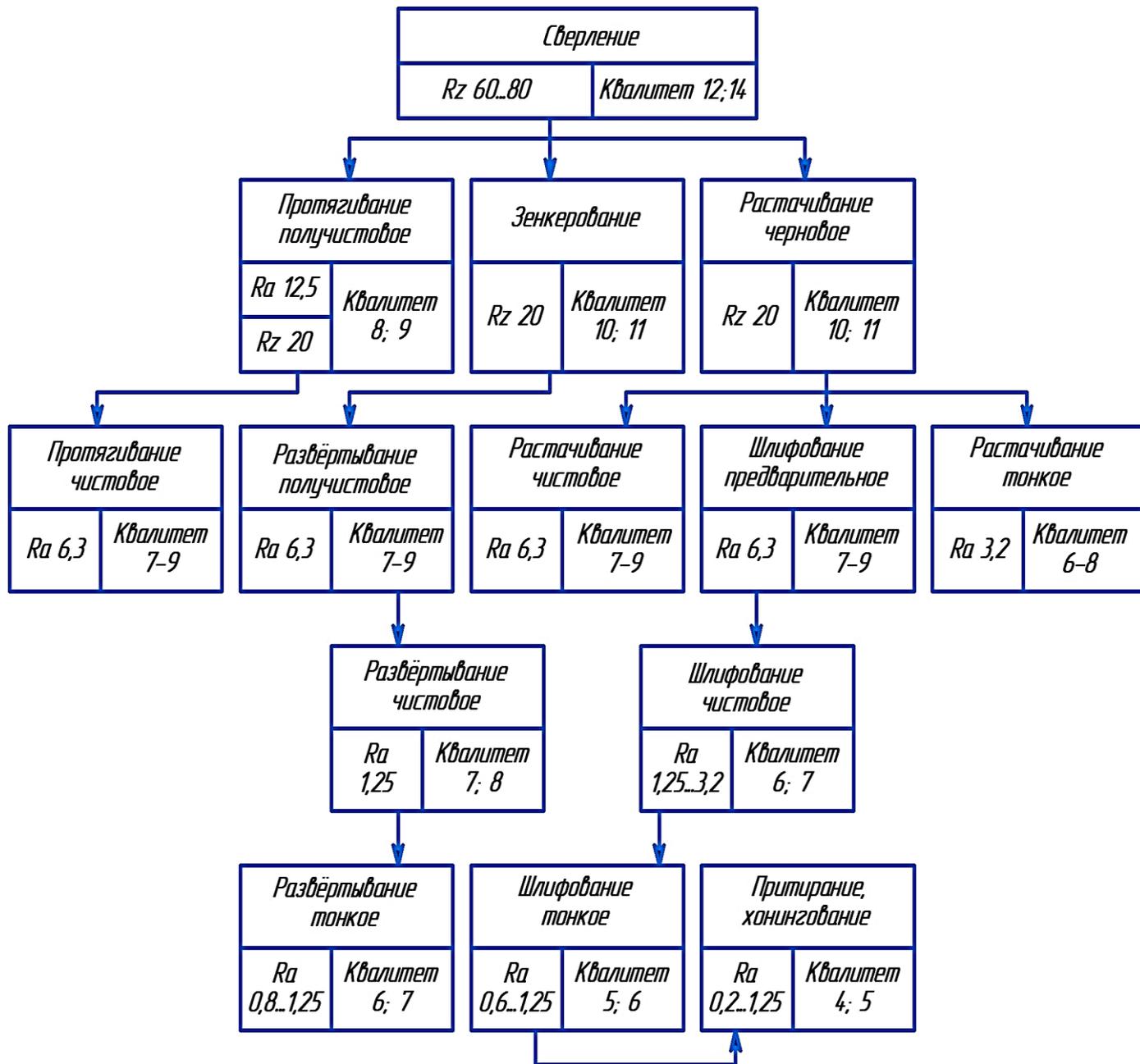
Документы в списке источников и литературы должны быть расположены в следующей последовательности:

- правительственные документы федерального уровня (законы, постановления, приказы, распоряжения);
- правительственные документы краевого и областного уровня (законы, постановления, приказы, распоряжения);
- стандарты и технические регламенты;
- книги и статьи на русском языке (по алфавиту фамилий авторов или названий в случае отсутствия автора);
- книги и статьи на иностранном языке (по алфавиту фамилий авторов или названий в случае отсутствия автора);
- электронные ресурсы локального доступа;
- электронные ресурсы удаленного доступа.

**ПРИМЕРНЫЕ МАРШРУТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**



**ПРИМЕРНЫЕ МАРШРУТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**



**Таблица 1 - Операционные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей**

Номинальный диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Вид операции	Расчетная длина обработки, мм					
		до 25	25...63	63...100	100...160	160...250	250...400
		Припуск на диаметр, мм					
До 5	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	—
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
6...10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,3
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
10...18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
18...30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
30...50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
50...80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
80...120	Точение черновое	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
120...200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6

**Таблица 2 - Припуски на чистовое подрезание торцов и уступов**

Диаметр заготовки, мм	Общая длина заготовки, мм					
	до 18	18...50	50...120	120...260	260...500	свыше 500
	Операционные припуски, мм					
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
30...50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50...120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
120...300	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5

**Таблица 3 - Операционные припуски на фрезерование плоскостей**

Толщина заготовки, м	Черновое фрезерование после грубого						Чистовое фрезерование после чернового					
	Ширина фрезерования, мм											
	до 200			200...400			до 200			200...400		
	Длина фрезерования, мм											
	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400
	Припуск на толщину, мм											
6...30	1,0	1,2	1,5	1,2	1,5	1,7	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30...50	1,0	1,5	1,7	1,5	1,5	2,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2
Свыше 50	1,5	1,7	2,0	1,7	2,0	2,5	1,0	1,3	1,5	1,3	1,5	1,5

### **1. Заготовки из проката**

Для изготовления деталей методами резания может применяться сортовой и специальный прокат. Сортовой прокат следует применять в тех случаях, когда профиль детали близко подходит к профилю проката. Прокат может также применяться в качестве исходных товарных заготовок - болванок под ковку и штамповку.

Простые сортовые профили общего назначения - круглые и квадратные (ГОСТ 2590-2006), шестигранные (ГОСТ 2879-2006) и полосовые (ГОСТ 103-2006) используют для изготовления гладких ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней, стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, фланцев.

Трубный прокат - стальной бесшовный холодный, горячекатаный, холодноотянутый (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75) - служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, стаканов, барабанов, роликов, пустотелых валов.

Горячепрессованные профили сложной формы (пустотелые, полузамкнутые) применяют при изготовлении скоб, направляющих элементов, прижимов.

Периодические профили проката соответствуют изготавливаемым из них деталям.

Точность горячекатаного проката ориентировочно соответствует 12-14 качеству, холодноотянутого - 9-12 качеству.

Специальный прокат применяется в условиях крупносерийного и массового производства, что позволяет полностью исключить механическую обработку детали.

Заготовки для деталей из проката получают, разрезая прутки на мерные части.

### **2. Кованые и штампованные заготовки**

Кузнечно-штамповочное производство уступает литейному в возможной сложности конфигурации получаемых деталей, но имеет преимущества в прочности и надежности выпускаемой продукции. Поэтому, наиболее ответственные детали машин изготавливают из кованых и штампованных заготовок, т.к. механические свойства металла выше чем у литых материалов.

Технологический процесс получения заготовок обработкой давлением отличается также высокой производительностью.

Обработкой давлением получают заготовки с помощьюковки, штамповки и других специальных процессов.

Ковкой получают поковки простой формы до 350 т с большими напусками в единичном и мелкосерийном производствах.

Поковки массой до 500-1000 кг получают на паровоздушных молотах, а более крупные на гидравлических прессах. Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали при ковке на молотах определяют по ГОСТ 7829-70, а для поволоков, изготовляемых ковкой на прессах по ГОСТ 7062-90.

Главное преимуществоковки состоит в возможности обрабатывать тяжелые слитки стали и получать поковки, массой десятки и сотни тонн, диаметром в несколько метров и длиной в десятки метров.

Ковкой изготовляют колонны, валы-тяги, штанги, шпиндели, прокатные и шестеренчатые валки, ротора генераторов и турбин и др.

В курсовых проектах часто применяются наиболее прогрессивные и производительные способы получения заготовок давлением (штамповкой) в условиях серийного и массового производства.

Характеристика некоторых таких методов приведена в таблице 1.

Штамповка на кривошипных прессах в 2-3 раза производительнее по сравнению со штамповкой на молотах, припуски и допуски уменьшаются на 20...35 %, расход металла снижается на 10...15 %.

Таблица 1 - Характеристика основных методов получения заготовок давлением (углеродистые, легированные стали и специальные сплавы)

Метод получения заготовок	Размеры или масса		Точность получения заготовок	Параметр шероховатости Rz, мкм
	наибольшие	наименьшие		
Штамповка на молотах и прессах	200 кг	Толщина стенки 2,5	По ГОСТ 7505-89	320...160
Штамповка с последующей чеканкой	100 кг	Толщина стенки 2,5	0,05...0,1 мм	40...10
Штамповка (высадка) на ГКМ	100 кг	0,1 кг	По ГОСТ 7505-89	320...160
Штамповка выдавливанием	Диаметр до 200 мм	-	0,2.0,5 мм	320...80

Виды поволоков, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) и на молотах и горячештамповочных прессах представлены на рисунках 1 и 2.

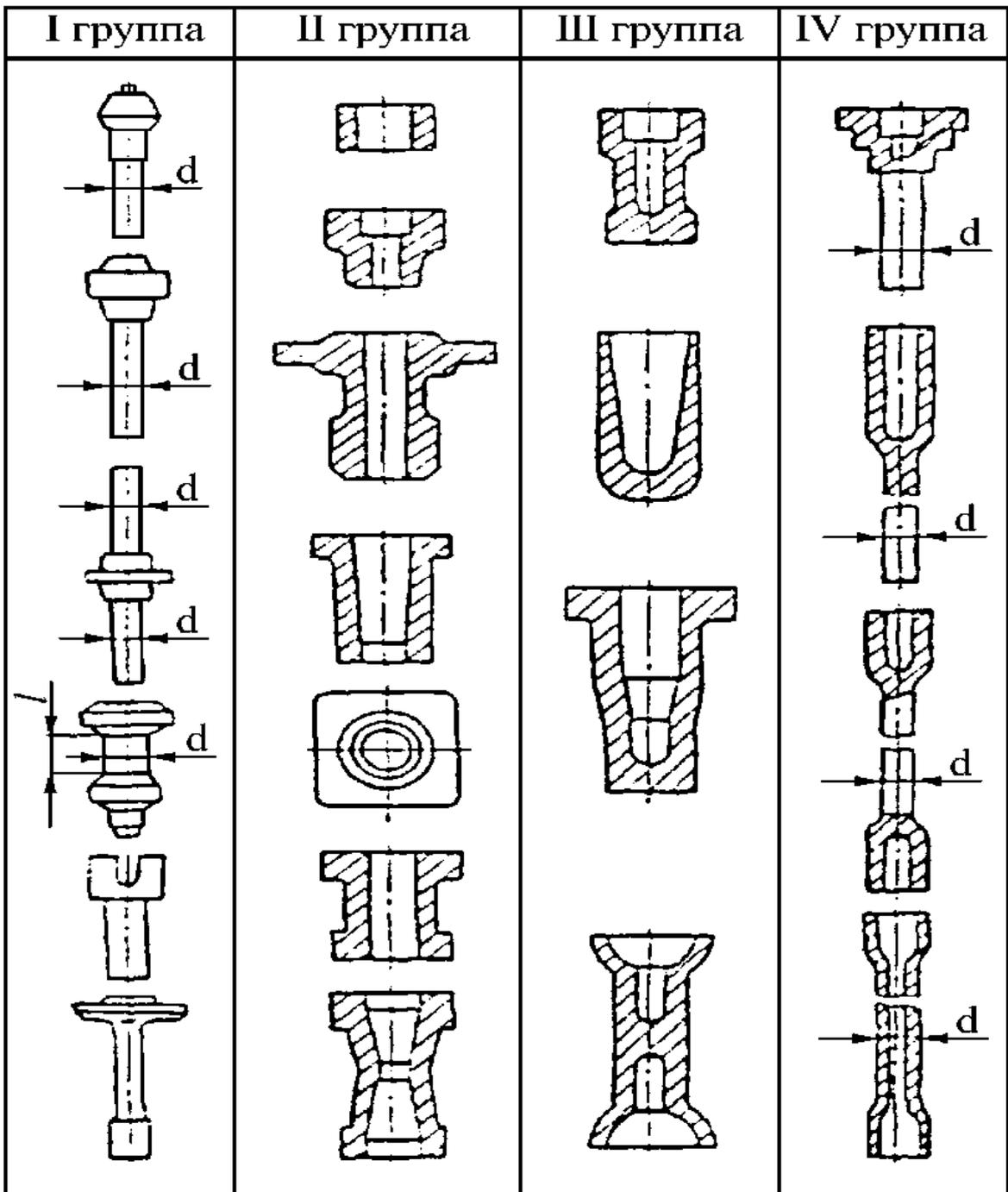


Рисунок 1 - Виды поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах: I группа - поковки типа стержня с утолщением; II - поковки нестержневого типа со сквозным отверстием, у которых все размеры не равны диаметру заготовки (прутка); III - поковки, аналогичные поковкам II группы, но с глухими прошитыми отверстиями; IV - поковки типа стержня, у которых на концах имеются утолщения с прошитыми глухими или сквозными отверстиями

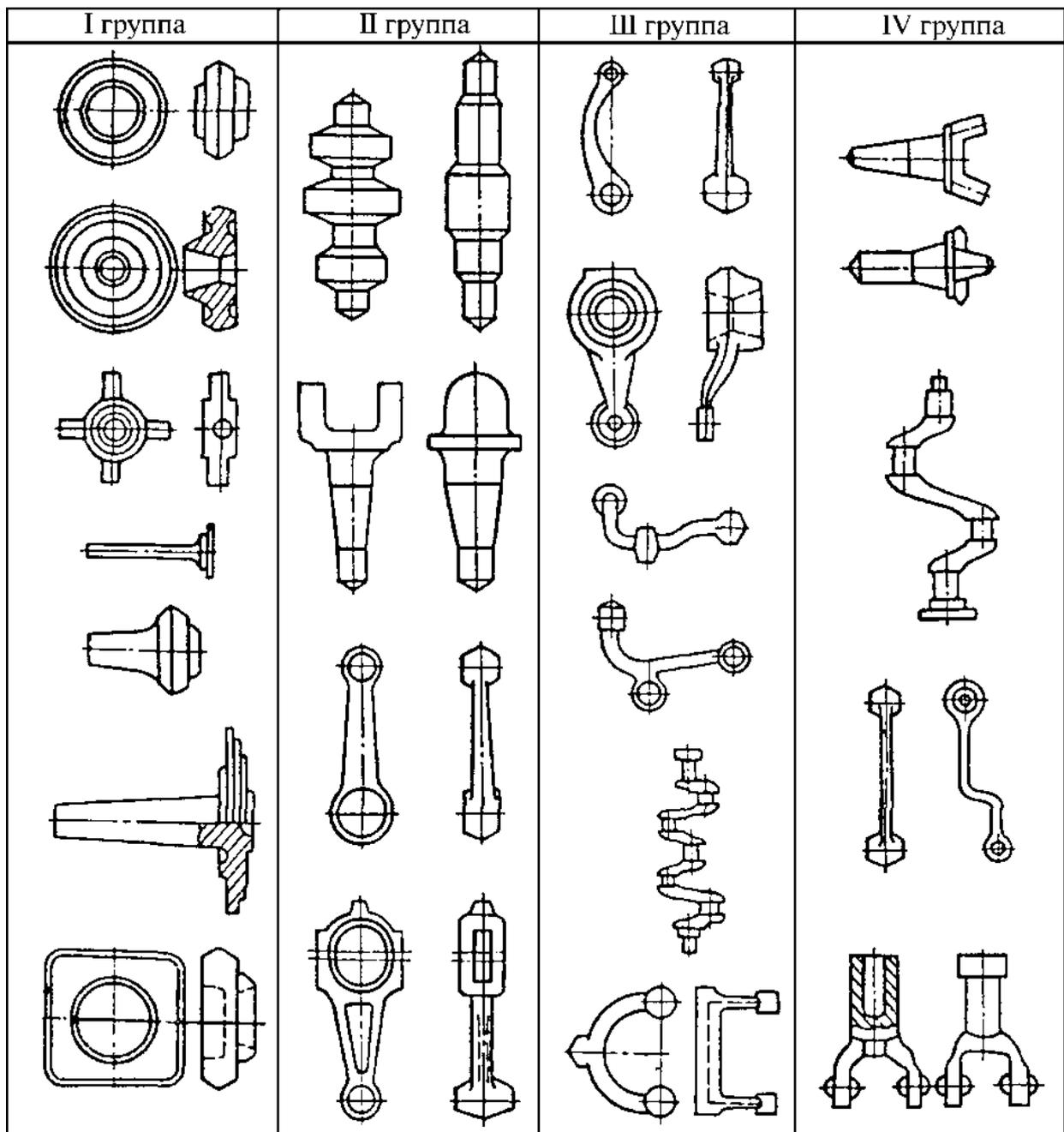


Рисунок 2 - Виды поковок, штампуемых на молотах и горячештамповочных прессах:

I группа - плоские поковки (штампуемые в торец); II - поковки с удлиненной осью, штампуемые с разъемом по плоскости, проходящей через продольную ось детали; III - поковки с изогнутой осью, для изготовления которых требуется гибочный ручей; IV - поковки, изготавливаемые методом комбинированной штамповки: на прессе и молоте, прессе и ГКМ, при других сочетаниях кузнечно-прессового оборудования

Припуски и допуски на поковки, получаемые горячей объемной штамповкой определяют по ГОСТ 7505-89 в зависимости от массы поковки (не более 250 кг с линейным габаритным размером не более 2500 мм), группы материала, степени сложности, класса точности и шероховатости поверхности детали.

Различают 3 группы материалов:

M1 - углеродистая сталь с содержанием углерода до 0,35 % и легированная сталь при суммарном содержании легирующих элементов до 2 %;

M2 - сталь с содержанием углерода 0,35...0,65 % или легирующих элементов 2.5 %;

M3 - сталь, содержащая углерода свыше 0,65 % или легирующих элементов свыше 5 %.

Степень сложности поковки зависит от соотношения объема  $V_n$  или массы  $G_n$  поковки к объему  $V_{фиг}$  или массе  $G_{фиг}$  фигуры в виде цилиндра, призмы или параллелепипеда, описанного вокруг поковки:

$$K_c = \frac{V_n}{V_{фиг}} = \frac{G_n}{G_{фиг}} \quad (1)$$

*Установлены четыре степени сложности поковок:*

C1 - при  $0,63 < K_c < 1$ ;

C2 - при  $0,32 < K_c < 0,63$ ;

C3 - при  $0,16 < K_c < 0,32$ ;

C4 - при  $K_c < 0,16$ .

*ГОСТ 7505-89 предусматривает поковки пяти классов точности:*

T1 - поковки, подвергаемые после штамповки объемной калибровке;

T2 - поковки, получаемые закрытой (безоблойной) штамповкой на кривошипных прессах и горячештамповочных автоматах;

T3 - поковки, получаемые выдавливанием, а также в закрытых штампах на молотах;

T4, T5 - поковки, штампуемые в открытых штампах (облойная штамповка) на кривошипных прессах, паровоздушных молотах, горизонтально-ковочных машинах. Класс точности зависит от состояния инструмента, оборудования и может уточняться соглашением заказчика и производителя исходя из предъявленных требований к точности.

Для определения исходного индекса по таблице 2 в графе «масса поковки» находят соответствующую строку и смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными

линиями, соответствующими заданным значениям группы стали М, степени сложности С, класса точности Т, устанавливают исходный индекс.

Таблица 2 - Определение исходного индекса

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс	
	М1	М2	М3	С1	С2	С3	С4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5		
До 0,5 включ.														1
Св 0,5 до 1,0 "														2
" 1,0 " 1,8 "														3
" 1,8 " 3,2 "														4
" 3,2 " 5,6 "														5
" 5,6 " 10,0 "														6
" 10,0 " 20,0 "														7
" 20,0 " 50,0 "														8
" 50,0 " 150,0 "														9
" 125,0 " 250,0 "														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Пример 1. Поковка массой 0,5 кг, группа стали М1, степень сложности С1, класс точности Т2, имеет исходный индекс 3 (пунктирная линия).

Пример 2. Поковка массой 1,5 кг (М3, С2, Т1) имеет исходный индекс 6 (штрих пунктирная линия).

Числовые значения основных припусков (см. ГОСТ 7505-89) на механическую обработку штампованных поковок назначают в зависимости от требуемой шероховатости поверхности и исходного индекса. Исходный индекс (1...23) указывается на чертеже поковки и определяется группой стали, степенью сложности и классом точности поковки.

Кроме основных припусков на поковки назначают дополнительные, которые учитывают смещение поковки, изогнутость, отклонения от плоскостности и прямолинейности, межцентрового и межосевого расстояний, угловых размеров. Дополнительный припуск устанавливают исходя из формы поковки и технологии ее изготовления (см. ГОСТ 7505-89), а также по согласованию между изготовителем и потребителем.

В курсовом проекте можно ограничиться назначением только допусков и допускаемых отклонений линейных размеров штампованных поковок приведены в таблице 3.

Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

### **3. Отливки**

Одним из методов получения заготовок в машиностроении является литье. Преимущество литых заготовок заключается в том, что их можно изготовить максимально приближенными к заданной форме и размерам, и практически любой конфигурации.

Отливки применяют для изготовления корпусных и других деталей сложной формы (корпусов, кронштейнов, стоек, фланцев и т.п.). Для получения отливок наиболее распространенными видами литья являются: литье в песчаные формы, в кокиль, по выплавляемым моделям, под давлением, в оболочковые формы.

Выбор того или иного метода литья зависит от материала детали, точности размеров и шероховатости поверхностей, от конфигурации, размеров и массы детали, а также от типа производства.

Литье в песчаные формы является наиболее универсальным методом. Однако изготовление формы требует больших затрат времени.

Литьем в землю по металлическим моделям при машинной формовке получают отливки массой до 10...15 т при наименьшей толщине стенок 3...8 мм.

Таблица 3 - Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров штамповок, мм (ГОСТ 7505-89)

Исх. инд.	Наибольшая толщина поковки																	
	до 40		40-63		63-100		100-160		160-250		св. 250							
	Длина, ширина, глубина и высота поковки																	
	до 40		40-100		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600		1600-2500	
1	0,3	+0,1 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2								
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	-	-	-	-	-	-
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-	-	-
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	-	-
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8	16,0	+10,0 -6,0

Литье в оболочковые формы применяют главным образом при получении ответственных фасонных алюминиевых и стальных отливок массой до 150 кг.

Литье в кокиль экономически целесообразно при величине партии не менее 300...500 шт. для мелких отливок и 30...50 шт. для крупных отливок. Этим способом можно получать отливки массой 0,25...7 т.

Литье по выплавляемым моделям экономически целесообразно для литых деталей сложной конфигурации из любых сплавов при партии свыше 100 штук.

Литье под давлением применяется в основном для получения фасонных отливок из цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Способ считается целесообразным при величине партии 1000 и более деталей и массой отливки до 100 кг.

Центробежное литье может применяться при выполнении заготовок, имеющих форму тел вращения и массой 0,01...3 т.

Точность отливок в целом характеризуется классом размерной точности (22 класса, с 1 по 16), степенью коробления (11 степеней), степенью точности поверхностей (22 степени), классом точности массы (22 класса), ГОСТ Р 53464-2009.

Обязательному применению подлежат классы размерной точности и точности массы отливки. На отдельные размеры и поверхности отливок допускается устанавливать более жесткие нормы точности, чем в целом на отливку.

На чертеже отливки следует указывать измерительные базы (базы разметки) и базы первоначальной обработки поверхностей (исходные базы), а также все радиусы литейных сопряжений и литейные уклоны по ГОСТ 3212-92.

В технических требованиях чертежа отливки должны быть указаны группа и нормы точности отливки, а также допускаемые дефекты. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы отливки.

*Например:* Точность отливки 8-5-4-7 ГОСТ Р 53464-2009.

Ненормируемые показатели точности отливок заменяют нулями.

*Например:* Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ Р 53464-2009.

Классы размерной точности (точности размеров) отливки и точности массы приведены в таблицах 4 и 5.

По классу размерной точности можно найти допуск размера отливки (табл. б) и предельные отклонения размеров. Допуск относится к линейным размерам, как изменяемым механической обработкой, так и не изменяемым.

Таблица 4 - Классы размерной точности отливок (ГОСТ Р 53464-2009)

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава				Ряды припусков
		Цветные легкие, нетермообрабатываемые сплавы	Черные нетермообрабатываемые и цветные тугоплавкие и легкие термообрабатываемые сплавы	Чугунные термообрабатываемые и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы	
Классы точности размеров						
Литье в песчаные формы	до 100	5-10	6-11	7-11	7-12	5-8
	101-250	6-11	7-11	7-12	8-13	6-9
	251-630	7-11	7-12	8-13	9-13	6-10
	631-1600	7-12	8-13	9-13	9-13	6-11
	1601-4000	8-13	9-13	9-13	10-14	6-12
	4001-10000	9-13	9-13	10-14	11-14	7-13
Литье в кокиль	до 100	5-9	5-9	6-10	7-11	4-7
	101-250	5-9	6-10	7-11	7-11	4-7
	251-630	6-10	7-11	7-11	8-12	4-8
Литье по выплавляемым моделям	до 100	4-8	5-9	5-9	6-10	3-6
	101-250	5-9	5-9	6-10	7-11	3-7
	251-630	5-9	6-10	7-11	7-11	4-8
Литье в металлические формы	до 100	3-6	3-7	4-7	5-8	2-5
	101-250	3-7	4-7	5-8	5-9	3-6
	251-630	4-7	5-8	5-9	6-9	3-7

*Примечание:*

1. Меньшие значения классов соответствуют массовому производству простых отливок, большие - мелкосерийному и индивидуальному производству сложных отливок, средние - серийному производству отливок средней сложности.

2. Меньшие ряды припусков относятся к отливкам из цветных сплавов; большие - из ковкого чугуна; средние - к отливкам из серого, высокопрочного чугуна и стали.

Таблица 5 - Классы точности массы отливок (ГОСТ Р 53464-2009)

Способ литья	Номинальная масса отливки, кг	Тип сплава			
		Цветные легкие, нетермообрабатываемые сплавы	Черные не термообрабатываемые и цветные тугоплавкие и легкие термообрабатываемые сплавы	Чугунные термообрабатываемые и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
Литье в песчаные формы	до 1,0	5-13т	6-13	7т-14	7-15
	1,0 - 10	6-13	7т-14	7-15	8-15
	10-100	7т-14	7-15	8-15	9т-16
	100-1000	7-15	8-15	9т-16	9-16
	1000-10000	8-15	9т-16	9-16	10-16
	10000-100000	9т-16	9-16	10-16	11т-16
Литье в кокиль	до 1,0	4-11	5т-12	5-13т	6-13
	1,0 - 10	5т-12	5-13т	6-13	7т-14
	10-100	5-13т	6-13	7т-14	7-15
	100-1000	6-13	7т-14	7-15	8-15
	1000-10000	7т-14	7-15	8-15	9т-16
	10000-100000	7-15	8-15	9т-16	9-16
Литье по выплавляемым моделям	до 1,0	3т-9	3-10	4-11т	5т-11
	1,0 - 10	3-10	4-11т	5т-11	5-12
	10-100	4-11т	5т-11	5-12	6-13т
Литье в металлические формы	до 1,0	1-7	2-8	3т-9т	3-9
	1,0 - 10	2-8	3т-9т	3-9	4-10
	10-100	3т-9т	3-9	4-10	5т-11т

*Примечание:*

1. Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, большие значения - для отливок из ковкого чугуна, средние - для отливок из серого и высокопрочного чугуна, термообрабатываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов.

Таблица 6 - Допуски размерной точности отливок (ГОСТ Р 53464-2009)

Интервалы номинальных размеров детали, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для класса размерной точности отливок																			
			3т			5т			7т			9т			11т			13т		
До 4																				
Св. 4 до 6																				
Св. 6 до 10																				
Св. 10 до 16																				
Св. 16 до 25																				
Св. 25 до 40																				
Св. 40 до 63																				
Св. 63 до 100																				
Св. 100 до 160																				
Св. 160 до 250																				
Св. 250 до 400																				
Св. 400 до 630																				
Св. 630 до 1000																				
Св. 1000 до 1600																				
Св. 1600 до 2500																				
Св. 2500 до 4000																				

*Примечание:*

Предельные отклонения размеров отливки устанавливают симметричными и несимметричными, при этом предпочтительнее следующее расположение полей допусков:

- несимметричное одностороннее, «в тело» - для размеров элементов (кроме толщины стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке, при этом для охватывающих элементов (отверстие) поле допуска располагается «в плюс» (+ T), а для охватываемых (вал) - «в минус» (- T);
- симметричное (+T/2) - для размеров всех остальных элементов отливки, как подвергаемых, так и не подвергаемых механической обработке.

## ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

### 1. Типовой технологический процесс изготовления валов

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления вала с типовыми конструктивными элементами и требования к ним.

*005 Подготовка технологических баз.* Обработка торцов и сверление центровых отверстий. В зависимости от типа производства операцию осуществляют:

- в единичном производстве - выполняя подрезку торцов и центрование на универсальных токарных станках последовательно за два установа;

- в серийном производстве - применяя фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призматическом базировании в осевом направлении по упору или выполняя подрезку торцов отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование - на одностороннем или двустороннем центровальном станке;

- в массовом производстве - на фрезерно-центровальных станках барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка. Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по ГОСТ 14034-74. Для нежестких валов (отношение длины к диаметру более 12) производят обработку шеек под люнеты.

*010 Токарная (черновая) обработка.* Выполняется за два установа на одной операции или каждый установ выносится как отдельная операция. Производится точение наружных поверхностей (с припуском под чистовое точение и шлифование) и канавок. Это обеспечивает получение точности IT 12, шероховатости Ra = 6,3. В зависимости от типа производства операцию выполняют:

- в единичном производстве - на токарно-винторезных станках;
- в мелкосерийном - на универсальных токарных станках и станках с ЧПУ;
- в серийном - на станках с ЧПУ;
- в крупносерийном и массовом - на многошпиндельных, многорезцовых и гидрокопировальных полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на

токарных автоматах.

*015 Токарная (чистовая).* Аналогична приведенной выше. Производится чистовое точение шеек (с припуском под шлифование). Обеспечивается точность 1Т11-10, шероховатость Ra = 3,2.

*020 Фрезерная.* Фрезерование шпоночных канавок, шплицев, зубьев, всевозможных лысок.

Шпоночные пазы в зависимости от конструкции обрабатываются либо дисковой фрезой (если паз сквозной) на горизонтально-фрезерных станках, либо пальцевой фрезой (если паз глухой) на вертикально-фрезерных. В массовом производстве для получения глухих шпоночных пазов применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие маятниковым методом.

Шлицевые поверхности на валах чаще всего получают методом обкатывания червячной фрезой на шлицефрезерных или зубофрезерных станках.

*025 Сверлильная.* Сверление всевозможных отверстий.

*030 Резьбонарезная.* На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают последней операцией (для предохранения резьбы от повреждений). Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу на резьбошлифовальных станках. Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от типа производства. Наружные резьбы нарезают:

- в единичном и мелкосерийном производствах - плашками, резьбовыми резцами или гребенками на токарно-винторезных станках;

- в мелкосерийном и серийном производствах резьбы не выше 7-й степени точности - плашками, а резьбы 6-й степени точности - резьбонарезными головками на револьверных и болторезных станках;

- в крупносерийном и массовом производствах - гребенчатой фрезой на резьбофрезерных станках или накатыванием.

*035 Термическая.* Закалка объемная или местная согласно чертежу.

*040 Шлифовальная.* Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрошлифовальных станках.

Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования:

- по наружной поверхности - наружное шлифование на круглошлифовальных станках и шлифование боковых поверхностей на шлицешлифовальном полуавтомате одновременно двумя кругами и делением;

- по поверхности внутреннего диаметра - шлифование боковых

поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру либо профильным кругом одновременно, либо в две операции.

## **2. Типовой технологический процесс изготовления втулок**

К деталям класса втулок относятся втулки, гильзы, стаканы, вкладыши, т. е. детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющие общую прямолинейную ось.

Наиболее часто применяют втулки с  $L/D > 3$ .

### *2.1. Обработка за один установ:*

*005 Токарная.* Подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, зацентровка торца под сверление, сверление отверстия, точение черновое наружной поверхности со смятием фасок на свободном торце, точение канавок, предварительное развертывание, окончательное развертывание, отрезка. При обработке втулки из трубы вместо сверления производят зенкерование или растачивание отверстия. Выполняется на токарном с ЧПУ, токарно-револьверном, одношпиндельном или многошпиндельном токарном автомате в зависимости от типа производства.

*010 Сверлильная.* Снятие фасок с противоположного торца втулки на вертикально-сверлильном или токарном станке.

*015 Сверлильная.* Сверление отверстий, нарезка резьбы на вертикально- или радиально-сверлильном станке.

*020 Контрольная.*

### *2.2. Обработка за два установка:*

*005 Заготовительная.* Резка заготовки из проката или трубы, или штамповка.

*010 Токарная.* В зависимости от типа производства выполняется за одну операцию и два установка (единичное) или за две операции (серийное и массовое).

Первый установ (базирование по наружной поверхности к торцу в патроне) - подрезка свободного торца, сверление и зенкерование или растачивание отверстия (с припуском под шлифование), растачивание канавок и фасок.

Второй установ (базирование по отверстию и торцу на оправке) - подрезка второго торца, точение наружных поверхностей (с припуском под шлифование), точение канавок и фасок. В зависимости от типа производства операция выполняется:

- в единичном - на токарно-винторезных станках;
- в серийном - на токарно-револьверных станках и станках с ЧПУ;
- в массовом - на токарно-револьверных, одношпиндельных или

многошпиндельных токарных полуавтоматах.

*015 Сверлильная.* Сверление, зенкерование отверстий, нарезка резьбы. Производится на вертикально-сверлильных станках, сверлильных станках с ЧПУ, агрегатных станках.

*020 Термическая.* Закалка согласно чертежу.

*025 Внутришлифовальная.* Шлифование отверстия на внутришлифовальном станке. Деталь базируется по наружному диаметру и торцу в патроне.

*030 Круглошлифовальная.* Шлифование наружных поверхностей торца на круглошлифовальном или торцекруглошлифовальном станке.

*035 Контрольная.* При обработке тонкостенных втулок (толщина стенки менее 5 мм) возникает дополнительная задача закрепления заготовки на станке без ее деформаций.

### **3. Типовой технологический процесс изготовления дисков**

К деталям класса «Диски» относятся детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наружному диаметру менее 0,5. Например: шкивы, фланцы, крышки подшипников, кольца, поршни гидро- и пневмоприводов и т. п. Технологические задачи - аналогичные классу втулок: достижение concentricity внутренних и наружных цилиндрических поверхностей и перпендикулярность торцов к оси детали.

Технологические базы - центральное отверстие и обработанный торец, причем короткое отверстие является двойной опорной базой, а торец - установочной.

Обработку шкивов средних размеров ( $d = 200-400$  мм) производят на токарных, в крупносерийном производстве - на револьверных станках. Крупные шкивы и маховики - на токарных карусельных станках. При обработке на карусельных станках установку на первой операции выполняют по ступице, в которой обрабатывается центральное отверстие и прилегающие к ней торцы. Обод обрабатывают при установке шкива на центрирующий палец по обработанному отверстию и торцу.

Далее представлен типовой маршрут изготовления дисков.

*005 Заготовительная.* В большинстве случаев - лить заготовку, ковать или штамповать. Мелкие шкивы изготавливают из прутка.

*010 Токарная.* Растачивание отверстия с припуском под последующую обработку и подрезка торца. Технологическая база - черная поверхность обода или

ступицы. Выполняется в зависимости от маршрутов и типа производства на токарном, револьверном или карусельном станке.

*015 Токарная.* Подрезать второй торец. Технологическая база - обработанные отверстия и торец.

*020 Протяжная.* Протянуть цилиндрическое отверстие. Технологическая база - отверстие и торец. Станок вертикально-протяжной.

*025 Протяжная или долбежная.* Протянуть или долбить шпоночный паз. Технологическая база - отверстие и торец. Станок вертикальнопротяжной или долбежный.

*030 Токарная (черновая).* Точить наружный диаметр и торцы обода, точить клиновидные канавки. Технологическая база - отверстие. Станок токарный или многорезцовый токарный.

*035 Токарная (чистовая).* Точить наружный диаметр и канавки. При криволинейной образующей - на токарно-копировальном станке или токарном станке по копиру.

*040 Сверлильная.* Сверлить отверстия и нарезать резьбу (если требуется по чертежу). Технологическая база - торец. Станок сверлильный.

*045 Балансировочная.* Балансировка и высверливание отверстий для устранения дисбаланса. Технологическая база - отверстие. Станок балансировочный.

*050 Термическая.*

*055 Шлифовальная.* Шлифование ступиц (если требуется по чертежу). Технологическая база - отверстие. Станок круглошлифовальный.

*055 Контрольная.*

*060 Нанесение антикоррозионного покрытия.*

#### **4. Типовой технологический процесс изготовления фланцев**

Главным служебным назначением фланцев является ограничение осевого перемещения вала, установленного на подшипниках. Отсюда следует, что основными конструкторскими базами фланца будут поверхности центрирующего пояска по размеру отверстия в корпусе и торцы. В качестве технологических баз при обработке заготовки целесообразно выбирать базы детали, которые обрабатывают на первых операциях.

В связи с этим на первой операции в качестве технологических баз используют наружную цилиндрическую поверхность и торец большого фланца, а на последующих - посадочную поверхность цилиндрического пояска и его торец.

На этих же базах обрабатывают крепежные отверстия и лыски, если они заданы чертежом.

Далее представлен типовой маршрут изготовления фланцев.

*005 Заготовительная.* В зависимости от типа производства и материала - лить, ковать, штамповать заготовку или отрезать из проката.

*010 Токарная.* Подрезать торец большого фланца и торец центрирующего пояска, точить наружную цилиндрическую поверхность пояска с припуском под шлифование, точить канавку и фаски. Технологическая база - наружная поверхность и торец фланца. Станок токарный, многошпиндельный токарный полуавтомат, токарный с ЧПУ.

*015 Токарная.* Подрезать второй торец большого фланца, точить его наружную поверхность и фаску. Технологическая база - поверхность центрирующего пояска и его торец.

*020 Сверлильная.* Сверлить и зенковать отверстия. Технологическая база - та же. Станок вертикально-сверлильный, сверлильный с ЧПУ, агрегатно-сверлильный с многошпиндельной головкой.

*025 Фрезерная.* Фрезеровать фланец с лысками. Технологическая база - та же плюс крепежное отверстие. Станок вертикально-фрезерный.

*030 Шлифовальная.* Шлифовать наружную поверхность центрирующего пояска и торец. Технологическая база - наружная поверхность большого фланца и торец. Станок универсально-шлифовальный или торцекруглошлифовальный.

*035 Контрольная.*

При обработке втулок и фланцев в массовом и крупносерийном производствах целесообразно применять следующий порядок: зенкерование отверстия и снятие на нем фаски на вертикально-сверлильном станке; протягивание отверстия на горизонтально- или вертикально-протяжном станке. Если фланец имеет глухое или коническое отверстие, то оно обрабатывается разверткой. У втулок, запрессованных в корпус, оставляют припуск под окончательную обработку отверстия.

Предварительное обтачивание наружной поверхности, подрезку торцов и снятие наружных фасок выполняют на токарном многорезцовом полуавтомате. На этой операции заготовку базируют по центральному отверстию на консольной или на центральной разжимной оправке.

Чистовое обтачивание наружной поверхности делают на токарном или многорезцовом полуавтомате. На последующих операциях выполняют снятие фасок с противоположного торца, сверление смазочного отверстия, обработку

смазочных канавок и шлифование наружной поверхности втулки (фланца).

## **5. Типовой технологический процесс изготовления зубчатых колес**

Основные операции механической обработки зубчатого колеса со ступицей 8-й степени точности следующие.

*Заготовительная.* Для заготовок из проката - резка проката, для штампованных заготовок - штамповка.

Штампованные заготовки целесообразно выполнять с прошитыми отверстиями, если их диаметр более 30 мм и длина не более трех диаметров, в противном случае - глухие наметки глубиной не более 0,8 диаметра. Заготовки из чугуна и цветных сплавов (иногда из сталей) получают литьем.

*005 Токарная.* Выполняется черновая и чистовая обработка базовых поверхностей (торца и отверстия).

Технологическая база - наружная поверхность обода и торец, закрепление в кулачках токарного патрона.

Оборудование: единичное производство - токарно-винторезный станок; мелко- и среднесерийное - токарно-револьверный, токарный с ЧПУ; крупносерийное и массовое - одношпиндельный или многошпиндельный токарный полуавтомат (для заготовки из прутка - прутковый автомат).

*010 Токарная.* Точить наружную поверхность обода, обработать торец, противоположащий базовому.

Технологическая база - обработанные поверхности отверстия и базового торца.

Оборудование - то же (см. операцию 005).

*015 Протяжная (долбежная).* Протянуть (в единичном производстве - долбить) шпоночный паз или шлицевое отверстие.

Технологическая база - отверстие и базовый торец колеса.

Оборудование - горизонтально-протяжной или долбежный станок.

Применяются варианты чистового протягивания отверстия на данной операции вместо чистового растачивания на предыдущей.

*020 Зубофрезерная.* Фрезеровать зубья начерно (обеспечивается 8-я степень точности).

Технологическая база - отверстие и базовый торец (реализуется оправкой и упором в торец).

Оборудование - зубофрезерный полуавтомат.

*025 Шевинговальная.* Шевинговальная операция повышает на единицу

степень точности зубчатого колеса. Операции применяют для термообрабатываемых колес с целью уменьшения коробления зубьев, так как снимается поверхностный наклепанный слой после фрезерования.

Технологическая база - отверстие и базовый торец (реализуется оправкой).

Оборудование - зубошевинговальный станок.

*030 Термическая.* Калить заготовку или зубья (ТВЧ) или цементировать, калить и отпустить - согласно техническим требованиям. Наличие упрочняющей термообработки, как правило, приводит к снижению точности колеса на одну единицу.

На поверхностях, которые не должны быть подвергнуты цементации и которые не могут быть защищены предохранительными покрытиями, оставляют специальные защитные припуски, удаляемые на промежуточной операции механической обработки между цементацией и закалкой.

*035 Внутришлифовальная.* Шлифовать отверстие и базовый торец за один установ. Обработка отверстия и торца за один установ обеспечивает их наибольшую перпендикулярность.

Технологическая база - рабочие эвольвентные поверхности зубьев (делительный диаметр колеса) и торец, противолежащий базовому. Реализация базирования осуществляется специальным патроном, у которого в качестве установочных элементов используют калибровочные ролики или зубчатые секторы.

Необходимость такого базирования вызвана требованием обеспечения равномерного съема металла зубьев при их последующей отделке с базированием по отверстию на оправке.

Оборудование - внутришлифовальный станок.

При базировании колеса на данной операции за наружную поверхность венца для обеспечения соосности поверхностей вращения необходимо ввести перед или после термообработки круглошлифовальную операцию для шлифования наружной поверхности венца и торца, противолежащего базовому (желательно за один установ на оправке).

Технологическая база - отверстие и базовый торец.

Оборудование - круглошлифовальный или торцекруглошлифовальный станок.

Необходимость отделки наружной поверхности венца колеса часто вызывается также и тем, что контроль основных точностных параметров зубьев производится с использованием этой поверхности в качестве измерительной базы.

*040 Плоскошлифовальная.* Шлифовать торец, противоположный базовому (если необходимо по чертежу).

Технологическая база - базовый торец.

Оборудование - плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

*045 Зубошлифовальная.* Шлифовать зубья.

Технологическая база - отверстие и базовый торец.

Оборудование - зубошлифовальный станок (обработка обкаткой двумя тарельчатыми или червячным кругами, или копированием фасонным кругом). При малом короблении зубьев при термообработке (например, при азотировании вместо цементации) операция зубошлифования может быть заменена зубохонингованием или вообще отсутствовать.

Наличие зубошлифовальной или зубохонинговальной операции определяется наличием и величиной коробления зубьев при термообработке. Двукратное зубофрезерование и шевингование зубьев до термообработки может обеспечить 6-ю степень точности. При потере точности во время термообработки на одну степень конечная 7-я степень точности будет достигнута. Введение отделочной операции зубошлифования или зубохонингования необходимо только при уменьшении точности колеса при термообработке больше, чем на одну степень. При этом следует избегать одновременного использования шевинговальной и зубошлифовальной операции, т. к. шевингование вводится, как правило, с целью исключения зубошлифовальной операции.

*065 Контрольная.*

При изготовлении составных и сварных колес предпочтительна окончательная обработка зубьев после сборки венцового колеса на ступице или сборки сварного колеса с валом.

Для обеспечения обработки соединительных отверстий в ступице и венцовом колесе в сборе при изготовлении закаленных венцовых колес необходимо предохранять от закалки соответствующие поверхности.

При изготовлении колес высокой точности или закаливаемых без последующей зубоотделочной обработки после черновых операций с большим съемом металла желательно производить промежуточную термообработку для снятия внутренних напряжений; при азотировании поверхности зубьев после чернового нарезания осуществляется термическая стабилизация заготовки.

Типовые операции обработки зубчатого венца в различных условиях производства приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Операции обработки зубчатых колес

Операция	Степень точности			
	12-9	8	7	6
Токарная(обработка баз)	Да	Да	Да	Да
Токарная	Да	Да	Да	Да
Зубофрезерная (зубодолбежная, зубострогальная)	Да	Да	Да	Да
Шевинговальная	Нет	Да	Нет	Нет
Термическая обработка	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна
Внутришлифовальная	Возможна	Да	Да	Да
Плоскошлифовальная	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна
Зубошлифовальная	Нет	Нет	Да	Да
Внутришлифовальная	Нет	Нет	Нет	Да
Зубошлифовальная	Нет	Нет	Нет	Да

## 6. Типовой технологический процесс изготовления корпусных деталей

Последовательность механической обработки корпуса призматического типа с плоским основанием и отверстием с осью, параллельной основанию, следующая.

*005 Заготовительная.* Заготовки корпусов из серого чугуна отливают в земляные, металлические (кокиль) или оболочковые формы, из стали - в земляные формы, кокиль или по выплавляемым моделям. Заготовки из алюминиевых сплавов отливают в кокиль или литьем под давлением. В единичном и мелкосерийном производствах применяют сварные корпуса из стали. Заготовки корпусных деталей перед механической обработкой проходят ряд подготовительных операций.

*010 Фрезерная (протяжная).* Фрезеровать, или протянуть плоскость основания начерно и начисто или с припуском под плоское шлифование (при необходимости). Технологическая база - необработанная плоскость, параллельная обрабатываемой поверхности.

Оборудование:

- в единичном и мелкосерийном производствах - вертикальнофрезерный и строгальный станки;
- в серийном - продольно-фрезерный и продольно-строгальный станки с ЧПУ;
- в крупносерийном и массовом - барабанно- и карусельнофрезерные, плоскопротяжные, агрегатно-фрезерные станки.

*015 Сверлильная.* Сверлить и зенковать (при необходимости) отверстия в плоскости основания. Развернуть два отверстия. Технологическая база - обработанная плоскость основания. Оборудование - радиальносверлильный станок или сверлильный с ЧПУ, в массовом и крупносерийном производствах - многошпиндельный сверлильный или агрегатный станок.

*020 Фрезерная.* Обработка плоскостей, параллельных базовой (при их наличии). Технологическая база - плоскость основания. Оборудование - см. операцию 010.

*025 Фрезерная.* Обработка плоскостей, перпендикулярных базовой (торцы основных отверстий). Технологическая база - плоскость основания и два точных отверстия. Оборудование - горизонтально-фрезерный или горизонтально-расточной станок.

*030 Расточная.* Растачивание основных отверстий (черновое и чистовое или с припуском под точное растачивание). Технологическая база - та же (см. операцию 025). Оборудование:

- единичное производство - универсальный горизонтально-расточной станок;
- мелкосерийное и среднесерийное - станки с ЧПУ расточнофрезерной группы и многооперационные станки;
- крупносерийное и массовое - агрегатные многошпиндельные станки.

Точность межосевых расстояний, а также точность положения отверстий достигается с помощью:

- разметки (от  $\pm 0,1$  до  $+0,5$  мм);
- пробных расточек (до  $+0,02$  мм);
- координатного растачивания на горизонтально-расточных станках (до  $\pm 0,02$  мм);
- обработки по кондукторам и шаблонам (до  $\pm 0,02$  мм,  $\pm 0,03$  мм).

*035 Сверлильная.* Сверлить (зенковать при необходимости), нарезать резьбу в крепежных отверстиях. Технологическая база - см. операцию 025. Оборудование - радиально-сверлильный, сверлильный с ЧПУ, многооперационный, сверлильный многошпиндельный и агрегатный станки (в зависимости от типа производства).

*040 Плоскошлифовальная.* Шлифовать (при необходимости) плоскость основания. Технологическая база - поверхность основного отверстия или обработанная плоскость, параллельная базовой (в зависимости от требуемой точности расстояния от базовой плоскости до оси основного отверстия).

Оборудование - плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

*045 Алмазно-расточная.* Тонкое растачивание основного отверстия. Технологическая база - базовая плоскость и два отверстия. Оборудование - алмазно-расточной станок.

С целью выдерживания принципа постоянства баз большинство операций

обработки (020, 025, 030, 035), за исключением операций подготовки технологических баз (010, 015) и отделки основных поверхностей (040, 045), часто концентрируют в одну операцию, выполняемую на горизонтально-расточном (единичное производство), многооперационном (серийное) или агрегатном (массовое) станке.

В маршрут обработки разъемных корпусов дополнительно к выше-приведенным операциям включают:

- обработку поверхности разъема у основания (фрезерная);
- обработку поверхности разъема у крыши (фрезерная);
- обработку крепежных отверстий на поверхности разъема основания (сверлильная);
- обработку крепежных отверстий на поверхности разъема крышки (сверлильная);
- сборку корпуса промежуточную (слесарно-сборочная операция);
- обработку двух точных отверстий (обычно сверлением и развертыванием) под цилиндрические или конические штифты в плоскости разъема собранного корпуса.

## **7. Типовой технологический процесс изготовления рычагов**

Выбор материала зависит от служебного назначения и экономичности изготовления детали. Рычаги сложной формы могут быть достаточно экономично изготовлены из заготовки-отливки. Для деталей, работающих в машинах под небольшими, неударными нагрузками, выбирают серый чугун. Для нежестких деталей, работающих с толчками и ударами, недостаточно вязкий серый чугун является ненадежным материалом и заменяется ковким чугуном.

Чугунные заготовки рычагов получают обычно литьем в песчаные формы, отформованные по механическим моделям. При повышенных требованиях к точности отливок заготовки отливают в оболочковые формы. Отливки из ковкого чугуна следует подвергать отжигу и последующей правке для уменьшения остаточных деформаций.

Стальные заготовки рычагов получают ковкой, штамповкой, литьем по выплавляемым моделям и резе - сваркой. При штамповке заготовок в небольших количествах применяют подкладные штампы. С увеличением масштаба изготовления заготовок более экономичной становится штамповка их в открытых и закрытых штампах. В серийном производстве штамповки выполняют на штамповочных молотах, фрикционных и кривошипных прессах, а в

крупносерийном и массовом - на кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах.

При фрезеровании торцов втулок за технологическую базу принимают или поверхности стержня рычага, или противоположные торцы втулок, при их шлифовании - противоположные торцы втулок.

При обработке основных отверстий в качестве технологической базы выбирают обработанные торцы втулок и их наружные поверхности, что обеспечивает равенство втулок. Заключительные этапы обработки выполняют при использовании в качестве технологической базы одного или двух основных отверстий и торцов втулок.

Рассмотрим операции механической обработки рычагов с общей плоскостью торцов втулок (рисунок 5).

*005 Заготовительная.* Чугунные заготовки получают литьем в песчаные формы или оболочковые. Отливки из ковкого чугуна следует подвергать отжигу и последующей правке для уменьшения остаточных деформаций.

Стальные заготовки - ковкой, штамповкой, литьем по выплавляемым моделям, а в единичном производстве - сваркой.

*010 Фрезерная.* Фрезеровать торцы втулок с одной стороны начерно или начисто и с припуском под шлифование (при необходимости). Технологическая база (установочная) - поверхность стержня или противоположные торцы втулок. Направляющую и опорную базы выбирают из условий удобства установки детали. Станок – вертикально-фрезерный или карусельно-фрезерный.

*015 Фрезерная.* Аналогично предыдущей операции, но с другой стороны. Технологическая база - обработанные торцы втулок. В серийном и массовом производствах обработка торцов втулок может выполняться одновременно с двух сторон на горизонтально-фрезерном станке набором фрез. Технологическая база - поверхность стержня или поверхность втулок. Если заготовки проходят чеканку (т. е. торцы втулок обжаты прессом), то фрезерную обработку не производят.

*020 Обработка основных отверстий.* Технологическая база - обработанные торцы втулок и их наружные поверхности, что обеспечивает равенство втулок. В зависимости от типа производства операцию выполняют:

- в единичном и мелкосерийном производствах - на радиально- и вертикально-сверлильных станках или расточных станках по разметке со сменой инструмента;

- в мелкосерийном и серийном производствах - на сверлильных станках с ЧПУ, на радиально- и вертикально-сверлильных станках по кондуктору со сменой

инструмента и быстросменных втулок в кондукторах;

- в крупносерийном и массовом производствах - на агрегатных многошпиндельных одно- и многопозиционных станках, вертикально-сверлильных станках с многошпиндельными головками и на протяжных станках.

Маршрут обработки основных отверстий имеет варианты:

- сверление, зенкерование, одно- или двукратное развертывание или двойное растачивание;

- сверление и протягивание (для отверстий диаметром более 30 мм), полученные в заготовке прошиванием или литьем, сверление заменяют предварительным зенкерованием.

Обеспечение параллельности осей и межосевого расстояния основных отверстий достигается следующим образом (в порядке убывания точности):

- одновременной обработкой несколькими инструментами на многошпиндельных станках;

- последовательной обработкой при неизменном закреплении заготовки;

- последовательной обработкой на разных станках, в разных приспособлениях.

*030 Обработка шпоночных пазов или шлицевых поверхностей в основных отверстиях.*

*035 Обработка вспомогательных отверстий с нарезанием в них резьб (если нужно), пазов и уступов.* Технологическая база - основные отверстия (одно или два) и их торцы.

*040 Плоское шлифование торцов втулок.* Выполняется при повышенных требованиях к шероховатости и взаимному расположению торцов втулок на плоскошлифовальном станке с переустановкой. Технологическая база - торцы втулок.

*045 Контрольная.*

В зависимости от конкретных условий последовательность обработки поверхностей рычагов может изменяться. Применяют варианты маршрута, в которых операции 010 и 020 меняются местами или объединяются.

*Маршрут обработки рычагов с торцами втулок в разных плоскостях:*

- обрабатывают торцы втулок с одной стороны;

- обрабатывают основные отверстия с той же стороны;

- обрабатывают торцы втулок с другой стороны;

- обрабатывают оставшиеся поверхности.

Таблица 1 - Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал					
		Сталь конструкционная углеродистая				Чугун и медные сплавы	
		Глубина резания, мм					
		до 3	3...5	5...8	8...12	до 3	3...5
До 20	От 16x25 до 25x25	0,3...0,4	—	—	—	—	—
20...40	От 16x25 до 25x25	0,4...0,5	0,3...0,4	—	—	0,4...0,5	—
40...60	От 16x25 до 25x40	0,5...0,9	0,4... 0,8	0,3...0,7	—	0,6... 0,9	0,5...0,8
60... 100	От 16x25 до 25x40	0,6... 1,2	0,5... 1,1	0,5...0,9	0,4...0,8	0,8... 1,4	0,7... 1,2

*Примечания:*

1. При обработке сталей твердостью 44... 56 HRC табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,8.
2. При обработке сталей твердостью 57...62 HRC табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,5.
3. При обработке прерывистых поверхностей табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,5.

Таблица 2 - Подачи при черновом наружном точении резцами из быстрорежущей стали или с твердосплавными пластинами из углеродистых и легированных сталей

Размер сечения державки резца	Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Резцы с пластинами из твердого сплава			Резцы из стали P19 и P18		
		Глубина резания, мм					
		3	5	8	3	5	8
		Продольная подача, мм					
16x25	20	0,3...0,4	—	—	0,3...0,4	—	—
	40	0,4...0,5	0,3...0,4	—	0,4...0,6	—	—
	60	0,5...0,7	0,4...0,6	0,3...0,5	0,6...0,8	0,5...0,7	0,4...0,6
	100	0,6...0,9	0,5...0,7	0,5...0,6	0,7...1,0	0,6...0,9	0,6...0,8
20 x 30; 25x25	20	0,3...0,4	—	—	0,3...0,4	—	—
	40	0,4...0,5	0,3...0,4	—	0,4...0,6	—	—
	60	0,6...0,7	0,5...0,7	0,4...0,6	0,7...0,8	0,6...0,8	—
	100	0,8...1,0	0,7...0,9	0,5...0,7	0,9...1,1	0,8...1,0	0,7...0,9

Таблица 3 - Подачи при чистовом точении сталей и чугуна

Параметр шероховатости поверхности, мкм		Радиус при вершине резца, мм					
		0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
<i>Ra</i>	<i>Rz</i>	Подача, мм/об заготовки					
0,63		0,07	0,1	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25		0,10	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,5		0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Таблица 4 - Продольные подачи при черновом растачивании на токарных и токарно-револьверных станках резцами с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Размеры сечения резца или оправки, мм	Вылет резца или оправки, мм	Обрабатываемый материал						
		Сталь конструкционная			Чугун и медные сплавы			
		Глубина резания, мм						
		2	3	5	2	3	5	8
Подачи, мм/об заготовки								
010	50	0,08	—	—	0,12...0,16	Г—.	—	—
012	60	0,1	0,08	—	0,12...0,20	0,12...0,18	—	—
016	80	0,1...0,25	0,15	0,1	0,20...0,30	0,15...0,25	0,1...0,18	—
020	100	0,5...0,3	0,15...0,25	0,12	0,3...0,4	0,25...0,35	0,12...0,25	—
020	125	0,25...0,5	0,15...0,4	0,12...0,2	0,4... 0,6	0,3...0,5	0,25...0,35	—
030	150	0,4...0,7	0,2...0,5	0,12...0,3	0,5... 0,8	0,4...0,6	0,25...0,45	—
040	200	—	0,25...0,6	0,15...0,4	—	0,6...0,8	0,3...0,8	—
40x40	150	—	0,6... 1,0	0,5 ...0,7	—	0,7... 1,2	0,5... 0,9	0,4...0,5

*Примечания:*

1. При обработке менее прочных сталей значения подач следует уменьшить, умножая табличное значение на коэффициент  $K = 0,45$ .

2. При обработке более прочных сталей значения подач следует увеличить, умножая табличное значение на коэффициент  $K = 1,25$ .

Таблица 5 - Подачи при фрезеровании пазов концевыми фрезами из стали P9 или P18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев фрезы	Ширина паза, мм	Глубина паза, мм		
			5	10	15
			Подача на один зуб фрезы, мм/зуб		
<i>Обработка стали</i>					
8	5	8	0,02...0,015	0,018...0,012	—
10	5	10	0,035... 0,025	0,030... 0,020	0,015... 0,010
16	4	16	0,06... 0,05	0,05...0,04	0,04 ...0,03
	3		0,08...0,07	0,07...0,06	0,05... 0,04
25	5	25	—	0,11...0,08	0,08...0,06
	3		—	0,14...0,10	0,10...0,07
32	6	32	—	0,12...0,09	0,09...0,06
	4		—	0,14...0,10	0,10... 0,07
<i>Обработка чугуна и медных сплавов</i>					
8	5	8	0,025...0,02	0,02...0,015	—
10	5	10	0,05...0,04	0,035...0,02	0,02...0,015
16	4	16	0,08...0,06	0,07... 0,05	0,05... 0,03
	3		0,11...0,08	0,09...0,06	0,08...0,05
20	5	20	0,14...0,09	0,12...0,08	0,08... 0,06
	3		0,16...0,10	0,14...0,10	0,11 ...0,07

Таблица 6 - Подачи при шлифовании наружных цилиндрических поверхностей методом продольной подачи и скорость вращения обрабатываемой поверхности

<b>Продольная подача</b>					
Шероховатость $R_a$ , мкм		Продольная подача, доли ширины круга			
1,2		0,2...0,3			
0,63		0,15...0,25			
0,32		0,1 ...0,2			
0,16		0,1...0,16			
0,08		0,1 ...0,12			
<b>Скорость вращения обрабатываемой заготовки</b>					
Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	До 25	25...40	40...63	63... 100	100... 160
Скорость вращения заготовки, м/мин	8... 10	9... 12	10... 15	10... 18	12...20

Таблица 7 - Подача на глубину за один ход стола при шлифовании наружных цилиндрических поверхностей методом продольной подачи

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Скорость вращения заготовки, м/мин	Произведение ширины круга на подачу (в долях ширины круга)					
		3	4	5	6	8	10
		Подача на глубину, мм/ход стола					
До 25	8	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025	—
	10	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	—
25... 40	12	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	—
	10	—	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002
40...63	12	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	0,0015
	15	0,0035	0,003	0,0025	0,002	0,0015	0,001
63... 100	12	—	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025
	15	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002
	18	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	0,0015
100... 160	15	—	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025
	18	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002
	20	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	0,0015

Таблица 8 - Поддачи при сверлении чугуна, конструкционных сталей и цветных сплавов сверлами из быстрорежущей стали, мм/об

Диаметр сверла, мм	Сталь				Чугун и цветные сплавы	
	До 160 НВ	160...240 НВ	240...300 НВ	Свыше 300 НВ	До 170 НВ	Свыше 170 НВ
2...4	0,09...0,13	0,08...0,10	0,06...0,07	0,04...0,06	0,12...0,18	0,09...0,12
4...6	0,13...0,19	0,10...0,15	0,07...0,11	0,06...0,09	0,18...0,27	0,12...0,18
6...8	0,19...0,26	0,15...0,20	0,11...0,14	0,09...0,12	0,27...0,36	0,18...0,24
8...10	0,26...0,32	0,20...0,25	0,14...0,17	0,12...0,15	0,36...0,45	0,24...0,31
10...12	0,32...0,36	0,25...0,28	0,17...0,20	0,15...0,17	0,45...0,55	0,31...0,35
12...16	0,36...0,43	0,28...0,33	0,20...0,23	0,17...0,20	0,55...0,66	0,35...0,41
16...20	0,43...0,49	0,33...0,38	0,23...0,27	0,20...0,23	0,66...0,76	0,41...0,47
20...25	0,49...0,58	0,38...0,43	0,27...0,32	0,23...0,26	0,76...0,89	0,47...0,54

Таблица 9 - Поддачи при предварительном (черновом) развёртывании отверстий развёртками из быстрорежущей стали, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр развертки, мм					
	до 10	10... 15	10... 15	10... 15	10... 15	10... 15
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Чугун (менее 200 НВ) и медные сплавы	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2
Чугун (свыше 200 НВ)	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6

Таблица 10 - Подачи при обработке отверстий зенкерами, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера, мм					
	До 15	15...20	20...25	25...30	30...35	35...40
Сталь	0,5...0,6	0,6...0,7	0,7...0,9	0,8...1,0	0,9...1,1	0,9...1,2
Чугун (менее 200 НВ) и медные сплавы	0,7...0,9	0,9...1,1	1,0...1,2	1,1...1,3	1,2...1,5	1,4...1,7
Чугун (свыше 200 НВ)	0,5...0,6	0,6...0,7	0,7...0,8	0,8...0,9	0,9...1,1	1,0...1,2

Таблица 11 - Число рабочих ходов при нарезании наружной метрической резьбы резцами из быстрорежущей стали

Шаг резьбы, мм	Материал обрабатываемой заготовки					
	Сталь углеродистая		Сталь легированная		Чугун, бронза и латунь	
	Число рабочих ходов					
	Черновых	Чистовых	Черновых	Чистовых	Черновых	Чистовых
1,25 ...1,5	4	2	5	3	4	2
1,75	5	3	6	4	5	3
2,0... 3,0	6		7			
3,5... 4,5	7	4	9	5	6	
5,0...5,5	8		10			
6,0	9		12			6

Таблица 12 - Скорости резания при точении и растачивании конструкционных сталей и сплавов резцами с пластинами из Т15КБ

Предел прочности материала, МПа					Подача, мм/об, не более							
4,4...4,9	5,0...5,5	5,6...6,2	6,3...7,9	8,0...8,9								
Глубина резания, мм, не более												
1,4	—	—	—	—	0,25	0,54	0,97	1,27	1,65	2,15	—	
3	1,4	—	—	—	0,14	1,38	0,75	0,97	1,27	1,65	—	
7	3	1,4	—	—	—	0,25	0,54	0,75	0,97	1,27	2,15	
15	7	3	1,4	—	—	0,14	0,38	0,54	0,75	0,97	1,65	
—	15	7	3	1,4	—	—	0,25	0,38	0,54	0,75	1,27	
—	—	15	7	3	—	—	0,14	0,25	0,38	0,54	0,97	
—	—	—	15	7	—	—	—	0,14	0,25	0,38	0,75	
—	—	—	—	15	—	—	—	—	0,14	0,25	0,54	
Характер обработки					Скорость резания, м/мин							
Наружное продольное точение					417	330	260	231	205	182	144	
Растачивание до диаметра 500 мм					378	299	236	209	186	165	130	
Поперечное точение					518	409	323	287	255	227	188	

Таблица 13 - Скорости резания при точении и растачивании сталей резцами из стали Р9 и Р18

Глубина резания, мм	Подача, мм								
	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3	—
1,4	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3	—
3,0	—	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3
6,0	—	—	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1
12	—	—	—	—	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76
Характер обработки	Скорость резания, м/мин								
	106	89	75	62	52	44	37	31	26
Наружное продольное точение	106	89	75	62	52	44	37	31	26
Растачивание	96	80	67	56	47	39	33	28	23
Поперечное точение	130	109	91	77	64	54	45	38	32

Таблица 14 - Скорости резания при обработке конструкционных сталей концевыми фрезами из стали Р9 и Р18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина обрабатываемого паза, мм	Глубина обрабатываемого паза, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,045	0,06	0,07	0,09
				Скорость резания, м/мин			
16	4	16	10...25	35	30,5	27	—
16	5	16	10...25	34	30	—	—
20	5	20	10...30	33,5	29,5	26,5	23
20	6	20	10...30	33	29	26	—

Таблица 15 - Скорости резания при обработке конструкционных сталей и сплавов цилиндрическими фрезами с пластинами из сплава Т15К6

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,12	0,16	0,22	0,3
				Скорость резания, м/мин			
80	8	20... 80	2	255	233	214	195
			3	220	201	184	169
			4,4	190	174	160	145
			6,5	164	150	137	125
			9,5	141	129	118	108
90	4	20...80	2	276	252	231	211
			3	240	218	199	182
			4,4	205	188	172	157
			6,5	179	162	148	136
			9,5	154	141	129	118
100	10	20... 80	2	257	236	216	197
			3	222	203	186	170
			4,4	192	175	160	147
			6,5	165	151	138	127
			9,5	143	130	119	109

Таблица 16 - Скорости резания при фрезеровании конструкционной стали цилиндрическими фрезами из стали P9 и P18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы					
				0,05	0,1	0,13	0,18	0,24	0,33
				Скорость резания, м/мин					
75	8	12... 40	3	62	54	49	43,9	38,5	—
			5	52	46,5	42	37	33	—
			8	45,5	40,5	36,5	32,5	28,5	—
		41 ...130	3	54	48,5	44	39	34	—
			5	46,5	41,5	38	33,5	29,5	—
			8	40,5	36	32,5	28,5	25,5	—
90	8	12...40	3	66	59	53	47,5	42	—
			5	57	51	46,5	41	36	—
			8	49,5	44	40,5	35,5	31	—
		41 ...130	3	59	52	48	42	37	—
			5	51	45	40,5	36	31,5	—
			8	44	39	35	31	27,5	—
110	10	12... 40	3	71	63	57	51	44,5	40
			5	61	54	48,5	43,3	38,5	34
			8	52	46,5	42,5	37,5	33	29,5
			13	45,5	41	37	33	29	26
		41... 130	3	63	56	50	45	39,5	35
			5	54	48	43,5	38,5	34	30,5
			8	46,5	41,5	37,5	33	29,5	26,5
			13	41	36,5	33	29	26	23

Таблица 17 - Режимы резания при шлифовании валов методом радиальной подачи

Диаметр шлифуемой поверхности, мм	Длина шлифуемой поверхности							
	до 15		до 20		до 25		до 32	
	Режимы резания							
	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача, мм/об заготовки	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача, мм/об заготовки	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача, мм/об заготовки	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача, мм/об заготовки
до 25	16	0,002	15	0,0015	14	0,001	-	-
25...40	17	0,0025	16	0,002	15	0,0015	14	0,001
40...63	18	0,003	17	0,0025	16	0,002	15	0,0015
63...80	-	-	18	0,003	17	0,0025	16	0,002
80...100	-	-	-	-	18	0,003	17	0,0025
100...125	-	-	-	-	-	-	18	0,003
125...160	-	-	-	-	-	-	19	0,004
160...200	-	-	-	-	-	-	20	0,005

Таблица 18 - Режимы обработки при сверлении (работа с охлаждением) конструкционных сталей (Хвостовик сверла закрепляется напрямую в шпинделе станка либо через переходную втулку)

Подача, мм/об	Диаметр сверла, мм, не более									
	2	4	6	10	14	20	24	30	40	50
	Скорость резания, м/мин									
0,25	-	-	-	30	34	35	-	-	-	-
0,3	-	-	-	-	-	31	34	33	-	-
0,5	-	-	-	-	-	-	-	26	26	27

Таблица 19 - Режимы обработки для твердосплавных удлиненных сверл при сверлении углеродистой, легированной стали, чугуна и закаленная стали

Диаметр сверла, мм	Сталь			
	До 160 НВ	160...240 НВ	240...300 НВ	Свыше 300 НВ
	Скорость резания $V_p$ , м/мин			
	70-110	60-100	60-95	50-70
Подача, мм/об				
2...4	0,09-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	0,04-0,06
4...6	0,13-0,19	0,10-0,15	0,07-0,11	0,06-0,09
6...8	0,19-0,26	0,15-0,20	0,11-0,14	0,09-0,12
8...10	0,26-0,32	0,20-0,25	0,14-0,17	0,12-0,15
10...12	0,32-0,36	0,25-0,28	0,17-0,20	0,15-0,17
12...16	0,36-0,43	0,28-0,33	0,20-0,23	0,17-0,20
16...20	0,43-0,49	0,33-0,38	0,23-0,27	0,20-0,23
20...25	0,49-0,58	0,38-0,43	0,27-0,32	0,23-0,26

Таблица 20 - Величина врезания и перебега резца при работе на токарных станках

Глубина резания, мм	Главный угол резца в плане, ...*							Величина перебега, мм
	10	15	20	30	45	60	75	
	Величина врезания, мм							
1	5,7	3,7	2,7	1,7	1	0,6	0,3	1
2	11,3	7,5	5,5	3,5	2	1,2	0,6	1
3	17	11,2	8,2	5,2	3	1,7	0,8	2
4	6,2	14,9	11	6,9	4	2,3	1,1	2
5	4,2	18,6	13,7	8,7	5	2,9	1,3	2
6	34	22,4	16,5	10,4	6	3,5	1,6	2
7	40	26	19,2	12,1	7	4	1,9	2
8	45,2	29,8	22	13,8	8	4,6	2,1	3
9	51	33,6	24,7	15,7	9	5,2	2,4	3
10	57	37,3	27,4	17,3	10	5,8	2,7	3

Таблица 21 - Суммарное значение врезания и перебега при фрезеровании торцевыми фрезами

Ширина фрезерования, мм	Диаметр торцевых и концевых фрез, мм					
	До 20	32	40	50	80	100
	Сумма длины врезания и перебега (выхода), мм					
16	6	5	5	5	5	—
20	7	6	5	5	5	5
25	—	10	7	7	6	6
32	—	—	10	9	7	7
40	—	—	—	14	10	8
60	—	—	—	—	20	14
80	—	—	—	—	—	24

Таблица 22 - Суммарное значение врезания и перебега при фрезеровании дисковыми фрезами

Глубина фрезерования, мм	Диаметр дисковых, прорезных фрез, мм					
	До 16	32	40	50	80	100
	Сумма длины врезания и перебега (выхода), мм					
1	5	9	9	11	13	14
2	6	11	12	14	17	18
3	7	12	14	16	19	21
4	7	13	15	18	22	24
5	7	14	16	19	24	26
6	—	15	17	20	25	28
8	—	16	19	22	29	31

Таблица 23 - Суммарная длина подвода, врезания и перебега режущего инструмента при сверлении, зенкерования, развертывании

Тип отверстия	Метод обработки	Диаметр режущего инструмента, мм					
		2,5	6	10	16	20	25
		Сумма длин подвода, врезания и перебега (выхода) режущего инструмента, мм					
Сквозные отверстия	Сверление сверлом с нормальной заточкой	2,0	3	5	6	8	10
	Зенкерование	—	—	—	3	4	5
	Обработка стали разверткой с углом конуса 15°	—	8	10	12	14	16
	Обработка чугуна разверткой с углом конуса 5°	—	10	12	15	17	20
Глухие отверстия	Сверление	1,5	2	4	6	8	10
	Зенкерование	—	—	—	2	2	2
	Развертывание	—	2	3	3	3	3

Таблица 1 - Вспомогательное время при работе на токарных и шлифовальных станках, мин

Способ установки заготовки	Масса заготовки, кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
В центрах с хомутиком	—	0,35	0,44	0,54	0,64	0,91	1,12
В центрах с люнетом	—	0,44	0,5	0,64	0,78	0,91	1,12
На гладкой оправке	—	0,42	0,53	0,67	0,79	0,91	1,1
На оправке с гайкой	0,48	0,53	0,61	0,7	0,75	0,8	0,86
В патроне без выверки	0,18	0,2	0,22	0,27	0,33	0,38	0,39
В патроне с выверкой	—	0,4	0,47	0,56	0,63	0,70	0,84
В патроне с люнетом	—	0,4	0,41	0,53	0,60	0,67	0,78
На магнитном столе	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4

Таблица 2 - Вспомогательное время при работе на фрезерных станках, мин

Способ установки заготовки	Масса заготовки, кг		
	0,5	3	5
В тисках с эксцентриковым зажимом	0,9	0,11	0,16
В тисках с рукояткой	0,12	0,19	0,21
В тисках с воротком	0,14	0,21	0,24
С применением механизированного зажима	0,06	0,09	0,11
С закреплением прихватами и гаечным ключом в специальном приспособлении	0,12	0,15	0,23

Таблица 3 - Подготовительно-заключительное время при работе на токарных станках, мин

Способ установки обрабатываемой заготовки	Высота центров станка, мм			
	200	400	600	800
Подготовительно-заключительное время, мин				
В центрах станка или на центральной оправке	4	5,8	6,8	8,6
В самоцентрирующем трех-кулачковом патроне	6...7	6,6...8,1	8,8... 10,8	12,1...14,7
На планшайбе в приспособлении	10	11,2	14,1	19,1
На планшайбе с креплением болтами	5,0	5,7	7,8	11,1
В цанговом патроне с затяжной гайкой	4,8	5,8	6,5	7,9
На концевой оправке	3,0	3,6	3,8	—
Наладка станка для нарезания резьбы	До 2	До 3	До 4	До 5

Таблица 4 - Подготовительно-заключительное время при работе на фрезерных станках, мин

Наименование приспособления для детали	Длина стола станка, мм	
	700	1200
Тиски, закрепленные на столе станка	8,9	11
Центры с делительным приспособлением	12,4	13,7
Центры с оправкой и делительным приспособлением	12,3	13,9
Трехкулачковый патрон	10,2	11,2
Трехкулачковый патрон с центром задней бабки	10,7	11,8
Цанговый патрон с делительным приспособлением	10,0	11,0
Специальное приспособление (без выверки)	11	12,3

Таблица 5 - Подготовительно-заключительное время при работе на круглошлифовальных станках, мин

Способ установки заготовки		Высота центров, мм	
		150	250
		Время, мин	
В центрах или на оправке в центрах		7,0	8,0
В самоцентрирующем патроне		10,0	11,0
В самоцентрирующем патроне и люнете		12,0	14,0
В четырехкулачковом патроне и люнете		14,0	16,0
На магнитном столе		6	
<i>Величина добавления времени в следующих случаях</i>			
Расшлифовка кулачков патрона	Диаметр патрона: до 200 мм	6,0	8,0
	свыше 200 мм	8,0	10,0
Установка и снятие цангового патрона		1,0	1,2
Установка и снятие приспособления:			
	без выверки	1,5	2,0
	с выверкой	2,5	4,0
Установка дополнительного люнета:			
	открытого типа	2,5	3,0
	закрытого типа	2,0	2,8
Смена шлифовального круга		6,0	8,0
Правка шлифовального круга:			
	один диаметр	1,0	1,5
	один торец	1,5	2,0
	один радиус	0,5	0,5
Смена кулачков:			
	трехкулачковый патрон	1,5	2,0
	четырекулачковый патрон	2,5	3,5
Настройка скобы для активного контроля		10	10

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И  
АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА»

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора по учебной работе

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ  
НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**МДК 01.01 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО  
ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 15.02.15** Технология металлообрабатывающего производства

студента \_\_\_\_\_ группы очной формы обучения

\_\_\_\_\_ (фамилия, имя, отчество полностью)

Тема курсового проекта: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ утверждена решением Методической комиссии, протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Курсовой проект должен быть представлен на отзыв в виде пояснительной записки и графической части.

**СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Разрабатываемый вопрос	Объем от всего задания в %	Срок выполнения	Прим.
<b>1. Общая часть</b>	<b>20%</b>		
1.4. Анализ исходных данных, описание назначения детали и её материала	5%		
1.5. Анализ технологичности детали	10%		
1.6. Выбор и характеристика типа производства	5%		
<b>2. Специальная часть</b>	<b>40%</b>		
2.4. Выбор метода получения заготовки	10%		
2.5. Проектирование технологического маршрута обработки детали	15%		
2.6. Проектирование операций технологического процесса обработки детали	15%		
<b>3. Расчетная часть</b>	<b>40%</b>		
3.1 Расчет промежуточных припусков и промежуточных размеров	15%		
3.2 Расчёт режимов резания на операции технологического маршрута	20%		
3.3 Расчет нормы времени на операции технологического маршрута	5%		

Структура альбома технологической документации курсового проекта

1. Титульный лист
2. Маршрутная карта
3. Операционные карты
4. Карты эскизов

Графическая часть курсового проекта

1. Рабочий чертёж детали
2. Рабочий чертёж заготовки

Дата выдачи «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Дата сдачи выполненной работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Задание принял к исполнению

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_./

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**  
**ПО МДК 01.01 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ**  
**ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ**  
**АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*специальности 15.02.15* Технология металлообрабатывающего производства

ТЕМА:

---

---

Исполнитель:

\_\_\_\_\_  
студент группы \_\_\_\_\_  
очного отделения

\_\_\_\_\_  
(подпись)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель:

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

\_\_\_\_\_  
(оценка)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Саратов 20\_\_

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА»

**Отзыв на курсовой проект**

Студент \_\_\_\_\_, группа \_\_\_\_\_

Специальность \_\_\_\_\_

Тема \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Объём курсового проекта:**

Пояснительная записка на \_\_ листах; графическая часть на \_\_ листах; альбом технологических документов на \_\_ листах.

**Сжатое описание курсового проекта:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Отрицательные особенности проекта:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Положительные стороны проекта:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Предлагаемая оценка курсового проекта: \_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Отзыв составил \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /, преподаватель

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.