



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)**



Методические указания

по дисциплине

«Технология машиностроения»

для обучающихся по направлению подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств

профиль Технология машиностроения

2020 года набора

Волгодонск, 2021

## **Лист согласования**

Методические указания по дисциплине «Технология машиностроения»  
составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного  
образовательного стандарта высшего образования по направлению  
подготовки (специальности)  
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «ТСиИТ» протокол № 10  
от «26» апреля 2021 г.

## Содержание

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2	14
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3	26
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4	36
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5	42

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

**Тема:** Определение типа производства

**Цель:**

- Приобретение навыков определения типа производства различными методами
- Приобретение навыков работы со справочной литературой

**Теоретическая часть:**

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

Тип производства определяется многими факторами, основными из которых являются: величина годовой программы, трудоемкость изделия, загрузка станков и масса изделия.

*Объём выпуска изделий* – количество изделий определённого наименования, типоразмера и исполнения, изготовленных или ремонтируемых объединением, предприятием или его подразделением в течение планируемого интервала времени.

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 современное производство подразделяется на три типа:

- единичное;
- серийное;
- массовое.

Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций –  $K_{з.о.}$  (согласно ГОСТ 3.1108 – 74 и ГОСТ 14.004 – 83).

*Коэффициент закрепления операций* – отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

$$K_{з.о.} = Q / P \quad (1)$$

Где Q – число операций;

P – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Также тип производства может определяться по формуле:

$$K_{з.о.} = \tau / T_{ш.ср} , \quad (2)$$

где  $\tau$  – такт выпуска изделий, мин /шт;

$T_{ш.ср}$  – среднее штучное время выполнения наиболее характерных операций, мин.

$$T_{ш.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ш.и}}{n} , \quad (3)$$

где n – количество наиболее характерных операций в рассматриваемом технологическом процессе.

Также тип производства может быть определен ориентировочно по годовой программе и массе детали (см. таблицы 1, 2, 3 данных методических указаний).

Таблица 1 – Ориентировочная зависимость типа производства от объема выпуска.

Тип производства	Количество обрабатываемых деталей одного наименования в год		
	тяжелые (масса выше 500 кг)	средние (масса от 30 до 500 кг)	легкие (масса до 30 кг)
Единичное	до 5	до 10	до 100
Мелкосерийное	5...100	10...300	100...500
Среднесерийное	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийное	300...1000	500...5000	5000...50000

Массовое	свыше 1000	свыше 5000	свыше 50000
----------	------------	------------	-------------

Таблица 2 – Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1,0	< 10	10 – 2000	2000 – 75 000	75 000 – 200 000	> 200 000
1,0 – 2,5	< 10	10 – 1000	1000 – 50 000	50 000 – 100 000	> 100 000
2,5 – 5,0	< 10	10 – 500	500 – 35 000	35 000 – 75 000	> 75 000
5,0 – 10	< 10	10 – 300	300 – 25 000	25 000 – 50 000	> 50 000
> 10	< 10	10 – 200	200 – 10 000	10 000 – 25 000	> 25 000

Таблица 3 – Характеристика типов производства значениями  $K_{з.о.}$

Тип производства	Коэффициент закрепления операций, $K_{з.о.}$
Массовое	$\leq 1$
Серийное:	
крупносерийное	$< 1 \leq 10$
среднесерийное	$< 10 \leq 20$
мелкосерийное	$< 20 \leq 40$
Единичное	$> 40$

**Единичное производство** – производство, характеризуемое широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объёмом выпуска изделий.

В единичном производстве изделия изготавливаются единичными экземплярами разнообразными по конструкции или размерам, причём повторяемость этих изделий редка или совсем отсутствует (турбостроение, судостроение).

В этом типе производства, как правило, используется универсальное оборудование, приспособления и измерительный инструмент, рабочие имеют высокую квалификацию, сборка производится с использованием слесарно-пригоночных работ, т. е. по месту. Станки располагаются по признаку однородности обработки, т. е. создаются участки станков, предназначенных для одного вида обработки – токарных, строгальных, фрезерных и др. Технологическая документация не разрабатывается подробно. Могут разрабатываться только маршрутные карты (МК), в лучшем случае. Здесь имеет место низкая производительность труда и высокая себестоимость выпускаемой продукции.

Коэффициент закрепления операций –  $K_{з.о.} > 40$ .

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

В зависимости от количества изделий в партии или серии и значение коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Коэффициент закрепления операций в соответствии со стандартом принимают равным:

- для мелкосерийного производства – свыше 20 до 40 включительно;
- для среднесерийного производства – свыше 10 до 20 включительно;
- для крупносерийного производства – свыше 1 до 10 включительно.

Основные признаки серийного производства:

– станки применяются разнообразных типов: универсальные, специализированные;

- кадры различной квалификации;
- работа может производиться на настроенных станках;
- применяется и разметка и специальные приспособления;
- сборка без пригонки и т. д.

Оборудование располагается в соответствии с предметной формой организации работы.

Станки располагаются в последовательности технологических операций для одной или нескольких деталей, требующих одинакового порядка обработки. В той же последовательности, очевидно, образуется и движение деталей (так называемые предметно-замкнутые участки). Обработка деталей производится партиями. При этом время выполнения операций на отдельных станках может быть не согласованно со временем операций на других станках.

Изготовленные детали хранятся во время работы у станков и затем транспортируются всей партией.

Широко применяется в серийном производстве станки с ЧПУ, многоцелевые станки и ГПС (гибкие производственные системы).

Серийное производство является основным типом машиностроительного производства. Примерно 78...80 % всей продукции машиностроения страны изготавливается на заводах серийного производства.

Примером серийного производства являются предприятия, изготавливающие станки, прессы, текстильные машины, насосы, вентиляторы и т.д.

В серийном производстве заготовки обрабатываются партиями.

*Партия* – это группа заготовок одного наименования и типоразмера, запускаемая в обработку одновременно или непрерывно в течении определённого интервала времени.

Количество деталей в партии в серийном производстве рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (4)$$

где  $N$  – годовая программа выпуска изделий, шт;

$a$  – периодичность запуска в днях.

Рекомендуется следующая периодичность запуска изделий:

- для крупных деталей – 3 или 6 дней;
- для средних деталей – 12 дней;
- для мелких деталей – 24 дня.

$F$  – число рабочих дней в году. В 2010 году  $F = 248$  рабочих дней.

**Примечание** – значение  $n$  округляется до ближайшего целого числа.

*Массовое производство* – производство, характеризуемое узкой номенклатурой и большим объёмом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени.

Коэффициент закрепления операций для массового производства принимают равным единице –  $K_{30} = 1$ .

Таким образом, изделия изготавливаются в большом количестве длительное время, конструкция изделия меняется плавно.

Рабочая сила – низкой квалификации при наличии настройщиков, оборудование автоматизированное, полная взаимозаменяемость при сборке.

Массовому производству присуща поточная форма организации производства, при которой операции обработки или сборки машины закреплены за определённым оборудованием или рабочими местами, оборудование расположено в порядке выполнения операций, а изготавливаемая деталь передается с одной операции на следующую сразу после выполнения предшествующей операции, как правило, при помощи специальных транспортных устройств.

В массовом производстве широко используют специальные станки, станки-автоматы, автоматические линии и заводы, специальные режущие и измерительные инструменты и различные средства автоматизации.

Массовое производство требует первоначальных больших затрат, которые окупаются при высоком объёме выпускаемой продукции и высокой производительности.

Для массового производства определяется величина такта выпуска  $\tau$ , мин/шт

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N},$$

(5)

где  $F_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч ([Горбачевич] с. 22 таблица 2.1);

$N$  – программа выпуска изделий в планируемом периоде, шт.

Приведём сравнительную характеристику типов производства в таблице 4.

Таблица 4 Сравнительная характеристика типов производства

Сравниваемые признаки	Типы производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
Номенклатура и объём выпуска	Неограниченная номенклатура изделий, изготавливаемых по заказу	Ограниченная номенклатура изделий, изготавливаемых партиями	Узкая номенклатура изделий, изготавливаемых в больших количествах
Повторяемость выпуска	Отсутствует	Периодически	Постоянная
Коэффициент закрепления операций	> 40	Мелкосерийное 20 ... 40 Среднесерийное 10 ... 20 Крупносерийное 1 ... 10	1
Применяемое оборудование	Универсальное и с ЧПУ	Универсальное и с ЧПУ; частично специализированное; специализированное	В основном специальное, автоматические линии, станки-автоматы
Закрепление операций за станками	Отсутствует	Устанавливается ограниченное число операций на станке	Одна операция и менее на один станок
Расположение	По группам	По группам;	По ходу

оборудования	однородных станков	по участкам; по ходу технологического процесса обработки деталей	технологического процесса обработки деталей
Специализация рабочих мест	Отсутствует	На выполнение нескольких операций	На выполнение одной операции
Передача предметов труда с операции на операцию	Последовательная	Последовательно-параллельная	Параллельная
Квалификация рабочих	Высокая	Высокая и средняя	Невысокая (высокая наладчиков)
Рабочий инструмент	Стандартный и нормализованный	Стандартный и нормализованный и специальный	Специальный и нормализованный
Контрольно-измерительный инструмент	Универсальный	Предельный и универсальный	Предельный и специальный
Приспособления	Универсальные и нормализованные	Специализированные и переналаживаемые	Специальные
Детализация разработки технологической документации	Маршрутная	Маршрутно-операционная	Подробная маршрутно-операционная вплоть до разработки отдельных приёмов
Форма организации производственного процесса	Технологическая	Предметная, групповая, гибкая предметная	Прямолинейная, поточная
Себестоимость изделий	Высокая	Средняя	Низкая
Производственный цикл	Длительный	Средний	Минимальный
Производительность труда	Невысокая	Средняя	Максимальная
Нормирование	Опытно-статистическое	Расчётное и опытно-статистическое	Расчётное с экспериментальной проверкой

В соответствии с литературой [4] при расчётах для действующего цеха (участка) коэффициент закрепления операций  $K_{з.о.}$  можно определить по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_o}{P_{я}} = \frac{K_b \cdot \Phi \cdot \sum P_{я}}{\sum N_i \cdot T_i}$$

- где  $\sum P_o$  – суммарное число различных операций;  
 $P_{я}$  – явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операции;  
 $K_b$  – коэффициент выполнения норм,  $K_b=1,3$ ;  
 $\Phi$  – месячный фонд времени рабочего при работе а одну смену, ч;  
 $\sum N_i \times T_i$  – суммарная трудоёмкость программы выпуска, ч;



$N_i$  – программа выпуска каждой  $i$ -ой позиции номенклатуры, шт;

$T_i$  – трудоёмкость  $i$ -ой позиции номенклатуры, ч.

В условиях учебного технологического проектирования при заданной годовой программе выпуска  $N_r$ , шт, и известной трудоёмкости основных операций технологического процесса, мин, явочное число рабочих  $P_r$  может быть принято равным числу рабочих мест  $P_{р-м}$ . В тоже время условное число однотипных операций  $\Pi_{oi}$ , выполняемых на одном рабочем месте, может быть определено как

$$\Pi_{oi} = \frac{K_{зн}}{K_{зф}} \quad 7$$

где  $K_{зн}$  – нормативный коэффициент загрузки рабочего места всеми, закреплёнными за ним операциями;

$K_{зф}$  – фактический коэффициент загрузки данной операцией.

Рассчитывается фактический коэффициент загрузки по формуле

$$K_{зф} = \frac{T_{ш-к} \cdot N_r}{60 \cdot F_d} \cdot K_b \quad 8$$

где  $K_b$  – коэффициент выполнения норм;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Принимая по справочным данным  $K_b = 1,3$ ;  $\eta_n = 0,8$ ;  $F_d = 4015$  ч и сделав ряд преобразований получим

$$\Pi_{oi} = \frac{60 \cdot K_{зн} \cdot F_d \cdot K_b}{T_{ш-к} \cdot N_r}$$

### **Содержание и порядок выполнения работы**

- 1 Внимательно изучить теоретическую часть работы
- 2 По исходным данным 5 индивидуальных заданий (варианты в соответствии с порядковым номером по журналу) определить тип производства, сделав необходимые вычисления
- 3 Дать краткую характеристику установленного типа производства
- 4 Дать ответы на контрольные вопросы

### **Отчёт должен содержать**

- 1 Наименование темы работы
- 2 Цель работы
- 3 Задание и исходные данные для определения типа производства в виде таблицы, соответствующей таблице варианта по порядковому номеру из журнала группы
- 4 Решение индивидуальных заданий с подробной характеристикой установленного типа производства
- 5 Ответы на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как характеризуются различные типы производства?
- 2 Как определяется технологический процесс по ГОСТ 3.1109-82?
- 3 В чем отличие производственного процесса от технологического?
- 4 Что называют технологической операцией?
- 5 Какие элементы технологических операций определены ГОСТ 3.1109-82?
- 6 Укажите формулу определения коэффициента закрепления операций ( $K_{з.о.}$ ) и физический смысл формулы.
- 6 Что называется кооперацией и специализацией производства?
- 7 Как определить массу детали? Укажите формулу.

### ЗАДАЧА 1

Определить тип производства, если известно:

- число операций  $Q = 40$ ;
- количество рабочих мест  $P = 20$ .

Задача 1			
Определить тип производства, если известно:	тип производства,	если	число операций
			Q
Вариант			количество рабочих мест
			P
			40
			20

#### Решение

Тип производства определим по коэффициенту закрепления операции  $K_{з0}$

$$K_{з0} = Q / P,$$

где  $Q$  – число операций;

$P$  – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

$$K_{з0} = 40 / 20 = 2.$$

Тип производства – крупносерийный согласно таблицы 3, т.к.  $1 < K_{з0} \leq 10$ .

*Примечание* – Далее следует указать характеристику указанного типа производства в соответствии с таблицей 4 и теоретических материалов данных методических указаний.

Задача 1			
Определить тип производства, если известно:	тип производства,	если	число операций
			Q
Вариант			количество рабочих мест
			P
	1		1300
	2		209
	3		520
	4		816
	5		17
	6		339
	7		22
	8		8
	9		820
	10		833
	11		1200
	12		230
	13		540
	14		920
	15		20
	16		410
	17		20
	18		10
	19		860
	20		870
	21		100
	22		320
	23		530
	24		345

	25	220	189
--	----	-----	-----

### ЗАДАЧА 2

Определить ориентировочно тип производства, если известно:

- масса детали «Колесо зубчатое»  $M_{дет} = 1,5$  кг;
- годовая программа выпуска изделий  $N = 9$  шт.

Задача 2			
Определить ориентировочно тип производства, если известно:	тип	масса детали, кг	годовая программа выпуска изделий, шт
		$M_{дет}$	N
Вариант		1,5	9

### Решение

По таблице 2 (т.к. масса детали незначительная, менее 30 кг) данных методических указаний определим ориентировочно тип производства – единичный. Единичный тип производства характеризуется  $K_{зо} > 40$  (см. таблицу 1).

*Примечание* – Далее следует указать характеристику указанного типа производства в соответствии с таблицей 4 и теоретических материалов данных методических указаний.

Задача 2			
Определить ориентировочно тип производства, если известно:	тип	масса детали, кг	годовая программа выпуска изделий, шт
		$M_{дет}$	N
Вариант	1	550	1200
	2	450	800
	3	28	5000
	4	1000	4
	5	980	99
	6	3	72890
	7	30	100
	8	2,8	400000
	9	25	4900
	10	24	48000
	11	21	60000
	12	50	10
	13	60	300
	14	100	500
	15	180	5000
	16	5000	6100
	17	0,2	8
	18	2	15
	19	4,5	490
	20	8	290
	21	12	200
	22	1,1	75000
	23	2,5	48000
	24	4,8	31500

	25	8,9	25000
--	----	-----	-------

### ЗАДАЧА 3

Определить тип производства, если известно:

- такт выпуска изделий  $\tau = 5 \text{ мин/шт}$ ;
- среднее штучное время выполнения характерных операций  $T_{ш.ср} = 6,5 \text{ мин}$ .

Задача 3			
Определить тип производства, если известно:	тип если	такт выпуска изделий, мин/шт	среднее штучное время выполнения характерных операций, мин
		$\tau$	$T_{ш.ср}$
Вариант		5	6,5

Решение: Тип производства для заданных условий может определяться по формуле

$$K_{30} = \tau / T_{ш.ср},$$

где  $\tau$  – такт выпуска изделий, мин / шт;

$T_{ш.ср}$  – среднее штучное время выполнения наиболее характерных операций, мин.

$$K_{30} = 5 / 6,5 \approx 0,8.$$

Данному коэффициенту закрепления операций соответствует тип производства – массовый согласно таблицы 3, т.к.  $K_{30} \leq 1$ .

*Примечание* – Далее следует указать характеристику указанного типа производства в соответствии с таблицей 4 и теоретических материалов данных методических указаний.

Задача 3			
Определить тип производства, если известно:	тип если	такт выпуска изделий, мин/шт	среднее штучное время выполнения характерных операций, мин
		$\tau$	$T_{ш.ср}$
Вариант т	1	1,5	2,5
	2	2,5	2,5
	3	3,5	5
	4	4,9	1,0
	5	15	2,2
	6	16	5,3
	7	17,3	2,0
	8	3,2	7,0
	9	15	3
	10	25	2,2
	11	15	1
	12	1,6	3,5
	13	2,5	2,5
	14	4,5	7
	15	5,0	2,0
	16	25	1
	17	15	6
	18	18	2,6
	19	4	8
	20	19	4,2
	21	28	3,1
	22	18	2,0

	23	1,3	2,7
	24	2,4	2,2
	25	3,8	5,2

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

**Тема:** Определение припусков на механическую обработку по ГОСТу и таблицам (опытно-статистический метод расчёта припусков – ОСМОП)

### Цель

- Приобретение навыков расчёта припусков на механическую обработку для заготовки, полученной двумя методами: литьём в песчано-глинистые формы и штамповку
- Приобретение навыков работы со справочной литературой

### Необходимые материалы и данные

- 1 Рабочий чертеж детали класса втулка (колесо зубчатое, вал)
- 2 Чертежные принадлежности
- 3 Листы писчей бумаги формата А4 оформленные по ГОСТ 2.105-95 “Общие требования к текстовым документам”
- 4 Тип производства – массовый (серийный, единичный)

### Содержание и порядок выполнения работы

**Расчёт массы детали** (втулка, колесо зубчатое, вал)

Масса детали (класса вал ступенчатый)  $M_{дет}$ , кг

Масса детали  $M_{дет}$ , кг (если масса не известна)

$$M_{дет} = \frac{V_{дет} \cdot \rho}{10^3}, \quad (1)$$

где  $V_{дет}$  – объем детали,  $см^3$ ;  
 $\rho$  – плотность материала,  $г/см^3$ ;

*Примечание* – Для стали  $\rho = 7,85 г/см^3$ ;  
для чугуна  $\rho = 7,1 г/см^3$ .

Объем детали (цилиндрической формы)  $V_{дет}$ ,  $см^3$

$$V_{дет} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l,$$

(2)

где  $D$  – диаметр наружной поверхности, см;

$l$  – длина детали, см.

Масса детали (класса «Вал ступенчатый»)  $M_{дет}$ , г

$$M_{дет} = \rho \cdot \left( \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot l_1 + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot l_2 + \dots + \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot l_n \right) \quad (3)$$

### Расчёт заготовки-отливки

Расчёт заготовки отливки проводится в следующем порядке по ГОСТ 26645-85:

- выбор способа получения отливки;
- определение группы сложности отливки (см. приложение А);

- определение класса точности размеров и масс отливки ([1] или [2] с. 581 таблица 1) и запись в графу 3 таблицы 1;
- определение ряда припусков и запись в графу 5 таблицы 1;
- определение допусков линейных размеров отливок ([2] таблица 2 с. 582) и запись в графы 7 и 8;
- определение припусков на механическую обработку отливок (2] таблица 3 с. 583) и запись в графы 9 и 10;
- определение размеров заготовки – отливки и запись в графу 11 таблицы 1;
- вычерчивание заготовки-отливки с размерами, допусками и припусками на механическую обработку

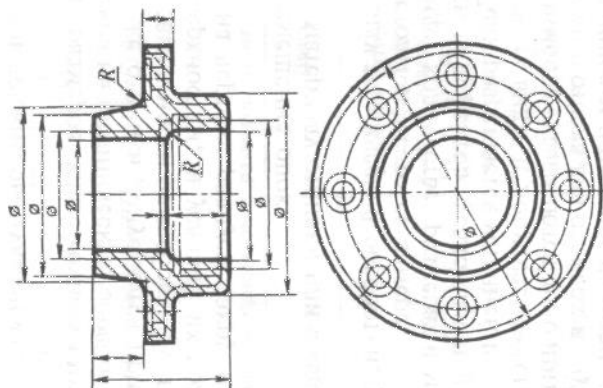


Рисунок 1 – Заготовка – отливка

1. Неуказанные формовочные уклоны, град – ...
2. Литейные радиусы, мм –
3. Смещение по линии разъема допускается до, мм – ...
4. На необрабатываемых поверхностях допускаются раковины до – ... мм и глубиной не более ..... мм толщины стенки.
5. Точность отливки 8 – 5 – 4 – 7 См. 0,8 ГОСТ 26645-85

*Примечания:*

1 – На эскизе заготовки, выполненном в произвольном масштабе, но соблюдая пропорции, обязательно указать технические требования в соответствии с ГОСТ 26645-85 (см. рисунок 1).

2 – Контур детали в заготовке – отливке вычерчивать тонкой сплошной линией;

3 – Обязательно указывать на эскизе заготовки-отливки размер припуска на сторону.

- расчет массы заготовки отливки по полученным размерам  $M_{заг}$ , кг;
- расчет коэффициента использования металла по формуле

$$K_{и.м.} = M_{дет} / M_{заг}. \quad (4)$$

*Примечание* – Пример расчёта припусков на отливку смотри таблицу 1.

Таблица 1 Определение размеров заготовки-отливки (пример выполнения таблицы)

Наименование поверхности	Размеры детали, мм	Класс точности размеров и масс	Ряды припусков	Допуск	Припуск, мм	Расчет припуска, мм	Размер заготовки с допусками, мм	ГОСТ

		абл	рин.	абл	рин.	мм					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Наружная	Ø110h8	9 – 13г	9 – для массового производства	3 - 6	3	,6	0,8	,4; <b>3,2</b>	2·3,2=6,4	Ø116,4±0,8	26645-85
Внутренняя	Ø50К6					,2	0,6	,2; <b>3,0</b>	2·3,0=6,0	Ø44±0,6	
2 торца	100h14					,4	0,7	,4; <b>3,2</b>	2·2,4=4,8	Ø114,8±0,7	

#### Расчёт заготовки-штамповки

Расчёт заготовки – штамповки по ГОСТ 7505 – 89 ([3] или [4]) в следующем порядке:

- ориентировочная величина расчетной массы поковки  $M_{п.р}$ , кг по ([3] с. 8)

$$M_{п.р} = M_{д} \cdot K_{р}, \quad (5)$$

где  $M_{п.р}$  – расчетная масса поковки, кг;

$M_{д}$  – масса детали, кг;

$K_{р}$  – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с приложением 3 таблица 20 ([3] с. 8);

- класс точности поковки – Т ... ([3] приложение 1, таблица 19 с. 28);
- группа стали – М ... ([3] таблица 1 с. 8);
- конфигурация поверхности разъема штампа – .... ([3] таблица 1 с. 8);
- степень сложности  $C$  ([3] приложение 2, с. 30);
- размеры описываемой поковку фигуры (цилиндр), см:
- диаметр –  $D$  см · 1,05;
- длина –  $L$  см · 1,05;
- определяем массу описываемой фигуры  $G_{ф}$ , кг

$$G_{ф} = 0,00612 \cdot [(D \text{ см} \cdot 1,05)^2 \cdot (L \text{ см} \cdot 1,05)] \quad (6)$$

- степень сложности поковки –  $C$  ... (с.30), т.к. соотношение

$$C = G_{п} / G_{ф}, \quad (7)$$

где  $G_{ф}$  – масса описываемой фигуры, кг;

$G_{п} = M_{п.р}$  – масса поковки (расчётная масса поковки см. формулу (5)), кг;

- исходный индекс – ... (таблица 2 с. 10);
- запишем исходный индекс в таблицу (см. пример таблицы 2);
- проверить правильность определения индекса по формуле

$$\text{ИИ} = \text{НИ} + (M \dots - 1) + (C \dots - 1) + 2 \cdot (T \dots - 1), \quad (8)$$

где НИ – номер интервала массы поковки  $M_{п.р}$ . (см. таблицу 3 с.12 ГОСТ );

$M$  – группа стали;

$C$  – степень сложности;

$T$  – класс точности.



*Примечание* – При расчете формулы на буквы в скобках не обращать внимания! Например:

$$НИ = 7 + (МЗ - 1) + (С1 - 1) + 2(ТЗ - 1) = 7 + (3 - 1) + (1 - 1) + 2(3 - 1) = 13;$$

- припуски на механическую обработку, мм (таблица 3 с. 12);
- дополнительные припуски, учитывающие:
  - смещение по поверхности разъема штампа – ..., мм (таблица 4 с. 14);
  - отклонение от плоскостности – ..., мм (таблица 5 с. 14);
- допуски на заготовку-штамповку (таблица 8 с. 17) записываем в графу 10 таблицы 2 данных методических указаний, только после определения размеров заготовки и записи её в графу 11 таблицы 2;
- штамповочный уклон, град (таблица 18, с. 26):
  - на наружной поверхности – ... ;
  - на внутренней поверхности – ... ;
- радиус закруглений наружных углов – ... мм (таблица 7 с. 15).

*Примечание* – Допуски на заготовку-штамповку можно находить только после определения размеров заготовки!

- определение размеров заготовки – штамповки в таблице 2 (см. образец выполнения таблицы 2 данных методических указаний);
- определение массы заготовки – штамповки по полученным размерам  $M_{заг}$ , кг в соответствии с вышеуказанными формулами (1) или (3);
- расчет коэффициента использования материала штамповки  $K_{им}$  по формуле (4);
- вычерчивание эскиза заготовки – штамповки (рисунок 2) в пояснительной записке на отдельном листе соблюдая пропорции по размерам, полученным в таблице 2, с указанием всех размеров, допусков, припусков, шероховатости заготовки и технических требований на ее изготовление в произвольном масштабе, соблюдая пропорции и в соответствии с требованиями стандартов.

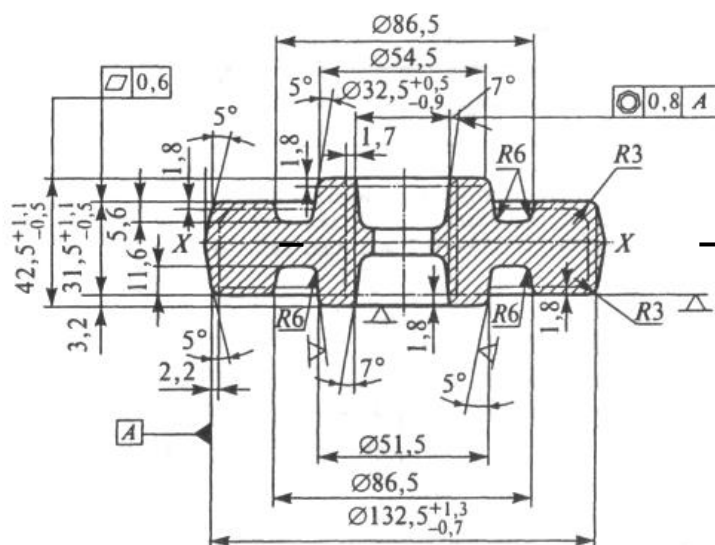


Рисунок 2 – Заготовка – штамповка

1. Класс точности – Т3
2. Нагрев – индукционный
3. Группа стали – М2
4. Конфигурация разъема штампа – П (плоская)
5. Степень сложности – С1
6. Исходный индекс – 10

*Примечания:*

1 – На чертеже заготовки – штамповки в произвольном масштабе, соблюдая пропорции, обязательно указать вышеприведенные технические требования в соответствии с ГОСТ 7505 – 89.

2 – Контур детали в заготовке – штамповке вычерчивать штрих двумя пунктирными линиями.

3 – Следует указывать место разъема штампа.

4 – Обязательно указывать на эскизе заготовки размер припуска на сторону!

Таблица 2 Определение размеров заготовки – штамповки (пример)

Наименование поверхности	Размеры детали, мм	R <sub>a</sub> , мкм	Класс точности	Группа стали	Конфигурация разъема штампа	Степень сложности	Исходный индекс	Расчет припуска, мм	Допуск, мм	Размеры заготовки с допусками, мм	ГОСТ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Наружная	Ø150к6	,6	3	3		1	3	$2(2+0,5+0,4)=$ $2 \cdot 2,9=5,8$		$+1,8$ <del>Ø150</del> $5,8^{+1,8}_{-1,0}$	7505-89
Внутренняя	Ø50Н7	,8						$2(2+0,5+0,4)=$ $2 \cdot 2,9=5,8$		$+1,6$ <del>Ø50</del> $4,2^{+0,9}_{-1,6}$	
Наружная	Ø100h9	,3						$2(1,8+0,5+0,4)=$ $2 \cdot 2,7=5,4$		$+1,8$ <del>Ø100</del> $5,4^{+1,8}_{-1,0}$	
2 торца	232	,2						$2(2,3+0,5+0,4)=$ $2 \cdot 3,2=6,4$		$+2,1$ <del>232</del> $4^{+2,1}_{-1,1}$	
Торец	100	,6						$1,8+0,5+0,4=2,7$ $3,2-2,7=0,5$		$+1,8$ <del>100</del> $5,4^{+1,8}_{-1,0}$	

*Расчёт заготовки полученной свободной ковкой*

Порядок определения припусков на механическую обработку на свободную ковку по ГОСТ 7829 ([3] с.166);.

Выбор необходимой таблицы припусков и предельных размеров в зависимости от вида поковки:

- для гладких поковок круглого, квадратного и прямоугольного сечений ([3] с.166);

- для поковок типа дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин сплошных – с.167;
- для поковок типа раскатных колец – с.170 таблица 3.54;
- для поковок типа втулок с уступами, сплошных и отверстиями, изготавливаемыми в подкладных кольцах – с.174.

Определение припусков и предельных отклонений на размеры заготовки в зависимости от основных размеров детали.

Определение размеров заготовки – поковки в таблице 3.

Таблица 3 Определение размеров заготовки – поковки, полученной свободной ковкой (пример оформления таблицы)

Наибольший диаметр детали, мм	Размеры детали, мм		Припуски и предельные отклонения, мм	Размеры заготовки с предельными размерами, мм	ГОСТ
Ø150h11	Высота	00	10 ± 3	110 ± 3	7829-70
	Наружный диаметр	150	12 ± 4	162 ± 4	
	Внутренний диаметр	50	15 ± 4	35 ± 4	

Определение массы заготовки – поковки по размерам см. пример таблицы 3.

Расчет коэффициента использования материала поковки  $K_{и.м.}$  по вышеуказанным формулам.

Вычерчивание эскиза заготовки – поковки в отчете к практической работе в произвольном масштабе, соблюдая пропорции и в соответствии с требованиями стандартов.

#### Содержание отчета

- 1 Рабочий эскиз детали класса втулка (колесо зубчатое, вал)
- 2 Расчёт массы заданной детали
- 3 Расчёт заготовки отливки
- 4 Таблица 1 Определение размеров заготовки – отливки
- 5 Эскиз заготовки – отливки с размерами, допусками и припусками, техническими требованиями на получение отливки
- 6 Расчёт заготовки-штамповки в вышеуказанном порядке
- 7 Эскиз заготовки – штамповки с размерами, допусками и припусками, техническими требованиями на получение штамповки
- 8 Таблица 2 Определение размеров заготовки-штамповки
- 9 Расчёт размеров заготовки, полученной свободной ковкой
- 10 Таблица 3 Определение размеров заготовки, полученной свободной ковкой в таблице 3 и вычерчивание эскиза заготовки, полученной свободной ковкой
- 11 Вывод о целесообразности одного из методов получения заготовки заданной детали
- 12 Краткие ответа на контрольные вопросы

#### Контрольные вопросы

- 1 Какие виды литья вам известны? В чем заключается их сущность?
- 2 Каковы факторы, влияющие на выбор метода литья?
- 3 В чем заключается сущность литейного производства?
- 4 Дайте алгоритм определения размеров заготовки отливки
- 5 Дайте формулу определения массы заготовки

- 6 По какой формуле определяется коэффициент использования металла?
- 7 Как условно обозначить отливку 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм (точность отливки 8-5-4-7 См. 0,8 ГОСТ 26645-85)?
- 8 В чем заключается сущность процесса штамповки, виды штамповки
- 9 Укажите алгоритм определения размеров заготовки-штамповки
- 10 Перечислите виды ОМД.

### Справочники и учебные пособия

1 ГОСТ 26645 – 85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку

2 ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: ГК СССР по У КП и С.

#### Пример 1 выполнения практической работы № 1

.... Для заданной детали класса “Втулка” указанных размеров определить массу детали и припуски на механическую обработку заготовки отливки, штамповки и свободнойковки, если известно:

Вариант	Размеры детали, мм					Тип производства	Материал
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	d <sub>0</sub>	l <sub>1</sub>	L		
0	Ø 200 h8	Ø 100	Ø 40 H7	20	50	Массовый	сталь 20

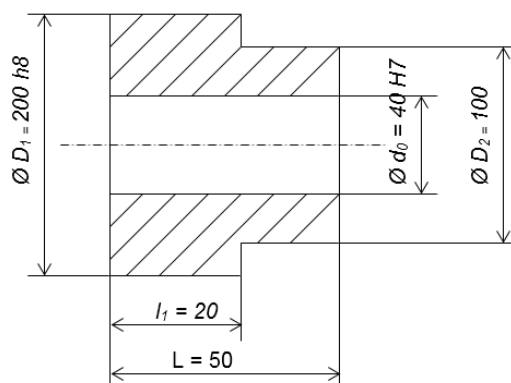


Рисунок 1 – Втулка. Материал – сталь 20

#### Расчёт заготовки отливки

Расчёт заготовки отливки проводится по ГОСТ 26645-85. Выберем способ получения заготовки отливки – литье в песчаные формы.

Рассчитать массу детали

Определим группу сложности отливки – средняя.

Выберем класс точности размеров и масс отливки – 7 – 13 т, т.к. литьё в песчаные формы, детали наибольшим габаритным размером до 630 мм из материала – сталь (см. числитель таблицы 1 [2] с. 581) и запишем в графу 3 таблицы 1.

Примем класс точности размеров и масс – 9, т.к. согласно примечанию средние значения относятся к средним отливкам и условию серийного производства, т.к. по заданию массовое производство, примем не среднее значение, а ближе к меньшему. Запишем в графу 4 принятый класс точности размеров и масс.

Ряд припусков определим по знаменателю – 2 – 5 и запишем в графу 5 таблицы 1.

Примем ряд припусков – 3 и запишем в графу 6.

Допуски линейных размеров отливок определим в зависимости от принятого значения класса точности размеров отливки ([2] таблица 2 с. 582) и запишем в графу 7, в графу 8 запишем симметричные предельные отклонения найденного допуска линейного размера.

Основные припуски на механическую обработку отливок на сторону ([2] таблица 3 с. 583) определим в зависимости от принятого ряда припуска (в графе 6) и допуска размера отливок (в графе 7) и запишем два значения основного припуска напротив каждого размера в графу 9.

Выделим для каждого размера одно из двух значений основного припуска, которое будем принимать для расчёта припуска на диаметр в графе 10. Согласно примечанию к таблице 3 ([2] с. 583) большие значения припуска устанавливаем при более точных качествах.

Определим припуск в графе 10, умножив основной припуск на 2 для диаметральных размеров.

Рассчитаем размеров заготовки – отливки и запишем в графу 11 таблицы 1.

**П р и м е ч а н и е** – Для определения внутренних размеров отверстий припуск отнимается.

Вычертим заготовку отливку с размерами, допусками и припусками на механическую обработку в соответствии с рекомендациями методических указаний... .

*И т.д. расчёты припусков по вышеуказанной методике.*

## ЗАДАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

### Задание 1

Для заданной детали класса “Втулка” указанных размеров определить массу детали и припуски на механическую обработку заготовки отливки, штамповки и свободнойковки, если известно: (см. размеры детали в таблице 4).

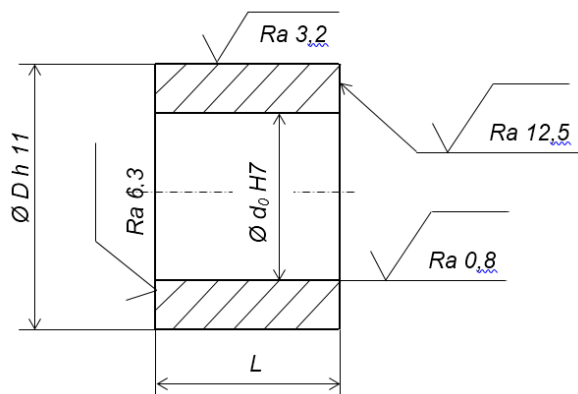


Рисунок 1 – Втулка

Таблица 4

Задание 1 к ПР 1						
Определить массу детали и припуски на механическую обработку, если известно:	Размеры детали, мм			Тип производства	Материал	
	D h11	d <sub>0</sub> H7	L			
Вариант	1	70	30	100	Единичный	сталь 20
	2	80	35	105	Мелкосерийный	чугун СЧ 20
	3	90	40	90	Среднесерийный	сталь 40Х

	4	100	45	80	Крупносерийный	чугун СЧ 24
	5	60	50	70	Массовый	сталь 40
	6	160	55	60	Единичный	чугун СЧ 18
	7	150	60	50	Мелкосерийный	сталь 20Х
	8	140	65	40	Среднесерийный	чугун СЧ 20
	9	130	70	30	Крупносерийный	сталь 40ХН
	10	120	75	35	Массовый	чугун СЧ 18
	11	110	80	40	Единичный	сталь 20
	12	145	85	45	Мелкосерийный	чугун СЧ 20
	13	155	90	50	Среднесерийный	сталь 40Х
	14	165	95	55	Крупносерийный	чугун СЧ 24
	15	175	100	60	Массовый	сталь 20
	16	185	105	65	Единичный	чугун СЧ 20
	17	190	90	70	Мелкосерийный	сталь 40Х
	18	200	80	75	Среднесерийный	чугун СЧ 24
	19	180	70	80	Крупносерийный	сталь 40
	20	170	60	85	Массовый	чугун СЧ 18
	21	160	50	90	Единичный	сталь 20Х
	22	150	40	95	Мелкосерийный	чугун СЧ 20
	23	140	30	100	Среднесерийный	сталь 40ХН
	24	120	80	40	Крупносерийный	чугун СЧ 18
	25	110	75	45	Массовый	сталь 20

### Задание 2

Для заданной детали класса “Втулка” указанных размеров определить массу детали и припуски на механическую обработку заготовки отливки, штамповки и свободнойковки, если известно: (см. размеры детали в таблице 5).

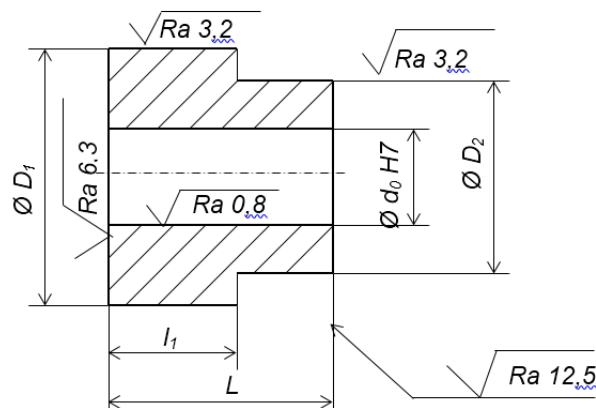


Рисунок 1 – Втулка

Таблица 5

Определить массу детали и припуски на механическую обработку, если	Размеры детали, мм					Тип производства	Материал
	$D_1$	2	$d_0 H7$	1	L		

известно:								
Вариант	1	190 h14	110	90	90	110	Массовый	сталь 40ХН
	2	200 h12	15	95	5	15	Крупносерийный	чугун СЧ 20
	3	250 h11	20	100	00	00	Мелкосерийный	сталь 40Х
	4	210 h10	15	95	00	15	Среднесерийный	чугун СЧ 24
	5	200 h9	10	90	05	20	Единичный	сталь 40
	6	190 h8	00	85	15	30	Массовый	чугун СЧ 18
	7	180 h7	5	80	25	40	Крупносерийный	сталь 20Х
	8	170 h14	0	75	5	10	Мелкосерийный	чугун СЧ 20
	9	160 h12	5	70	00	15	Среднесерийный	сталь 40ХН
	10	150 h11	0	65	15	30	Единичный	чугун СЧ 18
	11	140 h10	5	60	5	00	Массовый	сталь 20
	12	130 h9	0	55	0	5	Крупносерийный	чугун СЧ 20
	13	120 h8	5	50	0	5	Мелкосерийный	сталь 40Х
	14	110 h7	0	45	0	5	Среднесерийный	чугун СЧ 24
	15	100 h7	5	40	5	0	Единичный	сталь 20
	16	90 h7	0	35	5	0	Массовый	чугун СЧ 20
	17	150 h6	0	50	0	5	Крупносерийный	сталь 20
	18	85 h8	5	45	5	0	Мелкосерийный	чугун СЧ 20
	19	70 h9	0	30	0	5	Среднесерийный	сталь 40Х
	20	80 h7	5	35	5	0	Единичный	чугун СЧ 24
	21	90 h8	0	40	0	5	Массовый	сталь 30ХГС
	22	100 h9	5	45	5	0	Крупносерийный	чугун СЧ 18
	23	110 h10	70	50	50	65	Мелкосерийный	сталь 20Х
	24	120 h11	75	55	55	70	Среднесерийный	чугун СЧ 20
	25	130 h12	80	60	60	75	Единичный	сталь 40ХН

Задание 3

Для заданной детали класса “Вал” указанных размеров определить массу детали и припуски на механическую обработку заготовки отливки, штамповки и свободнойковки, если известно: (см. размеры детали в таблице 6).

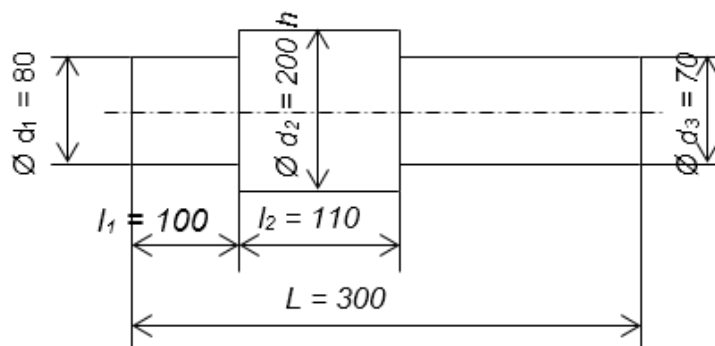


Рисунок 1 – Вал  
Материал – сталь 40ХМФА

Таблица 6

Задание 3									
Определить массу детали и припуски на механическую обработку, если известно:	Размеры детали, мм							Тип производства	Материал
	1	d <sub>2</sub>	3	1	2				
Вариант	1	00	210 h8	5	5	15	60	Массовый	сталь 40ХН
	2	50	260 h9	00	00	00	50	Крупносерийный	чугун СЧ 20
	3	10	250 h10	5	00	15	40	Мелкосерийный	сталь 40Х
	4	00	240 h11	0	05	20	20	Среднесерийный	чугун СЧ 24
	5	90	230 h12	5	15	30	00	Единичный	сталь 40
	6	80	220 h14	0	25	40	50	Массовый	чугун СЧ 18
	7	70	210 h8	5	5	10	50	Крупносерийный	сталь 20Х
	8	60	200 h9	0	00	15	60	Мелкосерийный	чугун СЧ 20
	9	50	190 h10	5	15	30	80	Среднесерийный	сталь 40ХН
	10	40	180 h11	0	5	00	90	Единичный	чугун СЧ 18
	11	30	170 h12	5	0	5	50	Массовый	сталь 20
	12	20	160 h14	0	0	5	40	Крупносерийный	чугун СЧ 20
	13	10	150 h8	5	0	5	30	Мелкосерийный	сталь 40Х
	14	00	140 h9	0	5	0	20	Среднесерийный	чугун СЧ 24



15	0	130 h10	5	5	0	00	Единичный	сталь 20
16	0	60 h11	0	0	5	00	Массовый	чугун СЧ 20
17	0	70 h7	5	5	0	20	Крупносерийный	сталь 20
18	0	80 h8	0	0	5	30	Мелкосерийный	чугун СЧ 20
19	0	90 h9	5	5	0	40	Среднесерийный	сталь 40Х
20	0	100 h10	0	0	5	50	Единичный	чугун СЧ 24
21	00	110 h11	5	5	0	60	Массовый	сталь 30ХГС
22	10	120 h12	0	0	5	70	Крупносерийный	чугун СЧ 18
23	20	130 h14	5	5	0	80	Мелкосерийный	сталь 20Х
24	30	140 h8	0	0	5	90	Среднесерийный	чугун СЧ 20
25	40	150 h9	5	5	0	00	Единичный	сталь 40ХН

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

**Тема:** Назначение припусков, операционных размеров и размеров заготовки

### Цель

- Приобретение навыков расчёта припусков на механическую обработку элементарной поверхности расчетно-аналитическим методом.
- Приобретение навыков работы со справочной литературой

### Необходимые материалы и данные

- 1 Рабочий чертеж детали класса втулка (колесо зубчатое, втулка, вал) из практической работы 1 в соответствии с номером варианта
- 2 Чертежные принадлежности
- 3 Листы писчей бумаги формата А4 оформленные по ГОСТ 2.105-95 “Общие требования к текстовым документам”
- 4 Тип производства – массовый (серийный, единичный), исходя из задания практической работы №1

### Содержание и порядок выполнения работы

- 1 Для исходных данных практической работы № 1 выполнение расчётов промежуточных предельных размеров и припусков на механическую обработку элементарной поверхности в соответствии с порядком расчёта, изложенным в таблице 1 (см. примеры расчётов припусков для элементарной поверхности вала и отверстия)
- 2 Выполнение схемы расположения припусков, размеров и допусков при обработке элементарной поверхности детали (см. рисунки 1 и 2).

### Содержание отчета

- 1 Рабочий эскиз детали класса втулка (колесо зубчатое, вал) из практической работы № 1
- 2 Расчёт припусков на механическую обработку по методу РАМОП для элементарной поверхности из практической работы № 1
- 3 Таблица ”Расчет припусков по технологическим переходам на обрабатываемую поверхность”
- 4 Схема расположения припусков, размеров и допусков при обработке элементарной поверхности детали
- 5 Вывод о точности расчёта припуска методами ОСМОП (опытно-статистический метод расчёта припусков) и РАМОП (расчётно-аналитический метод расчёта припусков)
- 6 Краткие ответы на контрольные вопросы

### Контрольные вопросы

- 1 Какие различают виды припусков в машиностроении?
- 2 Перечислите методы определения припусков на механическую обработку. Какой из методов наиболее точен?
- 3 Укажите формулу определения погрешности установки заготовок, дайте её расшифровку
- 4 Влияет ли на пространственные отклонения термическая обработка?
- 5 Укажите формулу определения минимального припуска для симметричного допуска (деталей тел вращения)
- 6 Укажите формулу определения минимального припуска для несимметричного допуска (плоских поверхностей)

- 7 Какие факторы влияют на величину припуска?  
 8 Укажите алгоритм определения размеров припуска по методу РАМОП

Таблица 1 – Порядок расчёта припуска на механическую обработку по технологическим переходам на элементарную поверхность

Для наружных поверхностей	Для внутренних поверхностей	Пояснения
1	2	3
1. Запишем в графу 1 таблицы 1 технологические переходы обработки элементарной поверхности заготовки в порядке их выполнения, начиная от заготовки до окончательной обработки, точность обработки назначается по литературе ([1] с. 8 – 15 таблицы 4 – 6 или [3] с. 17 – 21 таблицы 2.1 – 2.3)		Рабочий чертёж детали из практической работы 1, карта технологического процесса механической обработки
2. Запишем значения $Rz_{i-1}$ ; $h_{i-1}$ ; $\Delta_{\Sigma i-1}$ ; $\epsilon_{i-1}$ ; $Td$ в графы 2, 3, 4, 5 и 8:		Для отверстия после зенкерования под протягивание допуск устанавливается по ([4] с. 215 таблица 13)
3. Качество поверхности $Rz_{i-1}$ и $h_{i-1}$ запишем в графы 2 и 3 по каждому переходу, мкм ([1] с. 180 – 191, [2] с. 63 – 65 таблицы 4.3 – 4.6 или [3] с. 22 – 26).		Выбор таблиц зависит от вида заготовки: сортовой прокат,ковка,штамповка,отливка и др. данных
4. Запишем значения суммарных пространственных погрешностей (пространственных отклонений) $\Delta_{\Sigma i-1}$ ([2] с. 66 – 73 таблицы 4.7 – 4.9 или [3] с. 27 – 33 таблицы 2.14 – 2.26), мкм. Например, для штампованных заготовок при базировании заготовки вала в центрах, $\Delta_{\Sigma}$ , мкм $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2 + \Delta_{ц}^2}.$ Для детали типа дисков, что представляет собой Колесо зубчатое, пространственные отклонения определяются формулой $\Delta_{\Sigma i-1}$ , мкм $\Delta_{\Sigma i-1} = \sqrt{\Delta_{ni}^2 + \Delta_{yeh\ddot{o}}^2},$ Запишем пространственные погрешности по всем переходам в графу 4		В результате механической обработки, полученные на заготовке пространственные отклонения уменьшаются $\Delta_{ост} = K_y \cdot \Delta_{заг}$ ([1] с. 190 таблица 29, [2] с. 73 или [3] с. 33 таблица 2.27)
Погрешность установки $\epsilon_y$ ([1] с. 40 – 53 таблицы 12 – 22, [2] с. 74 – 82 таблицы 4.10 – 4.13 или [3] с. 34 – 45 таблицы 2.28 – 2.35) на выполняемом переходе определяется формулой, мм $\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_{\delta}^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{np}^2}.$ Запишем погрешности установки по всем переходам в графу 5		Выбор данных из таблиц зависит от вида заготовки: сортовой прокат,ковка,штамповка,отливка и др. данных
Запишем допуск $Td$ , мм на промежуточные размеры в графу 8 элементарной поверхности вала по переходам ([1] с.192 таблица 32 или [3] с. 21 таблица 2.4) в зависимости от назначенной в графе 1 точности по каждому переходу		См. величину допуска для заготовки из таблицы 2 “Определение размеров заготовки” практической работы № 1
4. Выполним расчёт минимальных значений припусков $2Z_{min}$ , мкм и мм по всем технологическим переходам и запишем в графу 6		Минимальный припуск определяется в зависимости от вида обработки ([2] с. 62 – 63 таблица 4.2 или [3] с. 7 – 10)
5. В графу “Расчетный размер” запишем для конечного перехода наименьший предельный размер	В графу “Расчетный размер” запишем для конечного перехода наибольший	

детали по чертежу	предельный размер детали по чертежу	
6. Расчётные операционные размеры на предыдущих операциях определим прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу расчетного припуска на данную операцию $d_{pi, мм}$ $d_{pi-1} = d_{pi} + 2Z_{i min}$ Запишем в графу 7	6. Расчётные операционные размеры на предыдущих операциях определим вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска на данную операцию $d_{pi, мм}$ $d_{pi-1} = d_{pi} - 2Z_{i min}$ Запишем в графу 7	
7. Наименьшие предельные размеры $d_{min i, мм}$ определим, округляя их увеличением расчетных размеров, до того же знака десятичной дроби, к каким дан допуск на размер для каждого перехода (операции) и запишем в графу 9	7. Наибольшие предельные размеры $d_{max i, мм}$ определим, округляя их уменьшением расчетных размеров, до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода (операции) и запишем в графу 10	
8. Наибольшие предельные размеры $d_{max i, мм}$ определим путем прибавления допуска к округленному минимальному предельному размеру и запишем в графу 10 $d_{max i} = d_{min i} + Td_i$	8. Наименьшие предельные размеры $d_{min i, мм}$ определим путем вычитания допуска от округленного максимального предельного размера и запишем в графу 9 $d_{min i} = d_{max i} - Td_i$	
9. Номинальный размер заготовки $d_{ном заг, мм}$ $d_{ном заг} = d_{max заг} - ES_{заг}$ Запишем в графу 13 для заготовки	9. Номинальный размер заготовки $d_{ном заг, мм}$ $d_{ном заг} = d_{max заг} - ES_{заг}$ Запишем в графу 13 для заготовки	
10. Наименьшие припуски $2Z_{i min, мм}$ вычисляем как разность между наименьшими предельными размерами на предыдущей и последующей переходах (операциях) и запишем в графу 11 $2Z_{i min} = d_{i-1 min} - d_{i min}$	10. Наибольшие припуски $2Z_{i max, мм}$ вычисляем путём вычитания наименьших предельных размеров на предыдущей и последующей переходах (операциях) и запишем в графу 12 $2Z_{i max} = d_{i-1 min} - d_{i min}$	
11. Наибольшие припуски $2Z_{i max, мм}$ вычисляем как разность между наибольшими предельными размерами на предыдущем и последующем переходах (операциях), запишем в графу 12 $2Z_{i max} = d_{i-1 max} - d_{i max}$	11. Наименьшие припуски $2Z_{i min, мм}$ вычисляем путем вычитания наибольших предельных размеров на предыдущей и последующей переходах (операциях), запишем в графу 11 $2Z_{i min} = d_{i-1 max} - d_{i max}$	
12. Для определения наименьших $2Z_{o min}$ и наибольших $2Z_{o max}$ общих припусков суммируем	12. Для определения наименьших $2Z_{o min}$ и наибольших $2Z_{o max}$ общих	

<p>соответствующие операционные припуски в мм</p> $2Z_{o \min} = 2Z_{1 \min} + 2Z_{2 \min} + \dots + 2Z_{n \min},$ $2Z_{o \max} = 2Z_{1 \max} + 2Z_{2 \max} + \dots + 2Z_{n \max}$	<p>припусков суммируются соответствующие операционные припуски в мм</p> $2Z_{o \min} = 2Z_{1 \max} + 2Z_{2 \max} + \dots + 2Z_{n \max},$ $2Z_{o \max} = 2Z_{1 \min} + 2Z_{2 \min} + \dots + 2Z_{n \min}$	
<p>13.Номинальный припуск <math>2Z_{o \text{ ном}}</math> в мм</p> $2Z_{o \text{ ном}} = d_{\text{заг ном}} - d_{\text{дет ном}}$	<p>13.Номинальный припуск <math>2Z_{o \text{ ном}}</math>, мм</p> $2Z_{o \text{ ном}} = d_{\text{дет ном}} - d_{\text{заг ном}}$	<p>Размеры должны полностью совпасть</p>
<p>14.Проверка расчетов, мм</p> $2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}}$	<p>14.Проверка расчетов, мм</p> $2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = T_{\text{дет}} - T_{\text{заг}}$	

### ПРИМЕР 1

Для исходных данных практической работы 1 рассчитать промежуточные предельные размеры и припуски на обработку элементарной поверхности шейки вала  $\varnothing 60 \text{ h6} (-0.019)$ .

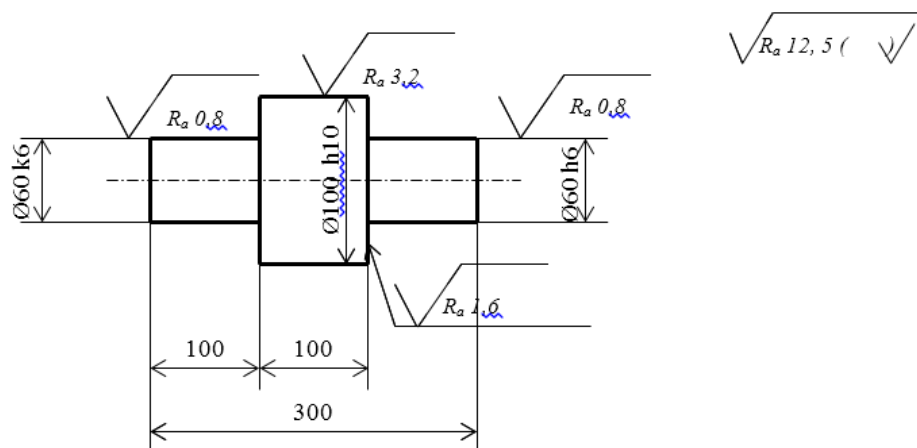


Рисунок 1 – Вал

Масса детали (класса вал ступенчатый)  $M_{\text{дет}}$ , кг (если масса не известна)

Масса заготовки – штамповки (примерно, если неизвестно или см. расчёт практической работы № 1)  $M_{\text{заг}}$ , кг

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{дет}} / K_{\text{им шт}}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{им шт}}$  – коэффициент использования материала штамповки, примем  $K_{\text{им шт}} = 0,7$ .

$$M_{\text{заг}} = 10,5 / 0,7 = 15.$$

Запишем в графу 1 таблицу 1 технологические переходы обработки элементарной поверхности заготовки в порядке их выполнения, начиная от заготовки до окончательной обработки:

- заготовка;
- точение предварительное – h12;
- точение окончательное – h11;
- термообработка;

- шлифование предварительное – h8;
- шлифование окончательное – h6 (согласно чертежу).

Запишем значения  $Rz_{i-1}$ ;  $h_{i-1}$ ;  $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ ;  $\varepsilon_{i-1}$ ;  $Td$  в графы 2, 3, 4, 5 и 8.

Запишем допуск на промежуточные размеры в графу 8 элементарной поверхности вала  $\varnothing 60$  h6 по переходам:

- для заготовки – из таблицы расчета припусков на штампованную заготовку для  $\varnothing 66, 4^{+1,8}_{-1,0}$  допуск составит  $ITD = +1,8 - (-1,0) = 2,8$  мм;
- для точения предварительного – 0,3 мм для размера св. 50 до 80 мм и качества 12 ([3] с. 21 таблица 2.4);
- для точения окончательного – 0,19 мм качество 11;
- для шлифования предварительного – 0,046 мм качество 8;
- для шлифования окончательного – 0,019 мм согласно чертежу.

Качество поверхности  $Rz_{i-1}$  и  $h_{i-1}$  запишем в графы 2 и 3.

Для заготовки, мкм

$Rz = 200$ ;  $h = 250$  ([3] с. 23 таблица 2.10 или [1] с. 186 таблица 12).

Для точения предварительного (чернового), мкм

$Rz = 50$ ;  $h = 50$  ([3] с. 24 таблица 2.12 или [1] с. 188 таблица 25).

Для точения окончательного (чистового), мкм

$Rz = 25$ ;  $h = 25$  ([3] с. 24 таблица 2.12 или [1] с. 188 таблица 25).

Для шлифования предварительного, мкм

$Rz = 10$ ;  $h = 20$ .

Для шлифования окончательного, мкм

$Rz = 5$ ;  $h = 15$ .

Запишем значения суммарных пространственных погрешностей (пространственных отклонений)  $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$  ([3] с. 27 таблица 2.14) при базировании заготовки вала в центрах, мм и мкм

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2 + \Delta_{ц}^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta_{кор}$  – пространственная погрешность коробления, мм;

$\Delta_{см}$  – пространственная погрешность смещения, мм;

$\Delta_{ц}$  – пространственная погрешность зацентровки, мм.

Погрешность зацентровки, мм

$$\Delta_{ц} = 0,25\sqrt{ITD^2 + 1}, \quad (4)$$

где  $ITD$  – допуск заготовки, мм.

Из таблицы 2 расчета припусков на штампованную заготовку практической работы № 1 (если отливка из таблицы 1) для  $\varnothing 66, 4^{+1,8}_{-1,0}$  допуск составит  $ITD = +1,8 - (-1,0) = 2,8$  мм.

$$\Delta_{ц} = 0,25\sqrt{2,8^2 + 1} = 0,743.$$

Пространственная погрешность коробления –  $\Delta_{кор}$  и пространственная погрешность смещения –  $\Delta_{см}$  определены при расчете заготовки штамповки, мм (см. расчёты к таблице 2 практической работы № 1 или ГОСТ 7505 с. 14 таблицы 4 и 5).

$\Delta_{см} = 0,4$  мм (ГОСТ 7505 таблица 4 или [3] с. 108 таблица 4.7);

$\Delta_{кор} = 0,6$  мм, т.к. наибольший размер поковки более 300 мм (ГОСТ 7505 с. 14 таблица 5 или [3] с. 109 таблица 4.8).

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0,6^2 + 0,4^2 + 0,743^2} = 1,035 \text{ мм} = 1035 \text{ мкм.}$$

В результате механической обработки, полученные на заготовках пространственные отклонения уменьшаются

$$\Delta_{\Sigma_{\text{ост}}} = K_y \cdot \Delta_{\text{заг}}, \quad (5)$$

где  $K_y$  – коэффициент уточнения (см. [3] таблицу 2.27 с. 33).

Для точения предварительного –  $\Delta_{\Sigma_{1\text{ост}}} = 0,06 \times 1,035 = 0,062 \text{ мм} = 62 \text{ мкм}$ ;

Для точения окончательного –  $\Delta_{\Sigma_{2\text{ост}}} = 0,04 \times 0,062 = 0,002 \text{ мм} = 2 \text{ мкм}$ ;

После окончательного (чистового) точения, согласно маршруту механической обработки элементарной поверхности, производится термообработка.

Величину пространственных отклонений, вносимых термообработкой можно определить по формуле (2.1) (с. 26 [3]), мм

$$\Delta_{\text{терм.}} = 0,001 \cdot n_k \cdot L / (0,1d + 0,3), \quad (6)$$

где  $n_k$  – коэффициент, зависящий от вида термообработки. Принимается при объёмной закалке –  $n_k = 1$ , при закалке поверхностной ТВЧ –  $n_k = 0,5$ . Согласно чертежу – производится объёмная закалка.

$$\Delta_{\text{терм.}} = 0,001 \cdot 1 \cdot 300 / (0,1 \cdot 60 + 0,3) = 0,048.$$

Пространственные отклонения после предварительного шлифования, с учётом погрешности от термической обработки выразится формулой, мм

$$\Delta_{\text{шлиф.предв.3}} = \sqrt{\Delta_{\text{точ.ок.}}^2 + \Delta_{\text{терм.}}^2}, \quad (7)$$

$$\Delta_{\text{шлиф.предв.3}} = \sqrt{0,002^2 + 0,048^2} = 0,048 \text{ мм} = 48 \text{ мкм.}$$

Пространственные отклонения после окончательного шлифования  $\Delta_{\text{шлиф.ок.4}}$ , мм

$$\Delta_{\text{шлиф.ок.4}} = 0,02 \times 0,048 = 0,001 \text{ мм} = 1 \text{ мкм.}$$

Запишем пространственные погрешности по всем переходам в графу 4.

Погрешности установки  $\varepsilon_y$  на выполняемом переходе определяется формулой, мм

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (8)$$

где  $\varepsilon_{\delta}$  – погрешность базирования, мм (с. 34 формула 2.3);

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – погрешность приспособления, мм.

При черновом точении предполагаем, что деталь будет установлена в патроне 3-х кулачковом самоцентрирующем пневматическом и поджимается задним центром.

Согласно таблице 2.34 с. 40 [3] погрешность базирования в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне равна нулю. Погрешность приспособления при установке в центрах не учитывается, т.к. равна нулю.

Формула (8) в этом случае примет вид

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_3^2} = \varepsilon_3. \quad (9)$$

Погрешность закрепления складывается из двух составляющих: радиальной ( $\varepsilon_{\text{рад}}$ ) и осевой ( $\varepsilon_{\text{ос}}$ ) и может быть определена по формуле

$$\varepsilon_y = \varepsilon_3 = \sqrt{\varepsilon_{\text{рад}}^2 + \varepsilon_{\text{ос}}^2}. \quad (10)$$

По таблице 2.29 [3] с.36 –  $\varepsilon_{pad} = 300 \text{ мкм} = 0,3 \text{ мм}$ , а  $\varepsilon_{oc} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$ , (заготовка – штамповка, закрепление по диаметру от 50 до 80 мм).

Тогда для точения предварительного  $\varepsilon_y$ , мм

$$\varepsilon_{y,1} = \varepsilon_{3,1} = \sqrt{0,3^2 + 0,1^2} = 0,316.$$

Т.к. производится на первой операции поджатие детали при установке в патроне 3-х кулачковом самоцентрирующем пневматическом, то согласно примечанию таблицы 2.29, можно уменьшить погрешность установки на 20 – 30 %. Примем уменьшение – 30 %.

Тогда при точении предварительном –  $\varepsilon_{y,1} = 0,316 / 1,3 = 0,234 \text{ мм} = 234 \text{ мкм}$ .

При точении окончательном и при шлифовании, когда установка производится по центровым гнёздам, погрешность установки определится формулой

$$\varepsilon_y = 0,25 \times TD, \quad (11)$$

где  $TD$  – допуск на диаметр вала, мм (см. графу 8).

$$\varepsilon_{y,2} = 0,25 \times 0,19 = 0,048 \text{ мм} = 48 \text{ мкм}.$$

При предварительном шлифовании

$$\varepsilon_{y,3} = 0,25 \times 0,046 = 0,012 \text{ мм} = 12 \text{ мкм}.$$

При шлифовании окончательном –  $\varepsilon_{y,4} = 0$ , т.к. предварительное и окончательное шлифование поверхности производится с одной установки.

Запишем погрешности базирования по всем переходам в графу 5.

Расчёт минимальных значений припусков  $2Z_{min}$  производим, пользуясь формулой (1.19 с. 10 [3]), мм

$$2Z_{min} = 2(R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (12)$$

где  $R_{z\ i-1}$  – высота микронеровностей поверхности, полученная на предшествующем переходе, мм;

$h_{i-1}$  – глубина дефектного слоя на предшествующем переходе, мм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – суммарные пространственные отклонения на предшествующем переходе, мм;

$\varepsilon_{y, i}$  – погрешность установки заготовки данного перехода, мм.

Для точения предварительного

$$2Z_{min 1} = 2(200 + 250 + \sqrt{1035^2 + 234^2}) = 2 \times 1511 = 3022 \text{ мкм} = 3,022 \text{ мм}.$$

Для точения окончательного

$$2Z_{min 2} = 2(50 + 50 + \sqrt{62^2 + 48^2}) = 2 \times 178 = 356 \text{ мкм} = 0,356 \text{ мм}.$$

Для шлифования предварительного

$$2Z_{min 3} = 2(25 + 25 + \sqrt{2^2 + 12^2}) = 2 \times 62 = 124 \text{ мкм} = 0,124 \text{ мм}.$$

Для шлифования окончательного

$$2Z_{min 4} = 2(10 + 20 + \sqrt{48^2 + 0^2}) = 2 \times 78 = 156 \text{ мкм} = 0,156 \text{ мм}.$$

Запишем значения минимального припуска  $2Z_{min}$  в графу 6.



Таблица 2 – Расчет припусков по технологическим переходам на обрабатываемую поверхность детали

Технологические переходы обработки элементарной поверхности □ 60 h6 (-0,019)	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, $2Z_{i \min}$ , мм	Расчетный размер, $d_{pi}$ мм	Допуск $Td_i$ , мм	Предельные размеры, мм		Предельный припуск, мм		Номинальный размер, мм
	$z_{i-1}$	$i-1$	$\Sigma i-1$	$i$				$p_{i \min}$	$p_{i \max}$	$Z_{i \min}$	$Z_{i \max}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Заготовка	00	50	035		–	63,639	2,8	63,7	66,5	–	–	64,7 <sup>+1,8</sup> <sub>-1,0</sub>
Точение предварительное, h12	0	0	2	34	$2 \times 1511 = 3,022$	60,617	0,3	60,7	61,0	3,0	5,5	
Точение окончательное	5	5		8	$2 \times 178 = 0,356$	60,261	0,19	60,27	60,46	0,43	0,54	
Термообработка h12			8									
Шлифование предварительное h12	0	0	8	2	$2 \times 62 = 0,124$	60,137	0,046	60,137	60,183	0,133	0,277	
Шлифование окончательное		5			$2 \times 78 = 0,156$	59,981	0,019	59,981	60,0	0,156	0,183	
ИТОГО										$\Sigma 3,719$	$\Sigma 6,5$	

В графу “Расчетный размер” запишем наименьший предельный размер детали по чертежу для конечного перехода:

– для шлифования окончательного

$$d_{p.4} = d_{\min.4} = 60,0 - 0,019 = 59,981.$$

Определим расчетные операционные размеры  $d_{pi}$ , мм

$$d_{pi-1} = d_{pi} + 2Z_{i \min} \quad (13)$$

Размеры на предыдущих операциях  $d_{p i-1}$ , мм определим прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу расчетного припуска на данную операцию и запишем в графу 7:

– для шлифования предварительного

$$d_{\min 3.} = 59,981 + 0,156 = 60,137;$$

– для точения окончательного

$$d_{\min 2.} = 60,137 + 0,124 = 60,261;$$

– для точения предварительного

$$d_{\min 1.} = 60,261 + 0,356 = 60,617;$$

– для заготовки

$$d_{\min \text{ заг.}} = 60,617 + 3,022 = 63,639.$$

Наименьшие предельные размеры  $d_{\min i}$ , мм определим, округляя их увеличением расчетных размеров, до того же знака десятичной дроби, к каким дан допуск на размер для каждого перехода (операции) и запишем в графу 9:

– для шлифования окончательного (наименьший предельный размер по чертежу)

$$d_{\min 4.} = 59,981;$$

- для шлифования предварительного  
 $d_{min 3} = 60,137;$
- для точения окончательного  
 $d_{min 2} = 60,27;$
- для точения предварительного  
 $d_{min 1} = 60,7;$
- для заготовки  
 $d_{p\ заг} = 63,7.$

Наибольшие предельные размеры  $d_{max i}$ , мм определим путем прибавления допуска к округленному минимальному предельному размеру и запишем в графу 10

$$d_{max i} = d_{min i} + Td_i, \quad (14)$$

- для шлифования окончательного (наибольший диаметр по чертежу)  
 $d_{max 4} = 59,981 + 0,019 = 60,0;$
- для шлифования предварительного  
 $d_{max 3} = 60,137 + 0,046 = 60,183;$
- для точения окончательного  
 $d_{max 2} = 60,27 + 0,19 = 60,46;$
- для точения предварительного  
 $d_{max 1} = 60,7 + 0,3 = 61,0;$
- для заготовки  
 $d_{max\ заг} = 63,7 + 2,8 = 66,5.$

Номинальный размер заготовки  $d_{ном\ заг}$ , мм

$$d_{ном\ заг} = d_{max\ заг} - eS_{заг},$$

$$d_{ном\ заг} = 66,5 - 1,8 = 64,7.$$

Запишем в графу 13 для заготовки –  $\varnothing 64,7 \begin{smallmatrix} +1,8 \\ -1,0 \end{smallmatrix}.$

Наименьшие припуски  $2Z_{i\ min}$ , мм вычисляем как разность между наименьшими предельными размерами на предыдущей и последующей переходах (операциях) и запишем в графу 11

$$2Z_{i\ min} = d_{i-1\ min} - d_{i\ min}, \quad (15)$$

- для шлифования окончательного  
 $d_{min 4} = 60,137 - 59,981 = 0,156.$
- для шлифования предварительного  
 $d_{min 3} = 60,27 - 60,137 = 0,133;$
- для точения окончательного  
 $d_{min 2} = 60,7 - 60,27 = 0,43;$
- для точения предварительного  
 $d_{min 1} = 63,7 - 60,7 = 3,0.$

Наибольшие припуски  $2Z_{i\ max}$ , мм вычисляем как разность между наибольшими предельными размерами на предыдущем и последующем переходах (операциях), запишем в графу 12

$$2Z_{i\ max} = d_{i-1\ max} - d_{i\ max}, \quad (16)$$

- для шлифования окончательного  
 $d_{max 4} = 60,183 - 60 = 0,183.$
- для шлифования предварительного  
 $d_{max 3} = 60,46 - 60,183 = 0,277;$
- для точения окончательного  
 $d_{max 2} = 61,0 - 60,46 = 0,54;$
- для точения предварительного  
 $d_{max 1} = 66,5 - 61,0 = 5,5.$

Для определения наименьших  $2Z_{o \min}$  и наибольших  $2Z_{o \max}$  общих припусков суммируем соответствующие операционные припуски в мм

$$2Z_{o \min} = 2Z_{1 \min} + 2Z_{2 \min} + \dots + 2Z_{n \min}, \quad (17)$$

$$2Z_{o \max} = 2Z_{1 \max} + 2Z_{2 \max} + \dots + 2Z_{n \max}, \quad (18)$$

$$2Z_{o \min} = 3,0 + 0,43 + 0,133 + 0,156 = 3,719,$$

$$2Z_{o \max} = 5,5 + 0,54 + 0,277 + 0,183 = 6,5.$$

Номинальный припуск  $2Z_{o \text{ ном}}$  в мм

$$2Z_{o \text{ ном}} = d_{\text{заг ном}} - d_{\text{дет ном}} \quad (19)$$

$$2Z_{o \text{ ном}} = 64,7 - 60,0 = 4,7.$$

Проверка расчетов, мм

$$2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}}, \quad (20)$$

$$6,5 - 3,719 = 2,8 - 0,019.$$

Расчеты выполнены, верно, т.к.  $2,781 = 2,781$ .

Выполним схему расположения припусков, размеров и допусков при обработке поверхности детали “Вал” 60 h6/g6/g7.

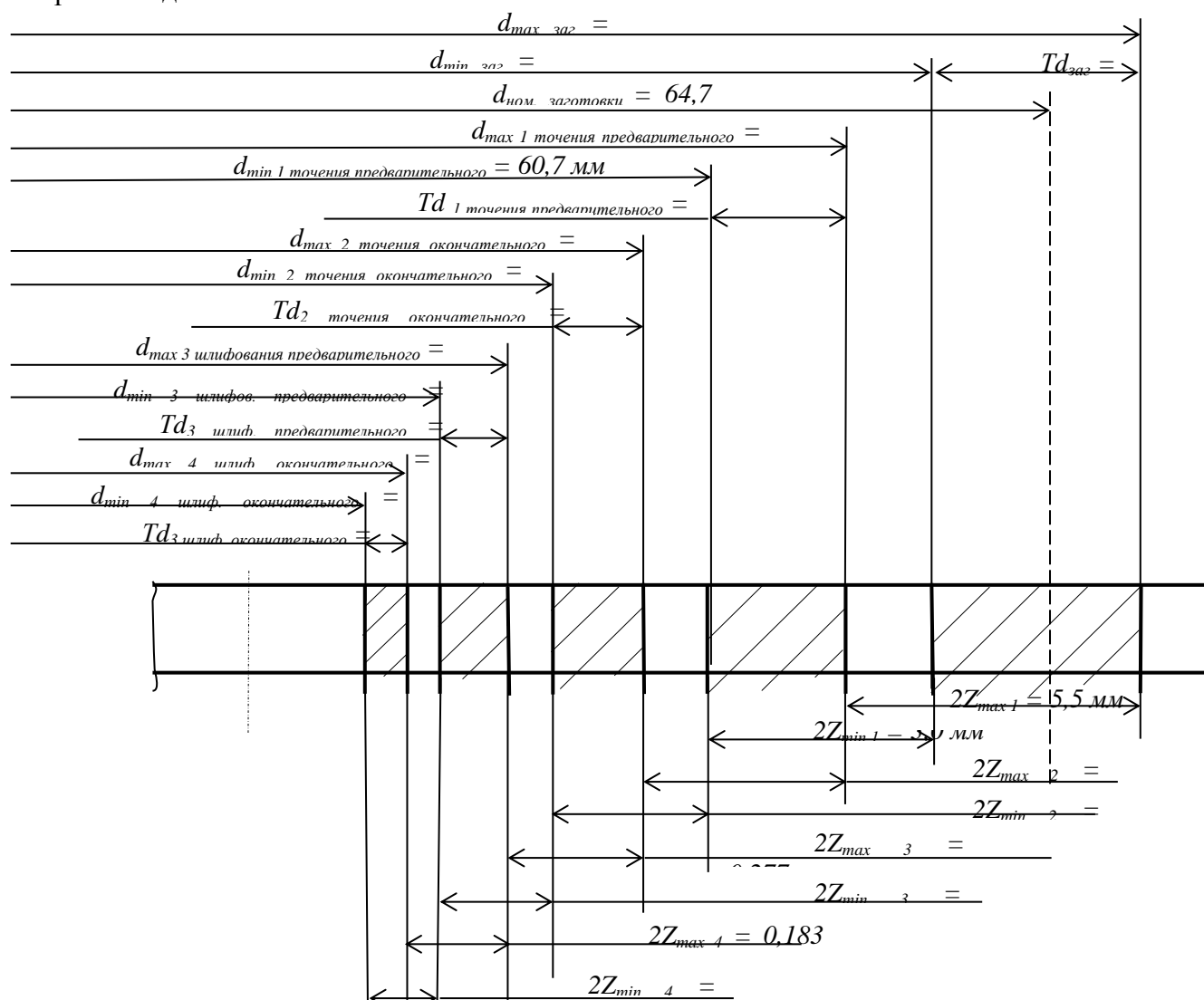


Рисунок 1 – Схема расположения припусков, размеров и допусков вала

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

**Тема** Проектирование маршрутных технологических процессов механической обработки. Оформление технологической документации

### **Цель**

- Приобретение навыков разработки технологических процессов на механическую обработку валов для различных типов производства
- Приобретение навыков работы со справочной литературой

Необходимые материалы и данные

- 1 Рабочий чертеж детали класса “Вал” индивидуального задания
- 2 Чертежные принадлежности, программа AutoCAD, Компас
- 3 Листы писчей бумаги формата А4 оформленные по ГОСТ 2.105-95 “Общие требования к текстовым документам”
- 4 Тип производства – мелкосерийный (крупносерийный, массовый)

### **Содержание и порядок выполнения работы**

- 1 Изучить внимательно чертёж заданной детали
- 2 Указать назначение детали (предположительно)
- 3 Дать краткое описание габаритных размеров детали:
  - наибольшая длина, мм – ...;
  - наибольший диаметр, мм – ...;
  - наивысшая точность, качество – ...;
  - наименьшая шероховатость поверхности  $R_a$ , мкм – ....
4. Сделать описание конструкции детали
5. Отработать чертёж детали на технологичность согласно требованиям ГОСТ ЕСТПП. Общие требования к технологичности конструкции детали изложены в ГОСТ 14.204 ([1] с.21):
  - конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
  - размеры и поверхность детали должны иметь оптимальную точность и оптимальную шероховатость, т.е. должны быть экономически и конструктивно обоснованными;
  - точность и шероховатость базовой поверхности детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
  - метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;
  - определить возможность совмещения технологических и измерительных баз при выдерживании размеров, оговорённых допусками, необходимость дополнительных технологических операций для получения заданной точности и шероховатости обработанных поверхностей детали
  - имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности, если нет, то каким образом следует выбирать вспомогательные базы?
  - определить поверхности, которые могут быть использованы при базированииДля валов указывают:
  - можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами;
  - убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала;
  - можно ли уменьшить диаметры больших фланцев или буртов или исключить их вообще и как это вообще повлияет на коэффициент использования материала;
  - можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми, которые могут обрабатываться гораздо производительнее дисковыми фрезами;

–имеют ли поперечные канавки форму и размеры, пригодные для обработки на гидрокопировальных станках;

–допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки (жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 6...9 квалитетов соотношение его длины диаметру свыше 10...12, а для валов, изготавливаемых по более низким квалитетам, это соотношение может быть равно 15, при многорезцовой обработке это соотношение должно быть не более 10).

Жесткость детали J (только для валов)

$$J = \frac{L_{\text{дем}}}{d_{\text{cp}}}, \quad (1)$$

где  $d_{\text{cp}}$  – средний диаметр для ступенчатых валов, мм

$$d_{\text{ср}} = \frac{d_1 \cdot l_1 + d_2 \cdot l_2 + \dots + d_n \cdot l_n}{L}, \quad (2)$$

где  $d_1, d_2, \dots, d_n$  – диаметры ступеней вала, мм;

$l_1, l_2, \dots, l_n$  – длины ступеней вала, мм;

$L$  – общая длина вала, мм.

В результате отработки детали на технологичность следует дать качественную оценку производственной технологичности (хорошо, плохо, допустимо, не допустимо).

6 Выбрать возможные способы получения заготовки заданной детали в зависимости от типа производства и экономической целесообразности

7 Изучить типовые технологические маршруты механической обработки деталей класса “Вал-шестерня” в условиях мелкосерийного, крупносерийного и массового производства в таблицах 1 и 2, а также согласно рекомендаций литературы [2], [3], [4], [5].

8 Разработать технологический маршрут механической обработки заданной детали в условиях мелкосерийного типа производства из заготовки – круглый прокат, выбрать технологические базы и записать в графы 1, 2, 3 таблицы 4.

9 Разработать содержание операций по переходам с указанием промежуточных размеров с допусками и записать в графу 2 таблицы 4.

10 Выбрать оборудование и средства технологического оснащения (режущий, мерительный инструменты и приспособления) и записать в графы 4, 5, 6, 7 таблицы 4.

11 Разработать технологический маршрут механической обработки заданной детали в условиях крупносерийного типа производства из заготовки – штамповки, выбрать технологические базы и записать в графы 1, 2, 3 таблицы 5

12 Разработать содержание 2-х операций по переходам с указанием промежуточных размеров с допусками и записать в графу 2 таблицы 5

13 Выбрать оборудование и средства технологического оснащения (режущий инструмент, средства технического контроля и приспособления) и записать в графы 4, 5, 6, 7 таблицы 5

12 Вычертить эскизы обработки на 2 характерные операции с указанием условного обозначения базирования, шероховатости обработанной поверхности, выделив её жирной линией, её размеров с допусками, инструментом в начальном или конечном положении

13 Вычертить чертёж детали, исправив все замечания выданного чертежа, в программе AutoCAD или Компас

### Содержание отчета

1 Анализ технологичности заданной детали класса “Вал ” в соответствии с пунктами 5.1 – 5.6

2 Таблицы 3 и 4 технологического процесса механической обработки заданной детали с указанием оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента, а также с подробной разработкой содержания 2-х характерных операций по переходам по выбору студента

3 Эскизы обработки на 2 характерные операции

4 Рабочий чертёж детали класса “Вал” на формате А3 или А2 в масштабе 1:1 с учётом всех замечаний по выданному чертежу, в программе AutoCAD или Компас

5 Краткие ответы на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы**

1 Какие методы получения заготовок применяют для изготовления деталей класса “Вал”?

2 Какие основные методы обработки наружных поверхностей тел вращения (валов) вы знаете (ответ сделать кратко)?

3 Какое основное технологическое оборудование применяют для обработки заготовок деталей класса “вал” в зависимости от типа производства?

4 Какие вы знаете способы поверхностного пластического деформирования поверхностей деталей класса “вал”?

5 Какие режущие инструменты и приспособления используются при обработке наружных поверхностей тел вращения (валов)?

6 Каково назначение и сущность отделочных видов обработки валов?

7 Составьте схемы технологической наладки при многорезцовой (чётные варианты, соответствующие последней цифре номера по журналу), гидрокопировальной (для нечётных вариантов), обработке деталей класса “вал”.

8 Какова последовательность обработки деталей класса “Вал”?

Для составления технологического процесса можно рассмотреть типовой технологический процесс изготовления деталей класса “Вал” обработка торцов и зацентровка;

1. черновая обработка наружных поверхностей вращения;

2. обработка шлицев;

3. обработка шпоночных канавок;

4. обработка отверстий;

5. обработка резьб;

6. термообработка;

7. правка центров;

8. чистовая обработка наружных поверхностей вращения;

9. окончательная обработка шлицев, при необходимости и шпоночных канавок;

10. окончательная обработка резьб;

11. окончательная обработка основных рабочих поверхностей (для валов – опорных шеек под подшипники, для шпинделей – шеек под подшипники; внутреннего конуса; для ходовых винтов – ходовой резьбы)).

ТИПОВЫЕ МАРШРУТЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ КЛАССА “ВАЛ”

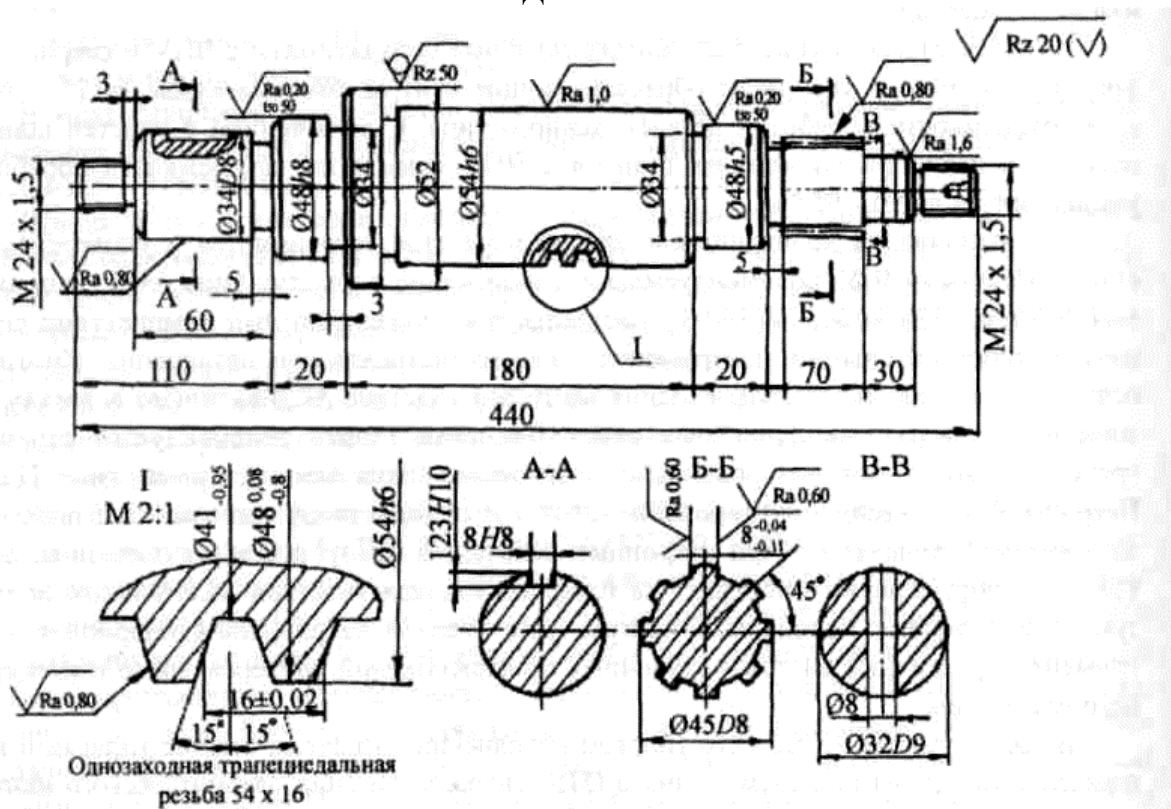


Рисунок 1 – Вал . Материал – 40ХФА

Таблица 1 Маршрут изготовления вала в условиях мелкосерийного производства из заготовки круглый прокат

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Технологическая база	Технологическое оборудование
005	Токарно-винторезная	Подрезать и зацентровать торцы с двух сторон	Цилиндрическая поверхность и	Токарно-винторезный станок 1603
010	Токарная с ЧПУ	Точить наружную поверхность вала и нарезать резьбу с одной стороны	Центровочные отверстия и торец	Токарный станок с ЧПУ 1К62ПУ
015	Токарная с ЧПУ	Точить наружную поверхность вала и нарезать резьбу с другой стороны	Центровочные отверстия и торец	Токарный станок с ЧПУ 1К62ПУ
020	Зубофрезерная	Фрезеровать шлицы	Центровочные отверстия и торец	Зубофрезерный станок 5А30П
025	Вертикально-фрезерная	Фрезеровать шпоночный паз	Центровочные отверстия и торец	Вертикально-фрезерный станок
030	Вертикально-сверлильная	Сверлить отверстие Ø 8	Цилиндрическая поверхность Ø 32 и торец	Вертикально-сверлильный станок 2Н125
035	Слесарная	Снять заусенцы и промыть вал	Цилиндрическая поверхность	Слесарный верстак
040	Термическая	Закалить вал 35...40 HRC	Торцевая поверхность Ø 62	Термопечь
045	Токарно-винторезная	Править центровочные отверстия	Цилиндрическая поверхность	Токарно-винторезный станок 1603

050	Круглошлифовальная	Шлифовать наружные поверхности вала	Центровочные отверстия и торец	Круглошлифовальный станок 3Е12
055	Плоскошлифовальная	Шлифовать шлицы	Центровочные отверстия и торец	Плоскошлифовальный станок 3Б722
060	Резьбошлифовальная	Шлифовать трапецеидальную резьбу	Центровочные отверстия и торец	Резьбошлифовальный станок 5К881
065	Токарно-винторезная	Полировать поверхности Ø 48h5	Центровочные отверстия	Токарно-винторезный станок 1603
070	Слесарная	Промыть и очистить вал		Моечная ванна
075	Контрольная	Контролировать вал	Центровочные отверстия	Место контролера

Таблица 2 Маршрут изготовления вала в условиях крупносерийного производства из заготовки – штамповки

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Технологическая база	Технологическое оборудование
005	Фрезерно-центровальная	Фрезеровать и зацентровать торцы с двух сторон	Цилиндрическая поверхность и торец	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-37
010	Токарно-копировальная	Обточить наружную поверхность вала с одной стороны	Центровочные отверстия и торец	Токарно-копировальный полуавтомат 1712П
015	Токарно-копировальная	Обточить наружную поверхность вала с другой стороны	Центровочные отверстия и торец	Токарно-копировальный полуавтомат 1712П
020	Шлицестрогальная	Строгать шлицы	Центровочные отверстия и торец	Шлицестрогальный полуавтомат МА-4В
025	Шпоночно-фрезерная	Фрезеровать шпоночную канавку	Цилиндрическая поверхность 0 34 и торец	Шпоночно-фрезерный станок ДФ-96Г
030	Вертикально-сверлильная	Сверлить отв. Ø8	Цилиндрическая поверхность Ø 32 и торец	Вертикально-сверлильный станок 2Н125
035	Резьботокарная	Нарезать резьбу	Центровочные отверстия	Резьботокарный полуавтомат К738А
040	Слесарная	Снять заусенцы и промыть вал	Цилиндрическая поверхность	Слесарный верстак
045	Термическая	Закалить вал HRC 35...40	Торцевая поверхность Ø 62	Термопечь
050	Центрошлифовальная	Шлифовать центровочные отверстия	Цилиндрическая поверхность	Центрошлифовальный станок МВ-119
055	Круглошлифовальная	Шлифовать наружные поверхности вала	Центровочные отверстия и торец	Круглошлифовальный станок 3Б151П
060	Шлицешлифовальная	Шлифовать шлицы	Центровочные отверстия и торец	Шлицешлифовальный полуавтомат 3П451
065	Резьбошлифовальная	Шлифовать трапецеидальную резьбу	Центровочные отверстия и торец	Резьбошлифовальный станок 5К881
070	Круглошлифовальная	Полировать шейку Ø 48h5	Центровочные отверстия	Круглошлифовальный станок с двумя полировальными лентами 3Б151П



075	Промывка	Промыть и очистить вал		Моечная ванна
080	Контрольная	Проконтролировать вал	Центровочные отверстия	Контрольная измерительная установка

*Примечание* – Контрольные операции и ряд слесарных операций не указаны.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

**Тема** Назначение режимов резания для операций технологического процесса.  
Нормирование операций технологического процесса

### Цель

- Изучение алгоритма определения режимов резания при точении расчётно-аналитическим методом (по эмпирическим формулам)
- Приобретение практических навыков работы со справочной литературой

### Задание

Для заданных условий обработки варианта 9 требуется:

- выполнить схему обработки;
- выбрать режущий инструмент;
- назначить оптимальный режим резания расчётно-аналитическим методом (по эмпирическим формулам);
- определить основное время;
- результаты расчётов занести в таблицу 2 “Определение режимов резания”.

### Теоретические сведения

1. Выбор инструмента ([2] с. 119 – 136), марки материала инструмента ([2] с. 115 – 118). Выбор геометрических параметров резца ([2] с. 111 – 136).

2. Глубина резания  $t$ , мм:

- продольное точение и растачивание  $t = \frac{D - d}{2}$ ;
- поперечное точение (подрезка торца)  $t = (L_d - l)$ ;
- отрезка  $t = b$ ;

где  $D, d$  – диаметры до и после обработки, мм;

$b$  – ширина отрезного резца, мм.

3. Выбор подачи на оборот детали  $S_o$ , мм/об ([2] с. 266 – 268 таблицы 11 – 15).

По таблицам нормативов выбираются ближайшие большие значения параметров.

Подача на оборот детали по паспорту станка (фактическая)  $S_o$ , мм/об.

Выбирается ближайшее меньшее значение подачи по паспорту станка

4. Стойкость инструмента  $T$ , мин.

$T = 60$  мин, т.к. принимается значение стойкости при одноинструментальной обработке стали резцом, при обработке чугуна можно принять –  $T = 45$  мин ([2] с. 268).

5. Скорость резания  $v$ , м/мин (м/с):

- при наружном продольном и поперечном точении и растачивании

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

- при отрезании, прорезании и фасонном точении ([2] с. 268)

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v$  – постоянная (коэффициент) ([2] таблица 17 с. 269);

$m, x, y$  – показатели степени;

$S$  – подача на оборот шпинделя (фактическая), мм/об.

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv},$$

где  $K_{mv}$  – поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий качество обрабатываемого материала (определяется по одной из формул таблицы 1 с. 261 [2] в зависимости от марки материала);

$K_{nv}$  – поправочный коэффициент на скорость резания, отражающий состояние поверхности заготовки ([2] таблица 5 с. 263);

$K_{uv}$  – поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий качество материала инструмента ([2] таблица 6 с. 263);

$K_{\phi v}$  – поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий влияние главного угла в плане ([2] таблица 18 с. 271);

$K_{\phi 1v}$  – поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий влияние вспомогательного угла в плане ([2] таблица 18 с. 271);

$K_{rv}$  – поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий влияние радиуса при вершине (см. внимательно примечание к таблице).

6. Частота вращения шпинделя (расчётная)  $n$ , мин<sup>-1</sup>

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

7. Частота вращения шпинделя (фактическая)  $n_{\phi}$ , мин<sup>-1</sup>.

Выбираем по паспорту станка ближайшее меньшее значение (Приложение Б данных методических указаний).

8. Скорость резания (фактическая)  $v_{\phi}$ , м/мин (м/с)

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000}$$

9. Сила резания (тангенциальная)  $P_z$ , Н ([2] с. 271)

$$P_{z,y,x} = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p,$$

где  $C_p$  – постоянная ([2] таблица 22 с. 273);

$x, y, n$  – показатели степени ([2] таблица 22 с. 273);

$K_p$  – поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания

$$K_p = K_{ip} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где  $K_{mp}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости ([2] таблица 9 с. 264).

$K_{\phi p}$  – поправочный коэффициент учитывающий влияние главного угла в плане на составляющие силы резания при обработке чугуна и стали ([2] таблица 23 с. 275);

$K_{\gamma p}$  – поправочный коэффициент учитывающий влияние переднего угла  $\gamma$  на составляющие силы резания при обработке чугуна и стали;

$K_{\lambda p}$  – поправочный коэффициент учитывающий влияние угла наклона  $\lambda$  главного лезвия на составляющие силы резания при обработке чугуна и стали;

$K_{rp}$  – поправочный коэффициент учитывающий влияние радиуса при вершине на составляющие силы резания при обработке чугуна и стали (см. внимательно приложение к данной таблице).

10. Мощность резания  $N_{рез}$ , кВт ([2] с. 271)

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60},$$

11. Мощность на шпинделе станка  $N_{шп}$ , кВт

$$N_{шп} = N_{ст} \cdot \eta,$$

где  $N_{ст}$  – мощность двигателя станка, кВт;

$\eta$  – к.п.д. станка по паспорту станка.

12. Проверка условия резания

Обработка с выбранными режимами резания на данном станке возможна, если

$$N_{рез} \leq N_{шп}, \text{ кВт.}$$

13. Основное время  $T_0$ , мин

$$T_0 = \frac{L_{р.х.}}{s_o \cdot n} \cdot i,$$

где  $L_{р.х.}$  – длина рабочего хода инструмента, мм;

$s_o$  – подача на оборот (фактическая, определенная по паспорту станка), мм/об;

$n$  – частота вращения детали (фактическая, определенная по паспорту станка), мин<sup>-1</sup>

1

$i$  – число проходов,  $i = 1$  по условию задачи.

Длина рабочего хода инструмента  $L_{р.х.}$ , мм

$$L_{р.х.} = l_{рез} + l_1 + l_2,$$

где  $l_{рез}$  – длина обработки, мм;

$l_1, l_2$  – величина врезания и перебега, мм.

1 Какие виды точения вам известны? Дайте их экономически достижимую точность (*кавалитет, шероховатость*)

2 Что собой представляет инструмент, используемый на токарных операциях? Перечислите конструкции инструмента для точения

3 Из какого материала изготавливается инструмент для токарных операций?

4 Что такое техническое нормирование? Его задачи

5 Дайте алгоритм определения технически обоснованной нормы времени

6 Почему в массовом производстве  $T_{шк} = T_{ш}$ ?

7 По какой формуле определяется норма штучного времени?

8 Каковы особенности определения основного времени при точении на полуавтоматах последовательного и параллельного действия?

9 Укажите основные геометрические параметры резцов