



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология машиностроения»

Практикум
по дисциплине
«Физико-технологические основы методов
обработки»

**«Разработка плана
механической обработки
поверхностей детали»**

Авторы:
Анкудимов Ю.П.,
Лебедев В.А.,
Садовая И.В.,
Капустянский С.В.

Ростов-на-Дону, 2016

Аннотация

Методические указания «Разработка плана механической обработки поверхностей детали» разработаны к практическим занятиям по дисциплине «Физико-технологические основы методов обработки» и предназначены для студентов всех формы обучения по направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль «Технология машиностроения».

Авторы

к.т.н., доцент, доцент кафедры «ТМ»
Анкудимов Ю.П.,

к.т.н., профессор, профессор кафедры «ТМ»
Лебедев В.А.,

старший преподаватель кафедры «ТМ»
Садовая И.В.,

инженер-технолог «Южный центр модернизации машиностроения»
Капустянский С.В.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Теоретическая часть	4
Пример разработки плана механической обработки поверхностей детали	15
Практические занятия	22
Цель практических занятий	22
Задачи практических занятий	22
Средства достижения целей практических занятий:	22
Практическое занятие № 1 «Выбор плана обработки наружной цилиндрической поверхности»	23
Практическое занятие № 2 «Выбор плана обработки внутренней цилиндрической поверхности»	25
Практическое занятие № 3 «Выбор плана обработки плоской поверхности»	27
Литература	29
Приложение	30

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Независимо от схемы построения ТП, каждая поверхность должна получить определенную обработку, которая в итоге обеспечит ее заданную точность и шероховатость. Последовательность переходов обеспечивающих точность заданную чертежом называется планом обработки поверхности.

В основу методики разработки плана механической обработки поверхностей детали положена идея В.Д. Цветкова, согласно которой любая точная, поверхность может быть обработана за 12 этапов (таблица 1).

Таблица 1 - Этапы обработки поверхностей

Этап	Наименование	Содержание	Реализация (наруж. пов., наруж. пов., плоск. пов.)	Параметры качества поверхности	
				квал.	Ra (Rz), мкм
1	2	3	4	5	6
Э0	Заготовитель- ный	Получение заготовки	Прокат, штамповка, литье	16-12	(>40)
Э1	Черновой	Съем напусков и основного объема припусков	Черновое точение Сверление, рассверливание, черновое зенкерование, черновое растачивание Черновое фрезерование, обдирочное шлифование	14-12	(80)-6,3
Э2	Термический 1	Стабилизирующ ая термообработк а для снятия внутренних напряжений	Отжиг, нормализация, искусственное старение		
Э3	Получистовой 1	Уточнение и правка баз	Получистовое точение Рассверливание, зенкерование, черновое протягивание (притирка центровых отверстий) Получистовое фрезерование, черновое шлифование	13-10	(40)-1,6
Э4	Термический 2	Химико- термическая обработка	Цементация, азотирование и т.д.		

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Э5	Получистойой 2	Назначается, если Э4≠0; правка баз, съём припуска с поверхностей, не подлежащих хим.терм. обработке	Получистовое точение Притирка центровых отверстий, получистовое растачивание и др.	13-10	(40)-1,6
Э6	Термический 3	Упрочняющая термообработка	Закалка+отпуск	-	-
Э7	Чистойой 1	Уточнение и правка баз, если Э6≠0	Чистовое точение, черновое шлифование Черновое развертывание, черновое шлифование, протягивание (притирка центровых отверстий) Чистовое фрезерование, протягивание, шлифование	10-8	6,3-0,4
Э8	Чистойой 2	Уточнение	Тонкое точение, чистовое шлифование Тонкое растачивание, чистовое шлифование, чистовое развертывание центровых отверстий чистовое, протягивание	8-6	1,6-0,2
Э9	Доработочный	Обработка второстепенных элементов и легкоповреждаемых поверхностей (резьб и т.д.)	Соответствующие методы механической обработки		
Э10	Покрытия	Нанесение покрытий	Цинкование, никелирование и др.	-	-
Э11	Доводочный	Уточнение поверхностей особо высокой точности, снижение шероховатости	Тонкое шлифование, притирка, (доводка), суперфиниш, обкатывание, выглаживание, полирование, притирка, хонингование, раскатывание, калибрование	5-4	<0,1
Э12	Контрольный	Контроль качества	Измерение, контроль размеров, шероховатости	-	-

Каждый из этапов: Э0, Э1, Э3, Э7, Э8, Э11 формирует поверхность с новыми показателями точности (калитетом) и шероховатости (Rz, Ra), т.е. ее «уточняет».

Остальные этапы не изменяют точности и шероховатости

поверхности, а придают ей специальные свойства:

- релаксируют внутренние напряжения; стабилизируют физико-механические и размерные характеристики во времени; улучшают обрабатываемость (этап Э2);

- изменяют химический состав; повышают твердость, прочность, антикоррозионные и другие свойства (этапы Э4, Э6, Э10).

Эти этапы имеют обычно воздействия направленные на все поверхности детали одновременно и в план обработки включаются по мере необходимости.

Разработку плана механической обработки поверхностей детали обычно начинают с выбора метода окончательной обработки, который назначается исходя из экономически достижимой точности с учетом:

- а) программы выпуска и типа производства: сведения о типе производства позволяют выбрать метод, оптимально отвечающий не только необходимой точности, но и производительности. Следует иметь ввиду что, одним и тем же методом в единичном и мелкосерийном производстве можно получить более высокую точность, чем в массовом или крупносерийном;

- б) марки материала и его состояния (закаленный или сырой): например, для закаленных стальных поверхностей предпочтительны методы абразивной обработки, для сырых и изготовленных из цветных сплавов – методы обработки металлическим лезвийным инструментом;

- в) необходимости точного координирования данной поверхности относительно других: например, протягивание позволяет добиваться высокой точности отверстия, но не способно изменять координатное положение отверстия уже существующего в заготовке; предварительное развертывание способно изменить координатное положение отверстия, давая точность 8 – 9 квалитет; чистовое развертывание обеспечивает 6 – 7 квалитет точности, но выполняется плавающей разверткой и точность координат отверстия не меняет;

- г) производительности (она примерно пропорциональна числу зубьев обрабатывающего инструмента);

- д) технологических возможностей оборудования, имеющегося в распоряжении технолога, например, расфрезеровывание отверстия можно применить в том случае, если намечается использование 4-5 координатного многоцелевого станка. В зависимости от типа и точности используемого оборудования можно вести обработку либо тонким точением, либо шлифованием;

При выборе метода окончательной обработки можно руководствоваться [4] или данными таблицы 2.

Таблица 2 - Рекомендации для выбора методов обработки поверхностей

Исходные данные					Рекомендуемый метод обработки	Технологические возможности		Характеристика метода		
Точность	Вид поверхности	Необходимость координир. относит. др. размеров	Состояние материала	Тип производства		Координирование относительно др. поверхностей	Дополнительные сведения	Производительность	Стоимость инструмента	Возможность переналадки на размер
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14-12 кв. (реализуется на этапе обработки Э1)	Нар. цили.	Независимо	Сырой	любой	Точение	до 0,1-0,15	-	высок.	низк.	есть
	Отверстие	Независимо	Сырой	любой	Сверление ¹	до 0,15-0,25	кондук.	средн.	низк.	нет
				м/с	Расверливание ²	то же	кондук.	средн.	низк.	нет
				с/с кс	Черновое зенкерование	до 0,1-0,15	кондук.	высок.	сред.	нет
				м/с	Растачивание	до 0,08-0,12	с напр.	шок.	низк.	есть
				м/с с/с	Расфрезеровывание ³	до 0,15	-	средн.	низк.	есть
	Плоскости	Независимо	Сырой	м/с	Строгание ⁴	в пред, 12 кв.	-	низк.	низк.	есть
				любой	Фрезерование	то же	-	высок.	оч. высок.	есть
				к/с, м	Плоское протягивание	до 10 кв.	-	очень высок.	оч. высок.	есть
				в спец. случ.	Плоское обдирочное шлифование	в пределах 12 кв.	-	высок.	низк.	есть

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11-10 квалитет	Нар. цил.	Независимо	Сырой	любой	Получистовое точение	до 0,08-0,1	-	высок.	низк.	есть
	Отверстие	Независимо	Сырой	м/с	Расверливание ²	до 0,12-0,15	кондук.	средн.	низк.	нет
					Получист. растачивание	до 0,05	с напр.	низк.	низк.	есть
				с/с, к/с, м	Чистовое зенкерование	до 0,07-0,1	кондук.	высок.	средн.	нет
				м/с, с/с	Получистовое расфрезеровывание	до 0,1	-	средн.	низк.	есть
				к/с, м	Прошивка, Протягивание	нет	шлиц. фасон.	очень высок.	очень высок.	нет
				м/с	Строгание ⁴	до 10 кв.	-	низк.	низк.	есть
	Плоскости	Независимо	Сырой	любой	Получит. фрезерование	до 10 кв.	-	высок.	средн.	есть
				к/с, м	Плоское протягивание	до 10 кв.	-	очень высок.	очень высок.	есть
				в спец. случ.	Плоское шлифование	до 10 кв.	высок. чистота	средн.	низк.	есть
9-8 квалитет	Нар. цил.	Есть	Сырой	любой	Чистовое точение	до 0,05	-	средн.	низк.	есть
			Закал.	любой	Шлифование	до 0,02-0,03	высок. чист.	средн.	низк.	есть
	Нет	Сырой	любой	Чистовое точение	до 0,05		средн.	низк.	есть	
			любой	Шлифование	до 0,02-0,03	высок. чист.	средн.	низк.	есть	
	Закал.	любой	Шлифование	до 0,02-0,03	высок. чист.	средн.	низк.	есть		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
9-8 квалитет	Отверстия	Есть	Сырой	м/с	Чистовое растачивание	до 0,05	с напр.	низк.	низк.	есть	
				с/с, к/с, м	Развертывание	до 0,05-0,06	кондук втулка	высок.	сред.	нет	
			Закал. любой	любой	Внутреннее шлифование	до 0,05	высок. чистот	низк.	низк.	есть	
				любой	Алмазное (эльбор) растачивание	до 0.05	высок. чистот	низк.	низк.	есть	
		Нет	Сырой	м/с	Чистовое растачивание	до 0,05	с напр.	низк.	низк.	есть	
				с/с, к/с, м	Развертывание	до 0,05-0,06	кондук. втулка	высок.	сред.	нет	
			Закал. любой	к/с, м	Протягивание	нет	шлиц. отвер.	высок.	очень высок.	нет	
				любой	Внутреннее шлифование	до 0,05	высок. чистота	низк	низк.	есть	
	Плоскости	Независимо	Сырой	любой	Тонкое (бреющее) фрезерование	до 8 квалитета	высок. частот.	средн.	средн.	есть	
				любой	Плоское шлифование	до 8 квалитета	высок. чистот.	низк.	низк.	есть	
	7-6 квалитет (Э8)	Нар. цил.	Есть	Сырой	любой	Тонкое точение	есть		средн.	низк.	есть
				Закал	любой	Шлифование	есть	-	низк.	низк.	есть
Нет			Сырой	м/с	Тонкое точение	есть	-	средн.	низк.	есть	
				с/с, к/с, м	Шлифование	есть	-	низк.	низк.	есть	
			Закал	любой	Шлифование	есть	-	низк.	низк.	есть	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
7-6 квалифет (ЭБ)	Отверстия	Есть	Сырой	любой	Тонкое растачивание	есть	-	низк.	НИЗК.	есть	
					Тонкое растачивание	есть	-	низк.	низк.	есть	
		Нет	Сырой	любой	м/с	Тонкое растачивание	есть	-	низк.	низк.	есть
					с/с, к/с, м	Чистовое развертывание	нет	-	сред.	сред.	нет
		Закал	любой	любой	к/с, м	Протягивание	нет	шлиц. отвер.	высок.	низк.	нет
					Внутреннее шлифование	есть	-	очень низкая	низк.	есть	
	Плоскости	Независимо	Независимо	любой	любой	Алмазное (эльбор) растачивание	есть		низк.	низк.	есть
						Плоское шлифование	есть	-	низк.	низк.	есть

1 - Самый распространенный метод получения глухих отверстий.

2 - При отсутствии зенкера. Предпочтительнее применять зенкерование.

3 - Так называемое планетарное фрезерование внутри отверстия по кольцевой траектории. Используется на многоцелевых станках с системой ЧПУ типа Ф4.

4 - Только при обработке длинных узких поверхностей (например, направляющих).

Необходимая степень повышения точности размера подлежащей обработке поверхности или ее расположения оценивается общим коэффициентом уточнения:

$$\varepsilon_{ДК} = \frac{T_{ЗК}}{T_{ДК}}, \quad (1)$$

где $T_{ЗК}$ - поле допуска размера заготовки;

$T_{ДК}$ - поле допуска размера поверхности готовой детали;

K - порядковый номер поверхности, подлежащей обработке.

Достигаемая каждым методом степень повышения точности размера поверхности или ее расположения оценивается частным коэффициентом уточнения:

$$\varepsilon_{K_i} = \frac{T_{K_{i-1}}}{T_{K_i}}, \quad (2)$$

где $T_{K_{i-1}}$ - поле допуска поверхности до обработки данным методом;
 T_{K_i} - поле допуска поверхности после обработки данным методом;
 K - порядковый номер поверхности, подлежащей обработке;
 i - номер этапа обработки поверхности.

Достигаемая всеми методами, составляющими план обработки, степень повышения точности размера поверхности или ее расположения оценивается произведением частных коэффициентов уточнения:

$$\varepsilon_K = \prod_{i=1}^m \varepsilon_{K_i}, \quad (3)$$

где ε_{K_i} - коэффициент уточнения, обеспечиваемый каждым методом обработки;
 m - количество этапов (переходов или операций) обработки, повышающих точность поверхности.

Набор методов по обработке поверхности считается выбранным правильно, если соблюдается условие:

$$\varepsilon_{ДК} \leq \varepsilon_K. \quad (4)$$

Для определения необходимого числа этапов обработки поверхности, повышающих ее точность можно пользоваться таблицей 1 и эмпирической зависимостью:

$$m = \frac{\lg \varepsilon_{ДК}}{0,46}. \quad (5)$$

При использовании таблицы 1 следует учитывать, что точность поверхности обеспечивается последовательным ее уточнением, т.е. пропуск промежуточных этапов не допускается.

В таблицах 3-7 приведены планы механической обработки типовых поверхностей деталей.

В приложении (таблица 1) приведены допуски размеров до 10000 мм (по СТ СЭВ 145—75 и СТ СЭВ 177—75).

Таблица 3 - Средняя точность и шероховатость при обработке наружных поверхностей тел вращения

Метод обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
1	2	3
Точение черновое	12	6,3
Точение черновое Точение чистовое	11...10	3,2
Точение однократное Шлифование однократное	10...8	1,6...0,8
Точение черновое Точение чистовое Шлифование однократное	8...6	0,8
Точение черновое Точение чистовое Точение тонкое	7...6	0,4
Точение однократное Шлифование предварительное Шлифование чистовое	7...6	0,4
Точение черновое Точение чистовое Шлифование предварительное Шлифование чистовое	6	0,4
Точение черновое Точение чистовое Шлифование предварительное Шлифование тонкое	6...5	0,2
Точение черновое Точение чистовое Шлифование предварительное Шлифование чистовое Шлифование тонкое	5	0,2...0,1

Таблица 4 - Средняя точность и шероховатость при обработке цилиндрических отверстий

Метод обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
1	2	3
В сплошном металле		
Сверление	12	25...12,5
Сверление и зенкерование	11	6,3...3,2
Сверление и развертывание	8...9	3,2...1,6
Сверление и протягивание	9...8	3,2...0,4
Сверление, зенкерование, развертывание	9...8	1,6...0,8
Сверление и двукратное развертывание	8...7	1,6...0,4
Сверление, зенкерование и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Сверление, зенкерование и шлифование	8...7	0,8...0,4
Сверление, протягивание и калибрование	8...7	0,8...0,4

Продолжение таблицы 4

1	2	3
В заготовках с отверстием		
Зенкерование или растачивание	12	6,3...3,2
Рассверливание	12	25...6,3
Двукратное зенкерование или двукратное растачивание	11	12,5...6,3
Зенкерование или растачивание и развертывание	9...8	3,2...1,6
Зенкерование и растачивание	9...8	6,3...3,2
Двукратное зенкерование и развертывание или двукратное растачивание и развертывание	9...8	1,6...0,8
Зенкерование или растачивание и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Зенкерование или двукратное растачивание и двукратное развертывание или тонкое растачивание	8...7	0,8...0,2
Зенкерование или двукратное растачивание и хонингование	8...7	0,2...0,05
Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание, и хонингование	8...7	0,1...0,025
Прогрессивное протягивание и шлифование	8...7	0,8...0,2

Таблица 5 - Средняя точность и шероховатость при обработке плоских поверхностей

Метод обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
Строгание и фрезерование цилиндрическими и торцевыми фрезами:		
черновое	14...11	12,5...3,2
получистовое и однократное	12...11	3,2...1,6
чистовое	10	1,6...0,8
тонкое	8...6	1,6...0,2
Протягивание:		
черновое литых и штампованных поверхностей	11...10	3,2...1,6
чистовое	8...6	1,6...0,4
Шлифование:		
однократное	8...7	1,6...0,4
предварительное	9...8	0,8...0,4
чистовое	7	0,4...0,1
тонкое	6	0,2...0,05

Примечания:

1. Данные относятся к обработке жестких деталей с габаритными размерами не более 1 м при базировании по чисто обработанной поверхности и использовании ее в качестве измерительной базы.

2. Точность обработки торцевыми фрезами при сопоставимых условиях выше, чем цилиндрическими примерно на один квалитет.

3. Тонкое фрезерование производят только торцевыми фрезами.

Таблица 6 - Средняя точность и шероховатость при обработке резьбовых поверхностей

Метод обработки	Поле допуска	Параметр шероховатости Ra, мкм
Круглыми плашками	8g	12,5...6,3
Метчиками	6H	6,3...3,2
Фрезерование:		
дисковыми фрезами	6g	6,3...1,6
гребенчатыми фрезами	6g	6,3...3,2
Точение:		
резцами	4h	3,2...0,8
гребенками	6g	6,3...0,8
Вращающимися резцами (вихревой метод)	6g	3,2...1,6
Самораскрывающимися головками	4h	6,3...1,6
Накатывание:		
плоскими плашками	6g	0,8...0,4
резьбонакатными роликами	6g...4h	0,8...0,2

Таблица 7 - Средняя точность и шероховатость при обработке зубчатых колес

Метод обработки	Степень точности	Параметр шероховатости Ra, мкм
Фрезерование:		
предварительное	9...10	12,5...3,2
чистовое дисковой фрезой	8...9	6,3...1,6
чистовое червячной фрезой	7...8	6,3...1,6
Долбление чистовое	6...8	3,2...0,8
Протягивание	6...7	3,2...0,8
Строгание чистовое	5...7	3,2...0,8
Шевингование	6...7	1,6...0,4
Шлифование	4...5	0,8...0,2

ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ПЛАНА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ

Задача: разработать план механической обработки поверхностей детали (рисунок 1).

Исходные данные:

- чертёж детали с указанием материала, параметров точности, шероховатости и физико-механических свойств её поверхности ;
- заготовка - отливка, получаемая литьём в металлические формы (1 класс точности);
- тип производства - серийный;
- рекомендуемый тип оборудования - универсальное, специализированное.

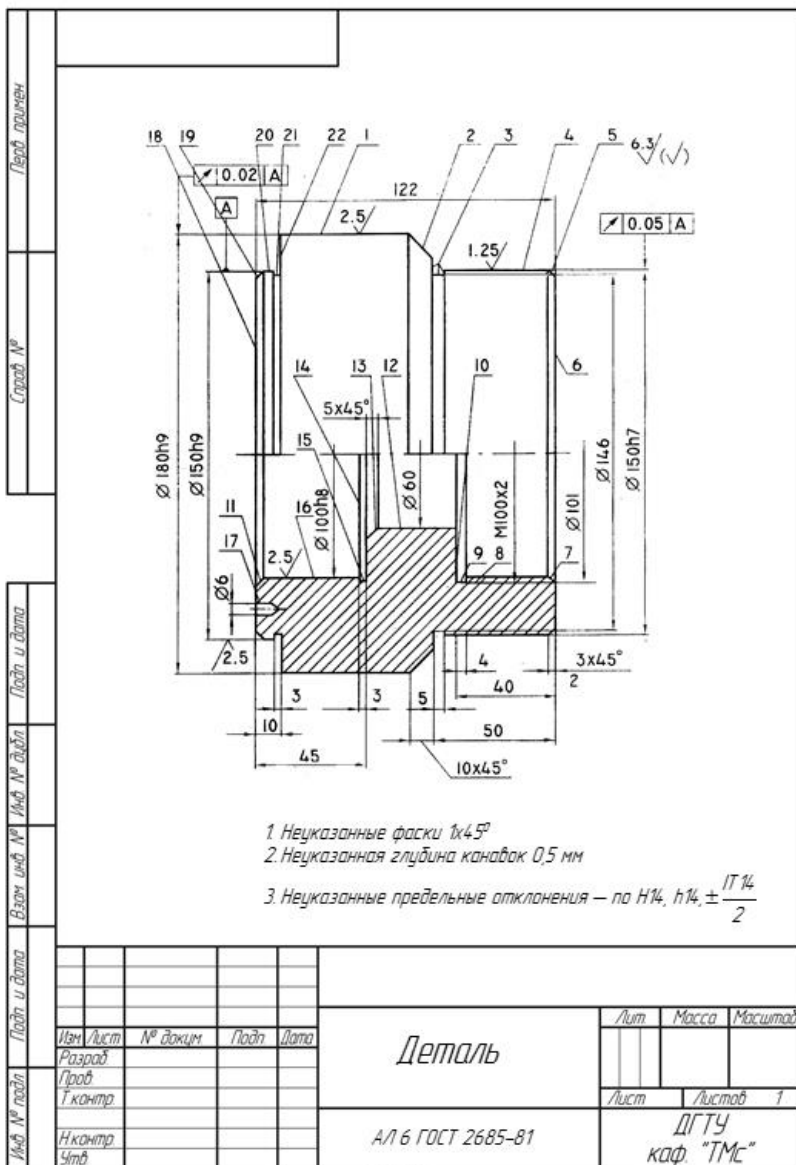


Рисунок 1. Чертеж детали

Последовательность выполнения работы:

1. Производим нумерацию поверхностей детали (вариант нумерации поверхностей представлен на рисунке 1). Данная деталь включает 22 поверхности, все поверхности подлежат обработке.

2. Из чертежа детали выявляем требования, которым должны отвечать поверхности после обработки и устанавливаем на эти поверхности соответствующие требуемой точности допуски на размер. (результаты анализа сводим в таблицу 8).

3. Рассчитываем по каждой из поверхностей требуемую величину уточнения, которую необходимо обеспечить в результате обработки.

Так для

$$1\text{-й поверхности } \varepsilon_{Д1} = \frac{1150}{100} = 11,5 ;$$

$$4\text{-й поверхности } \varepsilon_{Д4} = \frac{1000}{40} = 25 ;$$

$$6\text{-й поверхности } \varepsilon_{Д6} = \frac{1000}{870} = 1,15 ;$$

$$8\text{-й поверхности } \varepsilon_{Д8} = \frac{870}{40} = 21,75 ;$$

$$16\text{-й поверхности } \varepsilon_{Д16} = \frac{870}{54} = 16,1 \text{ и т.д.}$$

4. Выбираем методы окончательной обработки поверхностей. При этом достигаемая выбранным методом точность будет характеризоваться допуском $T_{ок}$, где K – номер поверхности). На основе анализа существующих методов обработки, используя таблицы 1,2, выбираем метод окончательной обработки поверхности 1 - чистовое точение (этап 7). При этом согласно [4] достигаемая точность составит $T_{О1} = 80$ мкм.

Для других поверхностей, рассуждая аналогично, получаем:

поверхность 4 - тонкое точение (этап 8) $T_{О4} = 40$ мкм;

поверхность 6 - черновое торцевое точение (этап 1) $T_{О6} = 530$ мкм;

поверхность 8 - нарезание резьбы (этап 9) после чистового растачивания (этап 7) $T_{О8} = 70$ мкм;

поверхность 16 - чистовое растачивание (этап 7) $T_{О16} = 54$ мкм.

Аналогичный подход используем и для других поверхностей (см. таблицу 8). Отдаем предпочтение токарным методам обработки, поскольку деталь типа тела вращения и может быть обработана на токарных станках с ЧПУ, что отвечает условиям, сформулированным в исходных данных.

5. Намечаем план обработки поверхностей, используя обобщенную таблицу этапов обработки (таблица 1).

Для поверхности 1, отсутствие в технических требованиях на деталь требований, предусматривающих проведение химико-термической обработки позволяет наметить следующую последовательность обработки поверхностей:

- черновое точение ($T_{1.1}=530$ мкм), $\varepsilon_{1.1}=2,17$;
- получистовое точение ($T_{1.2}=260$ мкм), $\varepsilon_{1.2}=2,04$;
- чистовое точение ($T_{1.3}=T_{01}=80$ мкм), $\varepsilon_{1.3}=3,25$.

Возможность применения намеченной последовательности обработки поверхности 1 оценим по величине достигаемой при этом величины уточнения:

$$\varepsilon_1 = 2,17 \cdot 2,04 \cdot 3,25 = 14,39$$

Сравнивая ε_1 с $\varepsilon_{Д1}$, $14,39 > 11,5$, можно сделать вывод, что намеченная последовательность обработки обеспечивает получение поверхности 1 по всем показателям точности.

Для поверхности 4 можно предложить следующую последовательность обработки:

- черновое точение ($T_{4.1}=530$ мкм), $\varepsilon_{4.1}=1,89$;
- получистовое точение ($T_{4.2}=260$ мкм), $\varepsilon_{4.2}=2,04$;
- чистовое точение ($T_{4.3}=80$ мкм), $\varepsilon_{4.3}=3,25$;
- тонкое точение ($T_{4.4}=T_{04}=40$ мкм), $\varepsilon_{4.4}=2$.

$\varepsilon_4 = 1,89 \cdot 2,04 \cdot 3,25 \cdot 2 = 25,1 > \varepsilon_{Д4} = 25$, что свидетельствует о применимости данного метода обработки поверхности 4.

Для поверхности 6:

- черновое торцевое точение ($T_{6.1}=T_{06}=530$ мкм), $\varepsilon_{6.1}=1,89$.
- $$\varepsilon_6 = 1,89 > \varepsilon_{Д6} = 1,15.$$

Для поверхности 8:

- черновое растачивание ($T_{8.1}=460$ мкм), $\varepsilon_{8.1}=1,9$;
 - получистовое растачивание ($T_{8.2}=140$ мкм), $\varepsilon_{8.2}=3,3$;
 - чистовое растачивание ($T_{8.3}=T_{08}=70$ мкм), $\varepsilon_{8.3}=2$;
 - нарезание резьбы М100х2.
- $$\varepsilon_8 = 1,9 \cdot 3,3 \cdot 2 = 12,54 > \varepsilon_{Д8} = 11.$$

Для поверхности 16

- черновое растачивание ($T_{16.1}=460$ мкм), $\varepsilon_{16.1}=1,9$;
- получистовое растачивание ($T_{16.2}=140$ мкм), $\varepsilon_{16.2}=3,3$;
- чистовое растачивание ($T_{16.3}=T_{016}=54$ мкм), $\varepsilon_{16.3}=2,6$.

$$\varepsilon_{16} = 1,9 \cdot 3,3 \cdot 2,6 = 16,3 > \varepsilon_{Д16} = 16,1.$$

План обработки других поверхностей детали представлен в сводной таблице плана обработки поверхностей (таблица 8).

Таблица 8 - План обработки поверхностей детали

№ пов.	Заготовка (Э ₀)		Параметры качества поверхности			Е _{дк}	План обработки поверхностей											
							1 пер. (Э ₁)	Тк ₁ , мкм	2 пер. (Э ₃)	Тк ₂ , мкм	3 пер. (Э ₇)	Тк ₇ , мкм	4 пер. (Э ₈)	Тк ₈ , мкм	5 пер. (Э ₉)	ε _к	6 пер. (Э ₁₂)	
	Т _{эк}	Кв.	Т _{дк}	Ra (Rz)	8		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Отливка – литье в металллические формы (1 кл. точности)	150	9	100	2.5	11.5	Черн. точение	530	Полу- чист. точение	260	Чист. точение					14,4		
2		1150	14	1000	6.3	1,15	Черн. точение	1600 1000								1,15		
3		1000	14	1000	6,3	1,0	Черн. точение	1000	Точение								1,0	
4		1000	7	40	6,3	1,25	Черн. точение	530	Полу- чист. точение	260	Чист. точение	80	Тонк. точение	40			25,0	Конт- роль
5		1000	14	1000	6,3	1,0	Черн. точение	1000									1,0	
6		1000	14	870	6,3	1.15	Черн. торц. точение	530									1,89	
7		870	14	870	6,3	1,15	Черн. растач.	530									1,64	
8		870	7	100	2,5	11	Черн. растач.	460	Полу- чист. растач.	140	Чист. раста- чив.	70				Нарез. резьбы M100*2	12,54	Конт- роль

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9		870	14	870	6,3	1,0	Черн. растач.	460								1,9	
10		870	14	620	6.3	1,4	Черн. торц. растач.	530								1,64	
11		870	14	870	6,3	1,15	Черн. растач.	530								1,64	
12		740	14.	740	6,3	1.0	Черн. растач.	400								1,85	
13		740	14	740	6,3	1,0	Черн. растач.	400							-	1,85	
14		870	14	620	6.3	1,4	Черн. растач.	530								1,64	
15		870	14	870	6,3	1.0	Черн. растач	530								1,64	
16		870	8	54	6,3	2,5	Черн. растач.	460	Получист. точение	140		54				16,3	
17			12		6.3		Сверление										

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Цель практических занятий

Получить практические навыки и продемонстрировать умение выбора методов обработки поверхностей детали различной формы, определения числа необходимых для этого операций или переходов и построения плана обработки типовых поверхностей.

Задачи практических занятий

Сформировать у студентов навыки и умения:

- выявлять и анализировать исходные данные необходимые для разработки плана обработки поверхности;
- обосновывать метод окончательной обработки поверхности;
- определять рациональное число, содержание и последовательность операций или переходов обработки поверхности.

Средства достижения целей практических занятий:

- пояснение преподавателем общей методики, основных принципов и подходов при выборе методов и средств обработки отдельных поверхностей деталей;
- коллективное рассмотрение примера выбора плана обработки одной поверхности детали под руководством преподавателя;
- самостоятельная работа всех студентов по разработке плана механической обработки поверхностей детали по указанию преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

«ВЫБОР ПЛАНА ОБРАБОТКИ НАРУЖНЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ»

1. Ознакомиться с теоретической частью
2. Получить у преподавателя чертеж детали
3. Проанализировать:
 - служебное назначение детали в машине, технические условия и требования, которым она должна отвечать;
 - качество и точность поверхностей, требующих обработки;
 - качество и точность исходной заготовки.
 - тип производства.
4. Пронумеровать все наружные цилиндрические поверхности детали.
5. Провести анализ требований, предъявляемых к точности и шероховатости поверхностей готовой детали, занести в таблицу 9 сведения о точности исходной заготовки, о точности и шероховатости каждой обрабатываемой поверхности детали.
6. Выбрать методы окончательной обработки поверхностей, обеспечивающие получение требуемой точности и шероховатости.
7. Исходя из данных о точности исходной заготовки и готовой детали, по каждой из поверхностей рассчитать требуемую величину общего коэффициента уточнения ($\varepsilon_{ДК}$), которую необходимо обеспечить в результате обработки (формула1).
8. Рассчитать по формуле (5) и выбрать по таблице 1 число этапов обработки каждой поверхности.
9. Пользуясь таблицами 2-7 выбрать методы обработки на промежуточных этапах уточнения поверхности.
Примечание: при выборе методов обработки каждой из поверхностей детали следует найти такой метод и принять такое количество переходов, которые позволили бы наиболее экономично осуществить переход от заготовки к готовой детали и обеспечить получение требуемого уточнения $\varepsilon_{ДК}$. При этом желательно, чтобы все или возможно большее число поверхностей детали обрабатывались одним методом. Это позволит совместить наибольшее число переходов во времени, уменьшить количество операций, сократить время, трудоемкость и себестоимость обработки.
10. Исходя из данных о точности методов обработки на промежуточных этапах (см. [4] и таблицы 2-7) по каждой из поверхностей установить требуемую величину частного коэффициента уточнения, которую необходимо обеспечить в

результате обработки (формула 2).

11. Пользуясь формулой (4) проверить правильность разработанного плана обработки поверхностей и занести данные в сводную таблицу (приложение, таблица 2).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

«ВЫБОР ПЛАНА ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ»

1. Ознакомиться с теоретической частью
2. Получить у преподавателя чертеж детали
3. Проанализировать:
 - служебное назначение детали в машине, технические условия и требования, которым она должна отвечать;
 - качество и точность поверхностей, требующих обработки;
 - качество и точность исходной заготовки.
 - тип производства.
4. Пронумеровать все внутренние цилиндрические поверхности детали.
5. Провести анализ требований, предъявляемых к точности и шероховатости поверхностей готовой детали, занести в таблицу 9 сведения о точности исходной заготовки, о точности и шероховатости каждой обрабатываемой поверхности детали.
6. Выбрать методы окончательной обработки поверхностей, обеспечивающие получение требуемой точности и шероховатости.
7. Исходя из данных о точности исходной заготовки и готовой детали, по каждой из поверхностей рассчитать требуемую величину общего коэффициента уточнения ($\varepsilon_{ДК}$), которую необходимо обеспечить в результате обработки (формула 1).
8. Рассчитать по формуле (5) и выбрать по таблице 1 число этапов обработки каждой поверхности.
9. Пользуясь таблицами 2-7 выбрать методы обработки на промежуточных этапах уточнения поверхности.
Примечание: при выборе методов обработки каждой из поверхностей детали следует найти такой метод и принять такое количество переходов, которые позволили бы наиболее экономично осуществить переход от заготовки к готовой детали и обеспечить получение требуемого уточнения $\varepsilon_{ДК}$. При этом желательно, чтобы все или возможно большее число поверхностей детали обрабатывались одним методом. Это позволит совместить наибольшее число переходов во времени, уменьшить количество операций, сократить время, трудоемкость и себестоимость обработки.
10. Исходя из данных о точности методов обработки на промежуточных этапах (см. [4] и таблицы 2-7) по каждой из поверхностей установить требуемую величину частного коэффициента уточнения, которую необходимо обеспечить в результате обработки

(формула 2).

11. Пользуясь формулой (4) проверить правильность разработанного плана обработки поверхностей и занести данные в сводную таблицу (приложение, таблица 2).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

«ВЫБОР ПЛАНА ОБРАБОТКИ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ»

1. Ознакомиться с теоретической частью
2. Получить у преподавателя чертеж детали
3. Проанализировать:
 - служебное назначение детали в машине, технические условия и требования, которым она должна отвечать;
 - качество и точность поверхностей, требующих обработки;
 - качество и точность исходной заготовки.
4. Пронумеровать все плоские поверхности детали.
5. Провести анализ требований, предъявляемых к точности и шероховатости поверхностей готовой детали, занести в таблицу 9 сведения о точности исходной заготовки, о точности и шероховатости каждой обрабатываемой поверхности детали.
6. Выбрать методы окончательной обработки поверхностей, обеспечивающие получение требуемой точности и шероховатости.
7. Исходя из данных о точности исходной заготовки и готовой детали, по каждой из поверхностей рассчитать требуемую величину общего коэффициента уточнения ($\varepsilon_{ДК}$), которую необходимо обеспечить в результате обработки (формула 1).
8. Рассчитать по формуле (5) и выбрать по таблице 1 число этапов обработки каждой поверхности.
9. Пользуясь таблицами 2-7 выбрать методы обработки на промежуточных этапах уточнения поверхности.

Примечание: при выборе методов обработки каждой из поверхностей детали следует найти такой метод и принять такое количество переходов, которые позволили бы наиболее экономично осуществить переход от заготовки к готовой детали и обеспечить получение требуемого уточнения $\varepsilon_{ДК}$. При этом желательно, чтобы все или возможно большее число поверхностей детали обрабатывались одним методом. Это позволит совместить наибольшее число переходов во времени, уменьшить количество операций, сократить время, трудоемкость и себестоимость обработки.
10. Исходя из данных о точности методов обработки на промежуточных этапах (см. [4] и таблицы 2-7) по каждой из поверхностей установить требуемую величину частного коэффициента уточнения, которую необходимо обеспечить в результате обработки (формула 2).



11. Пользуясь формулой (4) проверить правильность разработанного плана обработки поверхностей и занести данные в сводную таблицу (приложение, таблица 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородавко В.И. Обработка и упрочнение поверхностей при изготовлении и восстановлении деталей. Минск: Беларус. навука, 2013
2. Шепелева И.Н. Гиннэ С.В. Руденко А.П. и др. Обработка материалов резанием. Учеб. пособ. Ч.2. Красноярск: СибГТУ, 2012.
3. Бабичев А.П. и др. Физико-технологические основы методов обработки. Учеб.пособ. Ростов н/Д: Феникс, 2006
4. Справочник технолога-машиностроителя (под ред. Косиловой А.Г.), Т. 1, 2. М.: Машиностроение, 1986.
5. Лебедев В.А., Прокопец Г.А., Азарова А.И., Шенштейн В.Ю. Выбор плана обработки поверхностей: Методические указания по проведению практических занятий по курсам «Основы технологии машиностроения» и «Технология изготовления деталей машин». / Ростов-на-Дону. Издательский центр ДГТУ. 2004. 12с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 - Допуски размеров до 10 000 мм (по СТ СЭВ 145—75 и СТ СЭВ 177—75)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Обозначения допусков									
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8
	Допуски, мкм									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
до 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
св. 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
св. 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
св. 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
св. 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
св. 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
св. 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
св. 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
св. 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
св. 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
св. 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
св. 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
св. 500 до 630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110
св. 630 до 800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
св. 800 до 1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140
св. 1000 до 1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
св. 1250 до 1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
св. 1600 до 2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
св. 2000 до 2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
св. 2500 до 3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
св. 3150 до 4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
св. 4000 до 5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
св. 5000 до 6300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
св. 6300 до 8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
св. 8000 до 10000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940
Количество единиц допуска в допуске данного качества										
	1*	1,4*	2*	2,7*	3,7*	5,1*	7	10	16	25



Продолжение таблицы 1

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	9	10	11	12	13	14**	15**	16**	17**	18***
	Обозначения допусков									
	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
	мкм					мм (1 мм=1000 мкм)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
до 3	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	1,4
св. 3 до 6	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
св. 6 до 10	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
св. 10 до 18	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
св. 18 до 30	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
св. 30 до 50	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	3,9
св. 50 до 80	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	4,6
св. 80 до 120	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
св. 120 до 180	100	160	250	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
св. 180 до 250	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
св. 250 до 315	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
св. 315 до 400	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
св. 400 до 500	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	9,7



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
св. 500 до 630	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0
св. 630 до 800	200	320	500	0,8	1,25	2,0	3,2	5,0	8,0	12,5
св. 800 до 1000	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9,0	14,0
св. 1000 до 1250	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
св. 1250 до 1600	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5,0	7,8	12,5	19,5
св. 1600 до 2000	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6,0	9,2	15,0	23,0
св. 2000 до 2500	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0	17,5	28,0
св. 2500 до 3150	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21,0	33,0
св. 3150 до 4000	660	1050	1650	2,6	4,1	6,6	10,5	16,5	26,0	41,0
св. 4000 до 5000	800	1300	2000	3,2	5,0	8,0	13,0	20,0	32,0	50,0
св. 5000 до 6300	980	1550	2500	4,0	6,2	9,8	15,5	25,0	40,0	62,0
св. 6300 до 8000	1200	1950	3100	4,9	7,6	12,0	19,5	31,0	49,0	76,0
св. 8000 до 10000	1500	2400	3800	6,0	9,4	15,0	24,0	38,0	60,0	94,0
Количество единиц допуска в допуске данного качества										
	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500
* Количество единиц допуска указано для размеров св. 500 мм. Для размеров до 500 мм допуски в качествах от 01 до 4 определены по следующим формулам $IT_{01}=0,3+0,008\cdot D_{и}$; $IT_0=0,5 +0,012\cdot D_{и}$; $IT_1=0,8+0,020\cdot D_{и}$; $IT_2=\sqrt{IT_1\times IT_3}$; $IT_3=\sqrt{IT_1\times IT_5}$; $IT_4=\sqrt{IT_3\times IT_5}$ (IT – в мкм, $D_{и}$ – в мм).										
** Качества 14-17 для размеров менее 1 мм не предусмотрены.										
*** Допуски по 18-му качеству приведены дополнительно к СТ СЭВ 145-75 и СТ СЭВ 177-75.										

Таблица 2 - Сводная таблица плана обработки поверхностей детали

№ пов.	Заготовка Э ₀		Параметры качества поверхности			E _{дк}	План обработки поверхностей												E _к				
							Этап Э ₁	Tк ₁ , мкм	Этап Э ₂	Этап Э ₃	Tк ₃ , мкм	Этап Э ₄	Этап Э ₅	Tк ₅ , мкм	Этап Э ₆	Этап Э ₇	Tк ₇ , мкм	Этап Э ₈		Tк ₈ , мкм	Этап Э ₉	Этап Э ₁₀	Этап Э ₁₁
	T _{эк}	Кв.	T _{дк}	Ra (Rz)																			