2.3. Практические занятия.

Недели	Количество	Наименование практических работ	Номер темы по форме 2.1
1	2	3	
1	2	Определение типа производства	2.1.2
2	2	Выбор рациональных схем базирования. Расчеты погрешности установки заготовок на станине	2.1.3
3	2	Качественный и количественный анализ технологичности конструкции детали	2.1.5
4	4	Построение и расчет технологических размерных цепей процесса механообработки заготовкой деталей машин	2.1.5
5	2	Расчет оптимального настроенного размера и погрешности настройки станка по пробным заготовкам с использованием универсального измерительного инструмента с построением точностной диаграммы обработки настроечной партии деталей	2.1.5
6	2	Погрешности обработки, вызванной упругими деформациями технологической системы под действием сил резания	2.1.5
7	2	Расчет погрешностей обработки, вызванные износом и температурными деформациями режущего инструмента	2.1.5
8	2	Методы и порядок определение норм времени по элементам	2.1.5
9	2	Аналитическое определение припусков и межоперационных размеров.	2.1.5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: «Определение типа производства»

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает число различных операций, закрепленных в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца.

Для предварительного расчета коэффициента закрепления операций могут быть использованы нормы времени $t_{шт}$ или $t_{шт\text{-}к}$, взятые из базового техпроцесса

Для расчета коэффициента закрепления операций составляется таблица (табл.1). В первую графу записываются все операции базового техпроцесса, во вторую — нормы времени $t_{шт}$ или $t_{шт\text{-}к}$.

Определяется и записывается в третью графу таблицы расчетное количество станков m_p для каждой операции:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шт.}(t_{шт.-к})}{60 \cdot F_д \cdot \eta_{з.н.}},$$

где N — годовой объем выпуска деталей, шт.; $t_{шт.}$ $(t_{шт.\text{-}к})$ — штучное или штучно-калькуляционное время, мин; $F_д$ — действительный годовой фонд времени, ч; $\eta_{з.н}$ — нормативный коэффициент загрузки оборудования (для расчетов в курсовом проекте принимается $\eta_{з.н}$ =0,75...0,85).

Принятое число рабочих мест P (четвертая графа) устанавливают округлением значений m_p (третья графа) до ближайшего большего целого числа.

Далее для каждой операции вычисляют значение фактического коэффициента загрузки

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

Количество операций (последняя графа), выполняемых на рабочем месте, определяется по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Коэффициент закрепления операций рассчитывается по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}$$

Таблица

Расчет коэффициента закрепления операций

Операция	*t* **мин**	m_p	*P*	**'Кф.**	*O*
05. Токарная	4,2	0.084	1	0.084	9,20
10. Протяжная	1.2	0.024	1	0,024	33,3
15. Зубофрезерная	8.6	0,178	1	0.178	4.49
20. Зубошевинговальная	3.4	0.070	1	0,070	11,43
25. Внутришлнфовальная	4,1	0,085	1	0,085	9.41
30. Плоскошлифовальная	3,6	0.074	1	0.074	10.81

$$\sum P = 6, \sum O = 48{,}64.$$

По ГОСТ 3.1121-84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций $к_{з.о.}$:

— массовое производство — $к_{зо}$ =1;
— крупносерийное — $к_{з.о}$ =2... 10;
— среднесерийное — $к_{з.о}$ =10...20;
— мелкосерийное — $к_{з.о}$ =20...40;
— единичное — $к_{з.о}$ >40.

По данным таблицы 1 для коэффициента закрепления операции имеем:

$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}$ = 48,64/ 6 ≈ 8 , что означает – крупносерийное производство.

При отсутствии базового техпроцесса тип производства предварительно можно определить по годовому выпуску и массе деталей см. таблицы 2, 3, 4.

Таблица 2.

Выбор типа производства по годовому выпуску и массе деталей

В штуках

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей		
	Крупных, 50 кг и более	Средних, 8...50 кг	Мелких, до 8 кг
Единичное	до 5	до 10	до 100
Среднее	5...1000	10...5000	100...50000
Массовое	св. 1000	св. 5000	св. 50000

При этом после расчета норм времени по всем операциям выполняется раздел «Уточнение типа производства» на основе расчета коэффициента закрепления операций по приведенной выше методике.

Таблица3.

Выбор типа производства по массе деталей и их количеству

Масса детали (изделия) кг	Величина годовой программы выпуска, шт.				
	Еди-ничное	Мелкосе-рийное	Серийное	Крупносерийное	Массовое
1,0	10	10...2000	1500...100000	75000…200000	200000
1,0...2,5	10	10...1000	1000...50000	50000...100000	100000
2,5...5,0	10	10...500	500...35000	35000...75000	75000
5,0... 10,0	10	10...300	300...25000	25000...50000	50000
>10,0	10	10...200	200...10000	10000...25000	25000

Таблица 4.

Выбор серийности производства

Серийность производства	Количество изделий и партии		
	крупные	средние	мелкие
Мелкосерийное	3...10	5...25	10.50
Среднесерийное	11. .50	26...200	51...500
Крупносерийное	св. 50	св. 200	св. 500

Задача 1. Определить условное число однотипных операций $П_{oi}$, выполняемых на каждом рабочем месте, коэффициент закрепления операций $К_{з.о}$ и тип производства при реализации технологических процессов изготовления двух деталей, используя исходные данные (табл. 1).

Решение. Для варианта 12, детали 23 (см. табл. 1)

$$П_{o1} = \frac{250536}{3000 \cdot 3{,}6} = 23{,}2;\ П_{o2} = 16{,}1;\ П_{o3} = 29{,}8;\ П_{o4} = 10{,}1;\ П_{o5} = 19{,}9;$$

$$К_{з.о} = \frac{250536}{3000 \cdot 5}\left(\frac{1}{3{,}6} + \frac{1}{5{,}2} + \frac{1}{2{,}8} + \frac{1}{8{,}3} + \frac{1}{4{,}2}\right) = 19{,}8.$$

В соответствии с тем, что $К_{з.о} < 20$, производство среднесерийное.

Таблица 1.

Исходные данные для определения типа производства

Вариант	**Номер детали**	**$Т_{ш.к}$ на операцию, мин**						**N_i, шт**
		005	**010**	**015**	**020**	**025**	**030**	
1	1	3,3	4,8	4,6	5,9	6,3	7,5	4500
	2	2,1	5,3	8,8	7,5	1,8	11,2	10 000
2	3	4,7	7,8	5,4	10,3	15,2	—	2500
	4	5,2	4,3	12,4	4,8	1,2	3,8	7500
3	5	1,2	0,8	2,1	2,8	1,9	0,7	15 000
	6	12,0	32,3	15,6	10,3	9,2	—	1500
4	7	15,0	42,0	11,3	7,4	—	—	1000
	8	0,9	1,2	7,1	3,4	5,3	—	10 000
5	9	3,0	4,5	6,3	5,4	1,2	1,7	7500

	10	1,2	2,1	0,9	1,8	3,2	—	30 000
6	11	5,0	6,2	4,2	7,8	8,3	5,4	1500
	12	3,8	4,3	12,0	6,3	—	—	3800
7	13	7,0	6,5	8,3	5,4	7,8	2,4	10 000
	14	4,0	7,0	2,2	3,5	4,7	—	50 000
8	15	2,7	1,8	3,9	4,6	6,6	—	1500
	16	7,0	8,0	9,0	10,0	7,5	8,5	5000
9	17	13,5	6,8	7,5	14,0	3,5	—	1500
	18	3,0	4,5	2,9	7,4	1,8	—	12 000
10	19	9,5	36,0	14,0	22,0	—	—	4000
	20	1,8	6,7	3,8	12,0	6,1	5,3	25 000
11	21	6,5	4,3	11,2	7,8	1,2	3,4	1000
	22	0,8	1,7	1,9	0,6	1,4	3,2	40 000
12	23	3,6	5,2	2,8	8,3	4,2	—	3000
	24	26,0	14,0	43,0	8,0	—	—	1000

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: «Выбор рациональных схем базирования. Расчеты погрешности установки заготовок на станке»

В любой машине детали и сборочные единицы занимают определенное взаимное положение. Из механики известно, что каждое свободное твердое тело имеет шесть степеней свободы относительно системы координат X, Y, Z. Оно может перемещаться параллельно трем взаимно перпендикулярным координатным осям и вращаться вокруг каждой из них (рис.1).

Таким образом, для определения положения детали необходимо и достаточно иметь шесть опорных точек. Этот вывод получил название «Правило шести точек». Это правило широко используют в случае обработки деталей на различных технологических операциях, когда деталь необходимо установить и закрепить с заданной точностью на столе станка или в приспособлении [1].

В общем случае ***базирование*** – это, придание изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат. При обработке заготовок на станках под базированием понимается придание им требуемого положения относительно элементов станка или обрабатывающего инструмента.

Поверхности детали, участвующие в ориентировке и соприкосновении с элементами приспособлений при обработке или сборке по опорным точкам, называются ***базирующими поверхностями***.

Применительно к призматическим деталям (рис.1) различают: установочную базу – поверхность (А), несущую на себе три опорные точки; направляющую базу – поверхность (В), несущую на себе две опорные точки; опорную базу – поверхность (С), несущую на себе одну опорную точку. Комплект из всех трех базирующих поверхностей составляет базу детали. Таким образом, под термином ***база*** подразумевается сочетание поверхностей, линий или точек, принадлежащих заготовке или изделию и использовании для их базирования при обработке, сборке или измерении/

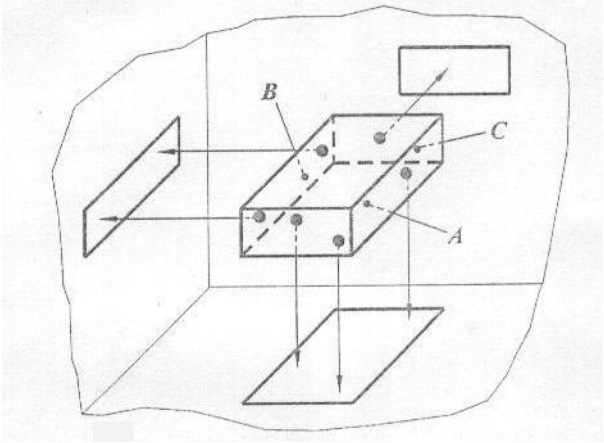


Рис.1. Базирующие поверхности призматического тела

Базирование цилиндрического тела в пространстве, а также классификация баз и принципы базирования даны [1].

1. СХЕМА БАЗИРОВАНИЯ.

Схема расположения опорных точек на базах заготовки называется ***схемой базирования***.

На схемах базирования опорные точки обозначаются условными знаками (табл.1).

При этом все опорные точки нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее число опорных точек.

1.1. Обозначение опор, зажимов и установочных устройств.

Таблица 1

Обозначение опор (ГОСТ 3.1107-81)

Опора	**Обозначение опоры на видах**		
	Спереди, сзади	**Сверху**	**Снизу**
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			
ПРИМЕЧАНИЕ: Несколько обозначений одномерных опор на схемах на каждом виде допускается заменять одним с обозначением их числа справа.			

Таблица 2.

Обозначение зажимов (ГОСТ 3.1107-81)

Зажим	**Обозначение зажима на видах**		
	Спереди, сзади	**Сверху**	**Снизу**
Одиночный			
Двойной			
ПРИМЕЧАНИЕ: Для двойных зажимов длина плеча устанавливается разработчиком в зависимости от расстояния между точками приложения сил. Допускается упрощенное графическое обозначение двойного зажима: Обозначение двойного зажима на виде спереди или сзади при совпадении точек приложения силы допускается избежать как обозначение одиночного зажима на аналогичных видах.			

Таблица 3. Обозначение установочных устройств (ГОСТ 3.1107-81)

Установочное устройство	**Обозначение установочных устройств на видах**		
	Спереди, сзади, сверху, снизу	**Слева**	**Справа**
Центр: неподвижный вращающийся плавающий		Без обозначения	Без обозначения
		То же	То же
Оправка: цилиндрическая шариковая (роликовая)			
Патрон поводковый			
ПРИМЕЧАНИЕ: Для цанговых оправок (патронов) следует применять обозначение: Ц			

2.2. Разработка схем базирования

При разработке схем базирования необходимо: Из условий задачи выяснить назначение комплекта баз и систему координат, относительно которой необходимо придать детали, заготовке и т.п.требуемое положение;

- Выявить состав связей, которые необходимо создать в соответствии с условиями решаемой задачи;
- Разработать конструктивные формы поверхностей баз (при конструировании) или выявить поверхности (при решении технологических или измерительных задач), позволяющие осуществить базирование и решить поставленную задачу;

- Определить состав комплекта баз и их названия, обратившись к типовым комплектам и классификации баз;
- Нанести теоретическую схему базирования на чертеж или эскиз.

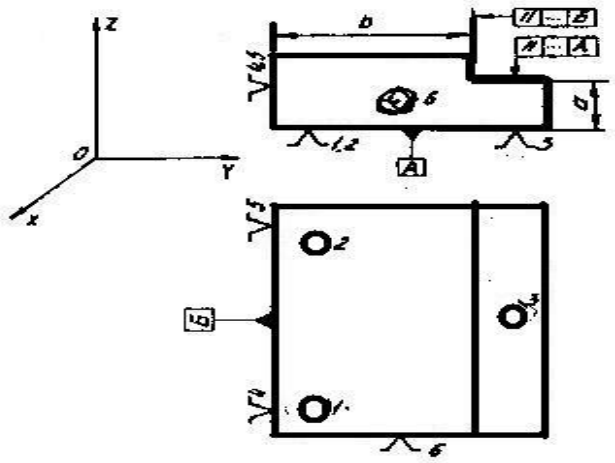


Рис.3. Базирование плитки, обеспечивающее получение размеров, заданных чертежом.

Задача. Фрезеровать уступ у детали типа плитка (рис.3.); выдержать размеры (a), (b) и параллельность поверхностей уступа относительно поверхностей А и Б.

Решается технологическая задача и поэтому положение заготовки должно быть определено в системе координат OXYZ фрезерного станка.

Для того чтобы получить размер (a) и обеспечить параллельность горизонтальной поверхности уступа относительно поверхности А необходимо, используя поверхность А, придать заготовке нужное положение относительно плоскости OXY, лишив заготовку перемещения в направлении оси OZ и поворота вокруг осей, параллельных осям OX и OY.

Для получения размера (b) и параллельности вертикальных поверхности уступа относительно поверхности Б необходимо на заготовку через поверхность Б наложить две связи, лишив ее возможности перемещаться в направлении оси OY и поворачиваться вокруг оси OZ. Перемещение вдоль оси OX заготовку может решить опора в ее торец. Такую комбинацию связей дает типовой комплект баз, имеющую в своем составе установочную, направляющую и опорную базы. Все базы будут явными. Итак, задача может быть решена с помощью технологических баз установочной, направляющей и опорной базы. Следует обратить внимание на то, что в качестве установочной и направляющей баз использованы именно те поверхности, относительно которых задано положение обрабатываемых поверхностей.

Теоретическую схему базирования следует показать так, как это сделано на рис.3.

Схема базирования заготовки может быть представлена в условных обозначениях установочных устройств (см. табл.3), а при необходимости с указанием формы рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств (см. [1]).

Примеры нанесения обозначения опор, зажимов и установочных устройств на схемах (ГОСТ 3.1107-81) и примеры схем базирования деталей даны [ ] .

Задача 1. На горизонтально-фрезерном станке набором фрез одновременно обрабатывают поверхности *1, 2, 3, 4* (рис. 1). Указать расчетные зависимости для определения погрешности базирования при выполнении размеров A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, а также указать размеры, на точность выполнения которых будет оказывать влияние непостоянство усилия зажима заготовки Q. Размеры A_7 и A_8 выполнены соответственно с отклонениями $\pm\frac{1}{2}T_{A_7}$ $\pm\frac{1}{2}T_{A_8}$.

Задача 2. На вертикально-фрезерном станке производят зенкерование отверстия и подрезку торца, выдерживая размеры A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 и D (рис. 2). Указать расчетные зависимости для определения погрешности базирования при получении указанных размеров. Размер A_4 выполнен с отклонениями $\pm\frac{1}{2}T_{A_4}$.

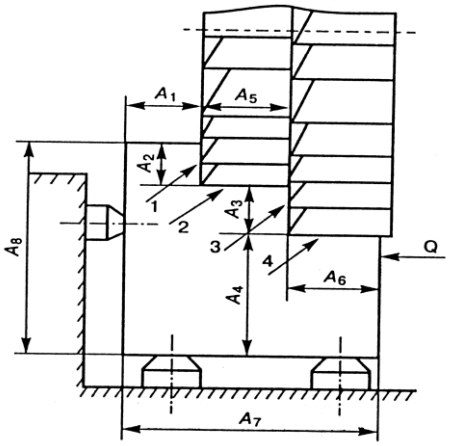


Рис. 1. Схема обработки заготовки (к задаче 1)

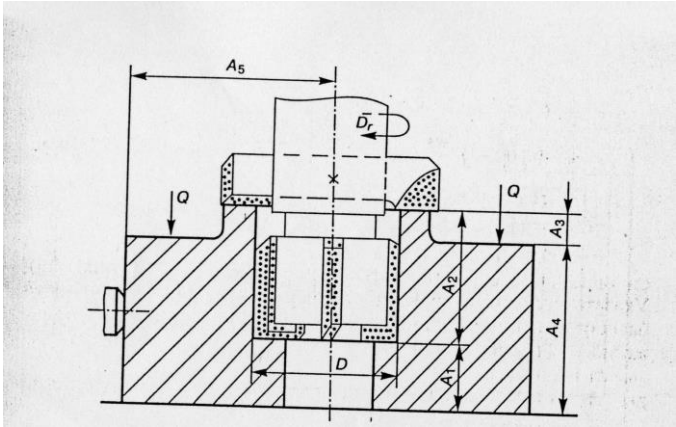


Рис.2.Схема обработки отверстия (к задаче 2).

Задача 3. На торцовой поверхности валов, устанавливаемых в призму, сверлят два отверстия станке производят зенкерование отверстия и подрезку торца, выдерживая размеры A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 и D (рис. 3). Проверить расчетом, при каком расположении кондукторных втулок относительно призмы разность размеров H_1 и H_2 минимальна. Диаметр вала $\varnothing 80^{+0,15}$ мм, угол призмы $\alpha = 90^0$.

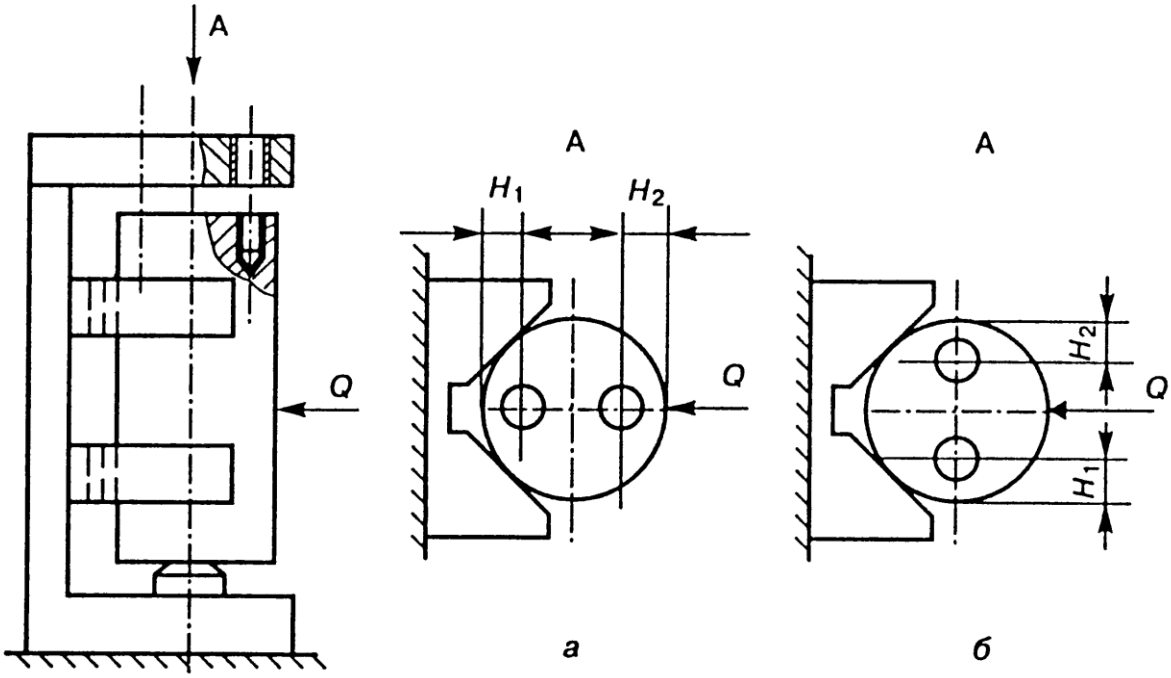


Рис. 3. Схема установки кондукторных втулок относительно призмы (к задаче 3): а, б — варианты расположения втулок.

Задача 4. В торце валов, обработанных в размер $\varnothing 65_{-0,2}$ мм, требуется просверлить отверстие ∅12,0 мм. Положение оси отверстия определяется размером *H*, заданным от образующей цилиндрической поверхности вала. При проектировании приспособления возможны три варианта расположения втулок в кондукторной плите относительно призмы, в которую устанавливается вал (рис. 4). Определить, при каком положении кондукторной втулки обеспечивается наименьшая погрешность базирования для размера *H*. Угол призмы $\alpha = 90^0$.

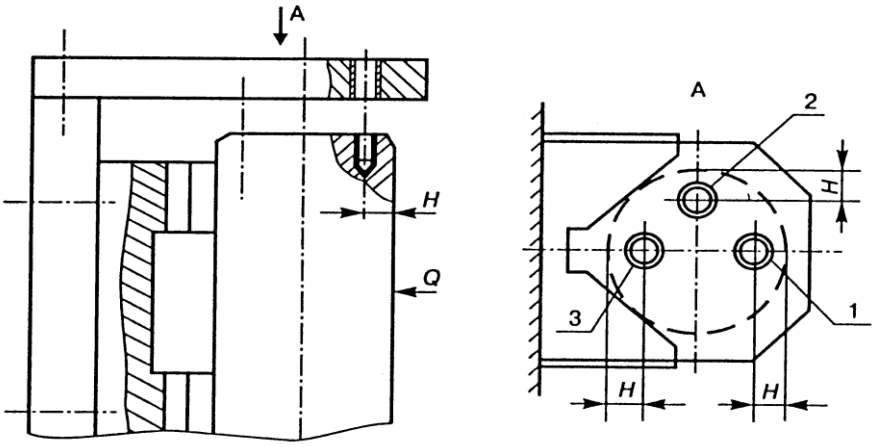


Рис. 4. Схема установки кондукторных втулок при сверлении отверстия в торце вала (к задаче 4): 1, 2, 3 — варианты расположения втулок.

Задача 5. На вертикально-фрезерном станке обрабатывают ступенчатую поверхность втулки, установленную на цилиндрический палец с буртом, как показано на рис. 5. Диаметр базового отверстия выполнен в размер $D = 30^{+0,039}$мм, диаметр установочного пальца $d = 30_{-0,016}$ мм. Требуется определить ожидаемую точность выполнения размеров A_1 и A_2. Составляющими погрешности заготовки — погрешностью закрепления и положения заготовки — пренебречь, т.е. $\varepsilon_{з.о}$, $\varepsilon_{з.и}$ и $\varepsilon_{пр}$ равны 0. Точность метода обработки принять равной ω = 0,12 мм.

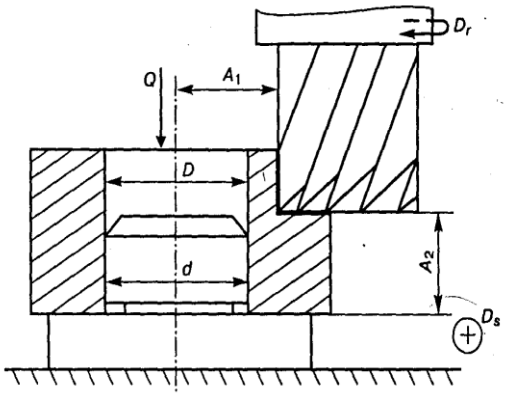


Рис. 5. Схема фрезерования заготовки втулки (к задаче 5)

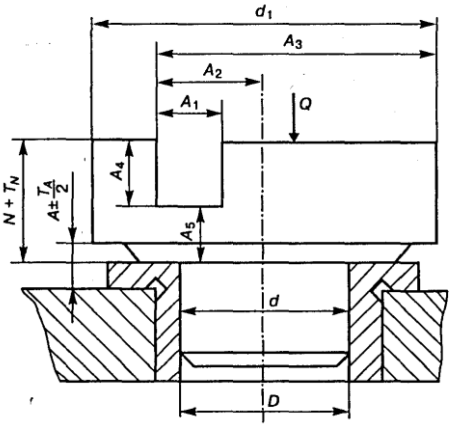


Рис. 6. Схема установки при фрезеровании паза

Задача 6. Для фрезерования паза заготовку устанавливают в центрирующую втулку (рис. 6). Вывести расчетные зависимости для определения погрешности базирования для размеров A_1, A_2, A_3, A_4, и A_5 при заданной точности размеров заготовки N, A, d и центрирующей втулки D.

Задача 7. На вертикально-фрезерном станке концевой фрезы обрабатывают ступенчатую поверхность крышек, устанавливаемых в центрирующую втулку (рис. 7). Вывести расчетные зависимости для определения погрешности базирования для размеров A_1, A_2 и A_3 при заданной точности размеров заготовки d, d_1 и центрирующей втулки D.

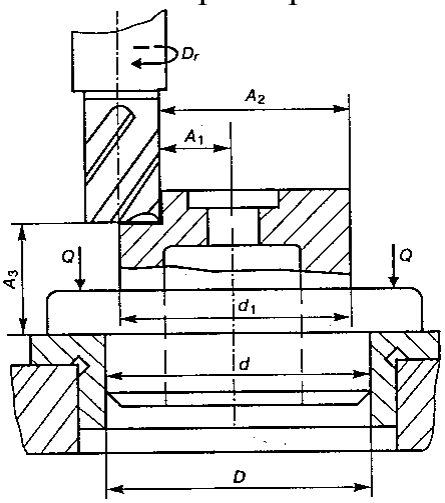


Рис. 7. Схема установки заготовки при фрезеровании (к задаче 7)

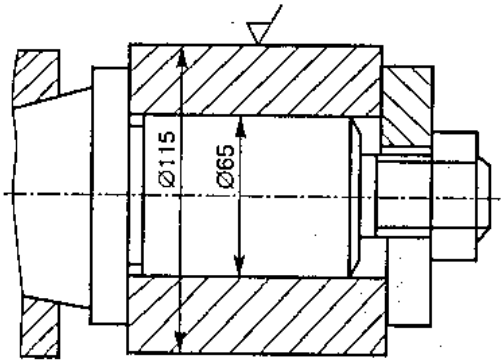


Рис. 8. Схема установки втулки (к задаче 8)

Задача 8. Обработку наружной цилиндрической поверхности втулок ∅115 мм производят при установке их с зазором на жесткой шпиндельной оправке (рис. 8). Диаметр базового отверстия втулок — $65^{+0,035}$ мм. Цилиндрическая рабочая поверхность оправки, выполненная в размер $\varnothing 65_{-0,06}$ мм, имеет радиальное биение относительно ее конусной поверхности 0,020 мм, а биение шпинделя станка составляет 0,010 мм. Точность метода обработки ω = 0,05 мм. Определить ожидаемую точность выполнения цилиндрической поверхности втулки и ее возможную несоосность относительно базового отверстия.

Задача 9. При установке заготовок на плоскость и два отверстия обрабатывают поверхности *1, 2, 3* и паз, выдерживая размеры A, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6 и A_7 (рис. 9). Требуется:

а) определить погрешность базирования для указанных размеров, если известно, что базовые отверстия заготовок D_1 и D_2 выполнены с допуском T_{D1} =

= T_{D2} =0,013 мм, установочные пальцы d_1 и d_2 — с допуском T_{d1} = T_{d2} = 0,009 мм, а минимальный зазор в сопряжении базовых отверстий с установочными пальцами S_{1min} = S_{2min} = 0,007 мм. Размер между осями базовых отверстий L_0 = = 150 ± 0,05 мм; $A = A_5 = 30^{+0,15}$ мм;

б) определить, возможна ли обработка поверхностей *1* и *3* одновременно набором фрез, если точность принятого метода обработки ω = 0,1 мм.

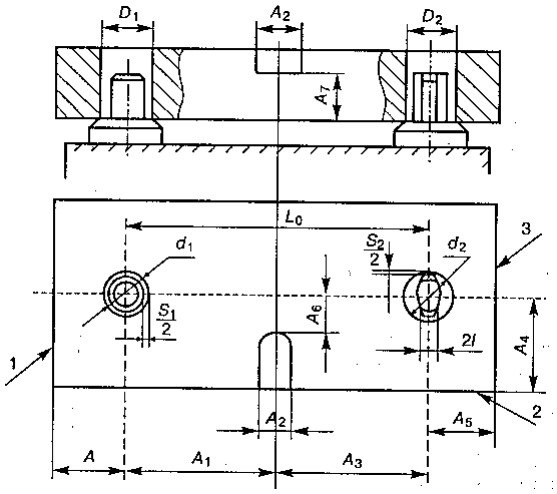


Рис. 9. Схема установки заготовки (к задаче 9)

Задача 10. Для фрезерования паза концевой фрезой рычаг устанавливают в призмах, как показано на рис. 10. Вывести расчетные зависимости погрешности базирования для размеров A_1, A_2, A_3, A_4. Угол призмы α = 90^0. Размер L_0 между осями базовых цилиндрических поверхностей (d_1 и d_2) выполнен с точностью $\pm\frac{1}{2}T_{L_0}$.

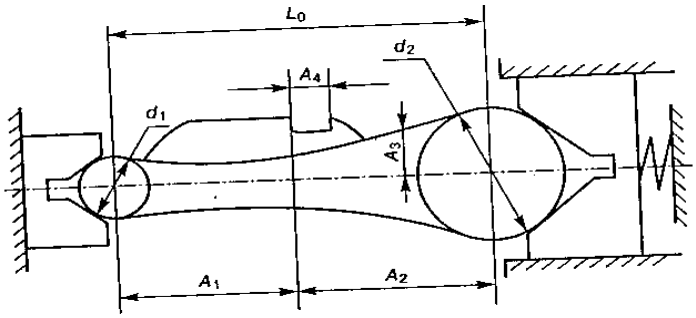


Рис. 10. Схема установки рычага (к задаче 10)

Задача 11. Определить погрешность базирования для размеров A = 80 мм и толщины стенок головок шатуна t = 25 мм при фрезеровании его боковых поверхностей за два установа (рис. 11). Отверстия в головках шатуна обработаны в размер $D = 30^{+0,033}$ мм, установочные пальцы — $\varnothing 30f7\left(^{-0,02}_{-0,04}\right)$ мм.

Задача 12. На горизонтально-протяжном станке обрабатывают шпоночный паз (рис. 12). Требуется вывести расчетные зависимости и определить погрешность базирования при выполнении размеров A и B, а также найти отклонение от перпендикулярности оси шпоночного паза относительно оси отверстий D_1 и D_2, если известно, что диаметры базовых отверстий выполнены с допусками $T_{D1} = T_{D2} = 0{,}025$ мм, а установочных пальцев — $T_{d1} = T_{d2} = 0{,}011$ мм; минимальный зазор в сопряжении базовых отверстий рычага с установочными пальцами приспособления $S_{1min} = S_{2min} = 0{,}009$ мм; межосевое расстояние $L_0 =$ $= 200^{+0,3}$ мм.

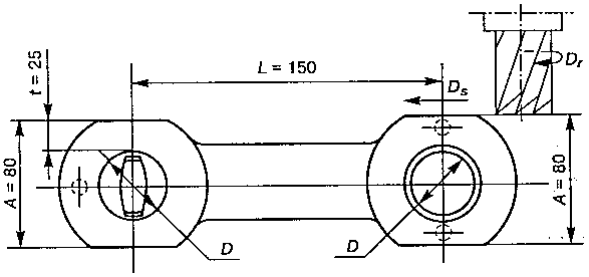


Рис. 11. Схема установки шатуна (к задаче 11)

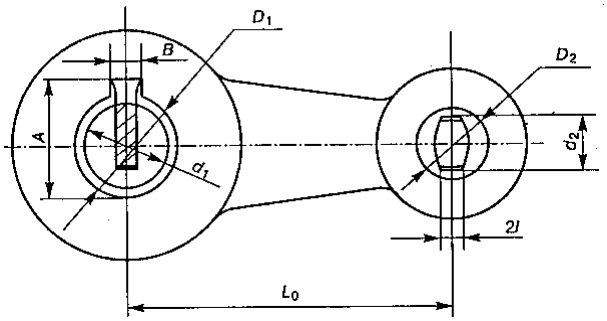


Рис. 12. Схема обработки шпоночного паза (к задаче 12)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: « Качественный и количественный анализ технологичности конструкции детали»

Анализ технологичности является одним из важных этапов в разработке технологического процесса, обуславливает его основные технико-экономические показатели: металлоемкость, трудоемкость, себестоимость.

Анализ технологичности проводится, как правило, в два этапа: качественный анализ и количественный анализ.

1. Содержание качественной оценки технологичности конструкции

Так, детали типа валов признаются технологичными, если они отвечают следующим требованиям [I]:

- возможность максимального приближения формы и размеров заготовки к размерам и форме детали;
- возможность вести обработку проходными резцами;
- уменьшение диаметров поверхностей от середины к торцам вала или от одного торца к другому;
- возможность замены закрытых шпоночных пазов открытыми;
- жесткость вала обеспечивает достижение необходимой точности при обработке (l:d <10... 12).

Зубчатые колеса признаются технологичными, если они имеют [1]:

- центральное отверстие простой формы;
- простую конфигурацию наружного контура (наиболее технологичными являются зубчатые колеса простой формы без выступающих ступиц);
- ступицы с одной стороны, что позволяет обрабатывать на зубофрезерных станках по две детали;
- симметрично расположенную перемычку между венцом и ступицей, что уменьшает коробление детали при термообработке;
- возможность штамповки фигурной перемычки между венцом и ступицей;
- достаточное расстояние между венцами для обработки на зубофрезерных станках (для двухвенцовых зубчатых колес).

Для всех классов деталей признаются нетехнологичными следующие элементы:

- глубокие отверстия *(l:d>5);*
- отверстия, расположенные под углом к оси, плоскости и т.п.;
- глухие отверстия с резьбой;
- закрытые с одной или двух сторон пазы.

Не являются нетехнологичными требования к точности размеров и формы поверхностей деталей и шероховатости, так как они вытекают из служебного назначения детали и не определяют ее конструкцию.

Качественная оценка технологичности конструкции характеризуется следующими показателями: хорошо — плохо, допустимо — недопустимо.

Содержание количественной оценки технологичности конструкции Количественная сравнительная оценка технологичности конструкции может быть осуществлена лишь при использовании соответствующих базовых показателей технологичности. В работе необходимо определить значения перечисленных ниже относительных частных показателей технологичности, которые должны приниматься в пределах $0 < K < 1$.

1. Уровень технологичности конструкции по точности обработки

$$K_{у.т} = \frac{K_{б.тч}}{K_{тч}},$$

где $K_{б.тч}$, $K_{тч}$ — соответственно базовый и достигнутый коэффициенты точности обработки.

Коэффициент точности обработки $K_{тч}$ определяется по формуле:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_{ср}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i},$$

где — $T_{ср} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + ...}{n_1 + n_2 + n_3 + ...}$ - средний квалитет точности обработки изделия; n_i - число размеров соответствующего квалитета точности; T - квалитет точности обработки.

2. Уровень технологичности конструкции по шероховатости поверхности

$$K_{у.ш} = \frac{K_{б.ш}}{K_{ш}},$$

где $K_{б.ш}$, $K_{ш}$ — соответственно базовый и достигнутый коэффициенты шероховатости поверхности.

Коэффициент шероховатости поверхности $K_{ш}$ определяется по формуле:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{ср}} = 1 - \frac{\sum n_{im}}{\sum Шn_{im}},$$

где $Ш_{ср} = \frac{\sum Шn_{mi}}{\sum n_{im}} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + ... + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + n_3 + ... + n_{14}}$ - средняя шероховатость поверхности изделия; $Ш$ — шероховатость поверхности; n_{im} — число поверхностей соответствующей шероховатости.

Значения достигнутых уровней технологичности конструкций по точности обработки и шероховатости следует определять после завершения технологического контроля чертежа детали и внесения в него, по согласованию с руководителем проекта, рациональных изменений. Если

чертеж детали после завершения технологического контроля не подвергается пересмотру и изменению, уровень технологичности конструкции по этим показателям равен единице.

3. Коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M}{M_м},$$

где М — масса готовой детали, кг; $M_м$ — масса материала, израсходованного на изготовление детали, кг.

4. Уровень технологичности конструкции по использованию материала

$$K_{у.м} = \frac{K_{б.и.м}}{K_{и.м}},$$

где $K_{б.и.м}$,$K_{и.м}$ — соответственно базовый и достигнутый коэффициенты использования материала.

Значения коэффициента использования материала и уровня технологичности конструкции по использованию материала рассчитываются после выбора метода получения заготовки и определения общих припусков на механическую обработку.

5. Уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления

$$K_{у.м} = \frac{T_и}{T_{б.и}},$$

где $T_и$, $T_{б.и}$ — соответственно достигнутая и базовая трудоемкость изготовления изделия.

6. Уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости

$$K_{у.с} = \frac{C_т}{C_{б.т}},$$

где $C_т$, $C_{бт}$ — соответственно
достигнутая и базовая технологическая себестоимость изделия.

Уровни технологичности конструкции по трудоемкости и технологической себестоимости окончательно определяются после разработки операционного ТП и получения необходимых для расчета данных.

Заканчивается этот раздел проекта выводами о технологичности конструкции детали.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: « Построение и расчёт технологических размерных цепей механообработки заготовок»

ГОСТ 16320 - 80 устанавливает методы расчета плоских размерных цепей с использованием различных методов достижения точности. При расчетах размерных цепей могут решаться прямая и обратная задачи. При решении прямой задачи, исходя из установленных требований к величине замыкающего звена, определяют номинальные размеры, величины допусков, координаты середины полей допусков и предельные отклонения всех составляющих размерную цепь звеньев. При решении обратной задачи, исходя из номинальных размеров, допусков, координат их середин, предельных отклонений составляющих звеньев, определяют те же характеристики замыкающего звена. Решением обратной задачи проверяют правильность решения прямой задачи.

Размерные цепи для случаев, когда должна быть обеспечена полная взаимозаменяемость, рассчитывают по методу максимума-минимума. В тех случаях, когда допустим экономически оправданный риск выхода за пределы поля допуска величины замыкающих звеньев у части изделий, размерные цепи могут рассчитываться вероятностным методом. Номинальный размер (А) замыкающего звена размерной цепи, состоящей из m звеньев, включая и замыкающее звено, может быть найден из уравнения номиналов:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{A_i} A_i \,, \qquad (1)$$

где ξ_{A_i} – передаточное отношение или величина, характеризующая степень влияния погрешности составляющего звена на замыкающее звено; i – порядковый номер звена.

Для линейных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны: $\xi_i = 1$ (увеличивающие звенья); $\xi_i = -1$ (уменьшающие звенья)

Координаты середины поля допуска замыкающего звена аналогично уравнению номиналов:

$$\Delta_{O_\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{O_i}, \tag{2}$$

где Δ_{O_Δ} – координата середины поля допуска замыкающего звена; Δ_{O_i} – координата середины поля допуска i-го звена.

Координата середины поля допуска определяет положение середины поля допуска относительно номинального размера. Значение ее для составляющего звена может быть определено по формуле:

$$\Delta_{O_i} = \frac{\Delta_{Bi} + \Delta_{Hi}}{2}, \tag{3}$$

где Δ_{Bi}, Δ_{Hi} – верхнее и нижнее отклонения i-го звена.

Поле допуска (рассеяния) замыкающего звена при расчете по методу максимума-минимума можно найти из уравнения

$$T_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| T_i, \tag{4}$$

где T_i – поле допуска (рассеяния) i-го звена. При вероятностном методе расчета уравнение погрешностей имеет вид

$$T_\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 T_i^2}, \tag{5}$$

где t_Δ – коэффициент риска; λ_i – относительное среднее квадратическое отклонение (безразмерный коэффициент). Коэффициент риска t_Δ характеризует вероятность попадания размеров замыкающего звена в регламентированные пределы. Его выбирают из таблиц значений функции Лапласа $\Phi(t)$ в зависимости от принятого риска P.

При нормальном законе распределения отклонений и равновероятном их выходе за обе границы поля допуска значение *P*, %, связано со значением Ф (*t*) формулой

$$P = 100\left[1 - 2\Phi(t)\right].$$

Ряд значений коэффициента t_Δ приведен в табл. 1: Табл. 1.

Риск *P*, %	32,00	10,00	4,59	1,00	0,27	0,10	0,01
Коэффициент t_Δ	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

Для случаев, когда законы распределения составляющих звеньев размерной цепи отличаются от нормального закона Гаусса, в уравнение (5) введен коэффициент

$$\lambda_i = \frac{2\sigma_i}{T_i}$$

где σ_i – среднеквадратичное отклонение 1-го составляющего звена.

Значения коэффициента λ_i основных законов распределения определены в работах [2, 4]. Для изделий мелкосерийного и индивидуального производства (при законе равной вероятности) $\lambda_i^2 = \frac{1}{3}$. Если предполагается, что закон распределения близок к закону Симпсона (серийное производство), $\lambda_i^2 = \frac{1}{6}$. Для изделий крупносерийного и массового производства $\lambda_i^2 = \frac{1}{9}$, что соответствует нормальному закону распределения.

Расчет технологических операционных цепей

В операционных размерных цепях решается задача по определению номиналов размеров и отклонений, при которых в результате выполнения

всего технологического процесса деталь будет полностью соответствовать чертежу по всем точностным параметрам, а также другие задачи.

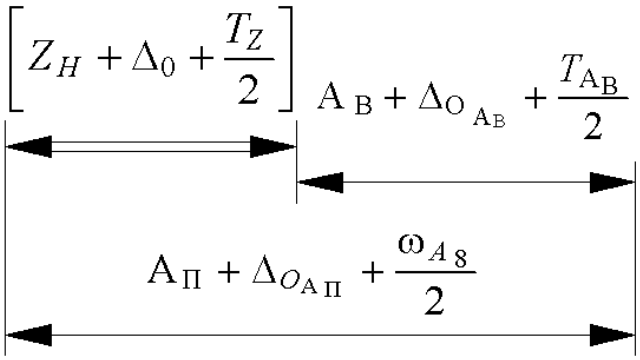
Звеньями операционных цепей являются размеры или иные точностные параметры детали на различных стадиях ее изготовления: припуски, биение, отклонения от соосности, параллельности, перпендикулярности, изогнутость оси, а также толщины покрытий (кадмирование, хромирование, цинкование и пр.).

Операционные размерные цепи представляют собой совокупность размеров (или других размерных параметров), образующих замкнутый контур и определяющих связь между операционными размерами или другими параметрами на различных стадиях обработки.

В операционных цепях наиболее часто замыкающим звеном оказывается припуск, который не является исходным звеном, так как он не диктует исходных требований, предъявляемых к другим звеньям.

Размеры или иные размерные параметры обрабатываемой детали, которые в операционной карте предписаны к обязательному исполнению в пределах заданных допусков, являются **составляющими звеньями** операционной размерной цепи. Размер (или иной размерный параметр) обрабатываемой детали, который получается в результате выполнения составляющих звеньев, называется **замыкающим звеном** операционной размерной цепи.

Рассмотрим простейший расчет операционных размерных цепей. На рис. 5 представлена размерная цепь, связывающая размер детали до начала обработки $A_п$ (предшествующий размер), размер после обработки $A_в$ (выполняемый размер) и припуск на обработку Z. Выполняемый размер является чертежным либо определяется из предыдущей технологической размерной цепи.



Замыкающим звеном в рассматриваемой цепи является припуск Z, размер $A_п$ является увеличивающим, составляющим звеном, а размер $A_в$ – уменьшающим.

Рис. 5. Простейшая типовая задача, решаемая при расчете операционных размерных цепей.

Такая задача не отвечает определению ни прямой, ни обратной задачи по ГОСТ 16319-80, так как в ней неизвестными величинами выступают параметры как замыкающего, так и составляющего звеньев. Принято [1] называть ее **проектной или смешанной задачей**.

При расчете операционных размерных цепей решают проектные и проверочные задачи. Решая проектные задачи при размерном анализе проектируемых технологических процессов, исходя из окончательных размеров детали, определяют промежуточные операционные размеры и размеры заготовки.

Решение проверочных задач при размерном анализе действующих или спроектированных технологических процессов позволяет по известным характеристикам составляющих звеньев определять характеристики замыкающих звеньев, непосредственно не выполняемых при обработке. По целям расчета и составу исходных данных проверочная задача расчета технологических операционных цепей совпадает с обратной задачей расчета цепей по ГОСТ 16320-80.

Последовательность решения проектной задачи.

1. Определяется фактический допуск замыкающего звена.

а) метод максимума-минимума

$$T_{\Delta ф} = \sum_{i=1}^{m} |\xi_i| T_i$$

б) вероятностный метод

$$T_{\Delta ф} = t\sqrt{\xi_i^2 \lambda_i^2 T_i^2}$$

где T_i – допуск составляющих звеньев, мм;

ξ_i – передаточные отношения составляющих звеньев;

t – коэффициент риска.

λ_i – коэффициент относительного рассеяния.

2. Определяется среднее расчетное значение замыкающего звена

а) для замыкающего звена – припуска (известна минимальная величина припуска)

$$A_{\Delta_{CP}} = A_{\Delta_{min}} + \frac{T_{\Delta_Ф}}{2}$$

б) для замыкающего звена – конструкторского размера (известны предельные значения размера или поминальный размер и предельные отклонения)

$$A_{\Delta_{CP}} = A_\Delta + \frac{\Delta в_\Delta + \Delta н_\Delta}{2} \text{ или } A_{\Delta_{CP}} = \frac{A_{\Delta\,max} + A_{\Delta\,min}}{2},$$

где $A_{\Delta max}, A_{\Delta min}$ заданные наибольший и наименьший предельные размеры замыкающего звена, мм;

A_Δ – номинальный размер замыкающего звена, мм;

$\Delta в_\Delta, \Delta н_\Delta$ – заданные нижнее и верхнее отклонения замыкающего звена, мм.

3. Определяются средние значения размеров известных составляющих звеньев.

$$A_{i_{CP}} = A_i + \frac{\Delta в_i + \Delta н_i}{2} \text{ или } A_{i_{CP}} = \frac{A_{i_{max}} + A_{i_{min}}}{2},$$

где $A_{i_{max}} + A_{i_{min}}$ – наибольший и наименьший предельные размеры известных составляющих звеньев, мм;

A_i – номинальный размер известных составлявших звеньев, мм;

$\Delta в_i + \Delta н_i$ – верхнее и нижнее предельные отклонения известных составляющих звеньев, мм.

4. Определяется среднее значение размера неизвестного составляющего звена.

$$А_{опр\ ср} = \left(А_{\Delta ср} - \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i А_{i\,ср} \right) \frac{1}{\xi_{опр}}$$

где $А_{опр\ ср}$ – среднее значение размера неизвестного (определяемого) составляющего звена, мм;

$\xi_{опр}$ – передаточное отношение неизвестного составляющего звена.

5. Определяется номинальный размер неизвестного составляющего звена.

$$А_{опр} = А_{опр\ ср} + \frac{Т_{опр}}{2} - \Delta_{в\ опр}$$

где $Т_{опр}$ – допуск размера неизвестного (определяемого) составляющего звена, мм;

$\Delta_{в\ опр}$ – верхнее предельное отклонение неизвестного составляющего звена, мм.

6. Определяются фактические предельные размеры замыкающего звена

а) для замыкающего звена – припуска

б) для замыкающего звена – конструкторского размера

$$А_{\Delta\,min\,Ф} = А_{\Delta\,ср} - \frac{T_{\Delta Ф}}{2};\ А_{\Delta\,max\,Ф} = А_{\Delta\,ср} + \frac{T_{\Delta Ф}}{2},$$

где $T_{\Delta Ф}$ – фактический допуск замыкающего звена (см. пункт 1).

7. Определяется запас по продольным значениям замыкающего звена (только для замыкающих звеньев - конструкторских размеров).

$$V_В = А_{\Delta\,max} - А_{\Delta\,max\ Ф};\ V_Н = А_{\Delta\,min} - А_{\Delta\,min\ Ф},$$

где $V_В$ и $V_Н$ – запас по верхнему и нижнему предельным размерам замыкающего звена, мм;

$A_{\Delta max}$ и $A_{\Delta min}$ – заданные наибольшие и наименьшие предельные размеры замыкающего звена, мм;

$A_{\Delta max\,Ф}$ и $A_{\Delta min\,Ф}$ – фактические наибольшие и наименьшие предельные размеры замыкающего звена, мм.

Полученные отрицательные значения запасов V_B и V_H свидетельствуют о выходе фактических значений замыкающего звена – конструкторского размера за установленные регламентированные пределы. В этом случае следует скорректировать допуски операционных размеров в сторону ужесточения для того, чтобы обеспечить получение заданного чертежом размера замыкающего звена. Если ужесточение невозможно, необходима корректировка разработанного технологического процесса. Если получились значительные запасы, допуски на операционные размеры могут быть расширены.

При расчете технологических размерных цепей целесообразно производить округление найденного номинального значения неизвестного технологического размера до точности, с которой задан допуск на этот размер. Если замыкающим звеном является припуск, то округление номиналов определяемых увеличивающих звеньев следует производить в сторону увеличения, а уменьшающих – в сторону уменьшения. Если заминающим звеном является конструкторский размер, то округление номинального размера определяемого звена производятся только тогда, когда имеются запасы по предельным значениям замыкающего звена. Размер округляется в сторону увеличения или уменьшения так, чтобы изменение было меньшим по величине. Величина коррекции при округлении не должна превышать значение имеющегося запаса, иначе замыкающий размер выйдет за установленные пределы. Если это условие выполнить невозможно, то определяемый номинальный размер не округляется.

При выполнении размерного анализа должен быть осуществлен следующий комплекс работ [1]:

– Назначение обоснованных допусков на всех операциях ([1], прил.1);

– Назначение необходимого и достаточного числа технических требований на операциях;

– Определение минимально необходимых припусков [5];

– Построение специальных размерных схем технологического процесса;

– Выявление и фиксация взаимосвязи всех размерных параметров по мере формоизменения заготовки;

– Выявление размерных цепей;

– Проверочный расчет возможности обеспечения чертежных размеров и технических требований;

– Проверка и установление рациональных способов простановки размеров на операциях;

– Определение номинальных значений операционных размеров путем решения размерных цепей;

– Расчет средних и максимальных припусков;

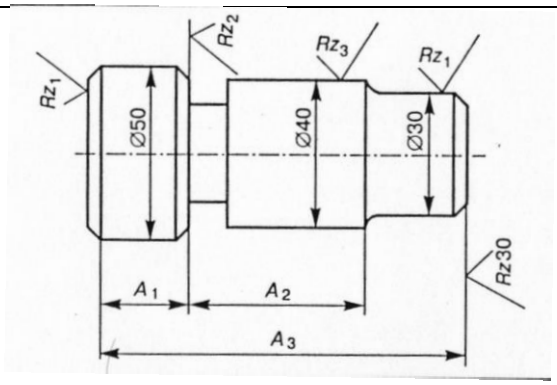
– и другие задачи.

Задача 1. Составить граф размерных связей по схеме, приведенной на рис. 1.

Задача 2. Для стального (сталь45) вала, изготавливаемого в соответствии с исходными данными (табл. 1) разработать маршрутный технологический процесс механической обработки и назначить припуски на обработку табличным способом с использованием прил. 28—40. Назначить и определить линейные размеры заготовки (получаемой горячей штамповкой на прессах в закрытых штампах) исходя из размерного анализа принятого процесса обработки.

Таблица 1.

Исходные данные к задаче 1



Вариант	Размеры, мм			Шероховатость, мкм		
	A_1	A_2	A_3	Rz_1 (Ra_1)	Rz_2 (Ra_2)	Rz_3 (Ra_3)
1	$30_{-0.13}$	60±0,15	$100_{-0.87}$	30	15	15
2	$40_{-0.16}$	$70_{-0.3}$	$130_{-0.54}$	15	15	15
3	40±0,8	80±0,15	$140_{-0,54}$	15	15	(1,6)
4	$60_{-0,12}$	$90_{-0,35}$	$150_{-0,63}$	15	(1,6)	(1,6)
5	60±0,06	$100_{-0,35}$	$160_{-1,0}$	(1,6)	(1,6)	(1,6)

Задача 3. Для вала (рис.1) разработать маршрутный технологический процесс механической обработки и назначить припуски на обработку табличным способом с использованием прил. 28—40. Провести размерный анализ принятого процесса обработки, выявить с помощью графа размерные цепи.

Задача 4. Для втулки, изготавливаемой из стали 35, в соответствии с исходными данными (табл. 2) разработать маршрутный технологический процесс обработки при условии, что заготовкой втулки является штамповка, получаемая на горизонтально-ковочных машинах. Назначить припуски на обработку, провести размерный анализ процесса обработки. С помощью графов выявить размерные цепи.

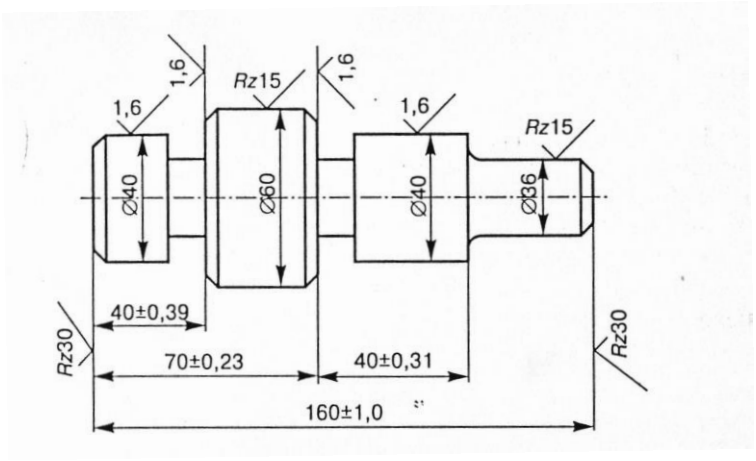
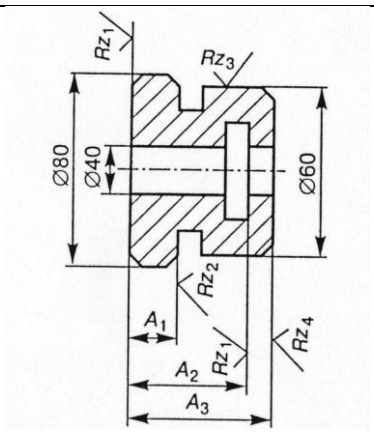


Рис 1. Эскиз вала (к задаче 1)

Таблица 2

Исходные данные к задаче 2



Вариант	Размеры, мм			Шероховатость, мкм			
	A_1	A_2	A_3	Rz_1	Rz_2 (Ra_2)	Rz_3 (Ra_3)	Rz_4 (Ra_4)
1	$20_{-0,21}$	$40^{+0,25}$	$50_{-0,62}$	15	15	15	15
2	$20_{-0,21}$	50±0,08	$60_{-0,74}$	15	15	(1,6)	15
3	$40_{-0,16}$	$60^{+0,3}$	$80_{-0,46}$	15	(1,6)	(1,6)	15
4	$40_{-0,16}$	80±0,15	$100_{-0,54}$	15	(1,6)	(0,8)	(1,6)
5	$60_{-0,12}$	$100^{+0,22}$	$120_{-0,54}$	15	(0,8)	(0,8)	(1,6)

Задача 5. Для корпуса, изготавливаемого из чугуна СЧ 20 (рис. 2), разработать маршрутный технологический процесс обработки заготовки. Провести размерный анализ, построить графы размерных связей и выявить с их помощью размерные цепи.

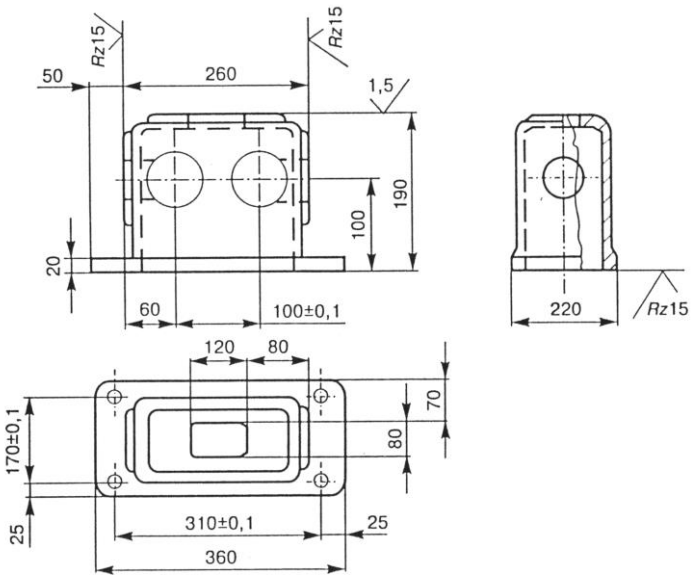
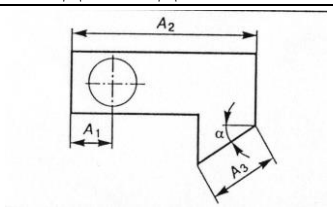


Рис.2. Эскиз корпусной детали (к задаче 5).

Задача 6. Определить методом полной взаимозаменяемости, с какими отклонениями будет выполнен размер A_Δ от уступа до оси отверстия (табл. 3).

Таблица 3

Исходные данные к задаче 5



Вариант	Размеры, мм			α, град.
	A_1	A_2	A_3	
1	12±0,09	$82_{-0,12}$	42±0,08	50
2	10±0,11	$62_{-0,19}$	32±0,05	40
3	$8_{-0,09}$	52±0,15	$32_{-0,1}$	30
4	6±0,11	$42_{-0,01}$	$20_{-0,13}$	20
5	$6_{-0,22}$	42±0,05	$20^{+0,13}$	20
6	$6_{-0,22}$	42±0,05	$20^{+0,13}$	0

Задача 7. Определить, с какими отклонениями при обработке заготовки должен быть выполнен размер А (рис. 3).

Задача 8. Установить допуск и подобрать отклонения на операционный размер 120 мм (см. рис. 3) в соответствии с ГОСТ 25347—82, если размер 30 мм задан с отклонениями ±0,065.

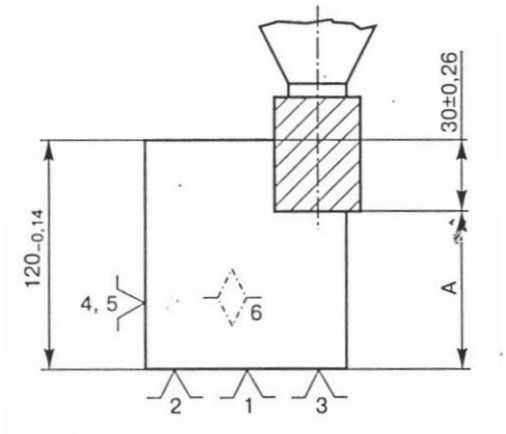
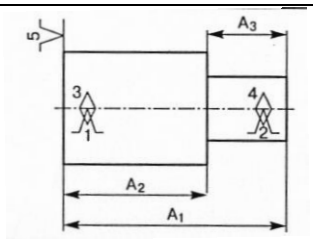


Рис. 3. Схема механической обработки заготовки (к задачам 7 и 8)

Задача 9. Установить методом полной взаимозаменяемости допуск и подобрать отклонения на операционный размер A_2 (табл. 4) в соответствии с ГОСТ 25347—82.

Таблица 4

Исходные данные к задаче 9



Вариант	Размеры, мм	
	A_1	A_3
1	$150_{-0,16}$	$52_{-0,3}$
2	$150_{-0,16}$	52±0,15
3	$150_{-0,16}$	$52^{+0,3}$
4	150±0,08	$52_{-0,3}$
5	150±0,08	52±0,15
6	150±0,08	$52^{+0,3}$
7	$150^{+0,16}$	$52_{-0,3}$
8	$150^{+0,16}$	52±0,15
9	$150^{+0,16}$	$52^{+0,3}$

Задача 10. Установить методом полной взаимозаменяемости и подобрать отклонения на операционный размер A_2 (табл. 5.11) в соответствии с ГОСТ 25347—82.

Задача 11. Выявленные по результатам размерного анализа (см. задачу 6) размерные цепи решить методом полной взаимозаменяемости.

Таблица 5.11

Исходные данные к задаче 5.19 (эскиз см. табл. 5.10)

Вариант	Размеры, мм	
		*3
1	150 0>16	52 0,12
2	150 0,16	52±0,06
3	150 0|16	52+0,12
4	150±0,08	52-0,12
5	150±0,08	52±0,06
6	150±0,08	52 + 0,12
7	150+0'16	52 0,12
8	150+0'16	52±0,06
9	150+0'16	52+0,12

Задача 12. Определить методом полной взаимозаменяемости допуск, верхнее и нижнее отклонения на операционный размер Л3 (табл. 5.12).

Таблица 5.12

Исходные данные к задаче 5.20

Задача 13. Определить методами полной и неполной взаимозаменяемости допуски, верхние и нижние отклонения на операционные размеры Ах И/42 (табл. 5.13).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Тема: « Расчёт оптимального настроечного размера и погрешности настройки станка по пробным заготовкам с использованием универсального измерительного инструмента с построением точностной диаграммы обработки настроечной партии деталей»

(см. опубликованные метод. указания)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Тема: «Определение суммарной погрешности обработки»

Задача1. Ступени d_1, d_2, d_3 вала (табл. 1) обрабатываются чистовым точением в центрах гидрокопировального станка *1Н713* с допуском *IT10*. Определить для варианта *1* суммарную погрешность обработки ступени d_2.

Таблица 1

Исходные данные к задачам 1, 2, 3

Вариант	Размеры, мм						Предел прочности материала детали $\sigma_в$, МПа	Припуск на обработку Z_{min} мм	Число заготовок в партии N, шт.
	d_1	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3			
1.	40	30	25	100	150	225	750	0,5	30
2.	100	85	75	100	250	325	1100	1,0	15
3.	120	90	65	120	300	450	750	1,0	10
4.	80	75	50	150	280	400	750	0,8	20
5.	60	50	45	80	180	250	1100	0,6	25
6.	50	45	35	100	150	200	750	0,6	30
7.	70	55	40	120	180	260	750	0,5	40
8.	85	70	35	140	200	300	1100	0,6	30
9.	100	80	50	100	180	300	750	0,7	25
10.	110	80	60	150	250	350	750	0,8	20
11.	120	90	60	180	300	420	1100	0,9	30
12.	80	60	50	140	240	340	750	0,7	25
13.	90	70	50	120	200	350	900	0,6	30
14.	100	80	60	180	250	380	1100	0,5	35
15.	110	90	70	100	180	300	750	0,6	40
16.	120	80	60	150	300	400	900	1,0	30
17.	70	60	40	140	200	300	1100	1,0	35
18.	100	80	60	180	300	400	750	0,8	25
19.	80	60	40	100	180	320	900	0,7	30
20.	110	90	70	190	300	450	750	0,6	40

Заготовки вала из стали 45 ($\sigma_в$ = 750 МПа) на предшествующей операции обработаны черновым точением по IT13. Условия обработки: резец с пластиной из твердого сплава *Т15К6* имеет φ=45°, φ_1=10°; минимальный припуск 0,5 мм на сторону, подача S = 0,15 мм/об; скорость резания v=130 м/мин.

Решение. 1. Определим величину погрешности $\Delta_и$ (на радиус), вызванную размерным износом резца по [1, с. 73—74],

$$\Delta_u = \frac{L}{1000} u_0 = \frac{4631}{1000} 6 = 28 \text{ мкм}$$

где L — длина пути резания при обработке партии N деталей определяется

$$L = \frac{\pi\left[d_1 l_1 + d_2\left(l_2 - l_1\right) + d_3\left(l_3 - l_2\right)\right]N}{1000s} = \frac{\pi(40 \cdot 100 + 30 \cdot 50 + 25 \cdot 75)30}{1000 \cdot 0{,}15} = 4631 \text{ м.}$$

Для сплава *Т15К6* интенсивность изнашивания u_o = 6 мкм/км [1, с. 74].

2. Определим колебание отжатий системы Δ_y вследствие изменения силы P_y из-за непостоянных глубины резания и податливости системы при обработке. Согласно [1, с. 27]

$$\Delta_y = W_{max} P_{ymax} - W_{min} P_{ymin} \qquad (1)$$

где W_{max} и W_{min} — наибольшая и наименьшая податливости системы; P_{Ymax} и P_{Ymin} — наибольшее и наименьшее значения составляющей силы резания, совпадающей с направлением выдерживаемого размера.

Для станка *1Н713* нормальной точности наибольшее и наименьшее допустимые перемещения продольного суппорта под нагрузкой 16 кН составляют соответственно 450 и 320 мкм [1, с. 30]. При установке вала в центрах минимальная податливость системы будет при положении резца в конце обработки, т. е. у передней бабки станка. Исходя из этого, можно принять

$$W_{min} = 320/16 = 20 \text{ мкм/кН.}$$

Приближенно можно считать, что максимальную податливость система имеет при расположении резца посередине вала, когда его прогиб под действием силы P_Y достигает наибольшей величины. Поэтому

$$W_{max} = W_{ст\ max} + W_{заг\ max,,}$$

Где $W_{ст\ max}$ =320 + 450/2*16=26 мкм/кН — наибольшая податливость станка, $W_{заг\ max}$ — наибольшая податливость заготовки.

Вал в центрах можно представить как балку на двух опорах, нагруженную сосредоточенной силой, а наибольший прогиб в середине вала

$$y_{\partial \max} = \frac{P_y l_\partial^3}{48EJ},$$

где $l_д$ — длина вала; E — модуль упругости материала; J = 0,05 $d^4_{пр}$ — момент инерции поперечного сечения вала; $d_{пр}$ — приведенный диаметр вала; для гладких валов $d_{пр}=d$ вала; для ступенчатых валов с односторонним уменьшением диаметров студеней

$$d_{пр} = \frac{\sum_1^n d_i l_i}{\sum_1^n l_i};$$

для валов с двусторонним уменьшением диаметров ступеней

$$d_{пр} = \sqrt{\frac{\sum_1^n d_i^2 l_i}{\sum_1^n l_i}}$$

Имея в виду, что W=y/P_Y, после соответствующих преобразований получим

$$W_{заг\max} = \frac{2}{d_{пр}}\left(\frac{l_д}{d_{пр}}\right)^3$$

При консольной установке заготовки в патроне $W_{заг\max} = \frac{32}{d_{пр}}\left(\frac{l_д}{d_{пр}}\right)^3$.

Приведенный диаметр обрабатываемой заготовки

$$d_{пр} = \frac{40\cdot 100 + 30\cdot 50 + 25\cdot 100}{250} = 32\ мм,$$

а величина ее наибольшей податливости

$$W_{заг\max} = \frac{2}{32}\left(\frac{250}{32}\right)^3 = 32\ мкм/кН,$$

тогда максимальная податливость технологической системы
W_{max} = 24+32=56 мкм/кН.

Наибольшая P_{Ymax} и наименьшая P_{Ymin} нормальные составляющие силы резания определяются согласно [2, с. 271—275], исходя из условий задачи. На предшествующей операции (черновом точении) заготовка обработана с допуском по IT 13, т. е. возможно колебание припуска на величину $\frac{1}{2}IT13$, что для диаметра 32 мм составит 0,4/2 = 0,2 мм, а колебание глубины резания $t_{min}=Z_{min}$ = 0,5 мм, t_{max} = 0,7 мм, В этом случае

$$P_{Ymax} = 2{,}43\cdot 0{,}7^{0{,}9}\cdot 0{,}15^{0{,}6}\cdot 130^{-0{,}3}=0{,}144\ кН;$$

$$P_{Ymin} = 2{,}43 \cdot 0{,}5^{0{,}9} \cdot 015^{0{,}6} \cdot 130^{-0{,}3} = 0{,}095 \text{ кН}.$$

Изменение обрабатываемого размера вследствие упругих деформаций $\Delta_y = 56 \cdot 6{,}144 - 20 \cdot 0{,}095 = 6$ мм

3. Определим погрешность, вызванную геометрическими неточностями станка $\Sigma\Delta_{ст}$. Согласно [1, с. 53—55]

$$\sum \Delta_{ст} = \frac{Cl}{L},$$

где C — допустимое отклонение от параллельности оси шпинделя направляющим станины в плоскости выдерживаемого размера на длине L; l — длина обрабатываемой поверхности.

Для токарных станков нормальной точности при наибольшем диаметре обрабатываемой поверхности до 250 мм C=20 мкм на длине l = 300 мм [1, табл. 23]. При длине обработки l = 50 мм

$$\sum \Delta_{ст} = \frac{20 \cdot 50}{300} = 3{,}3 \text{ мкм}.$$

4. В предположении, что настройка резца на выполняемый размер производится по эталону с контролем положения резца с помощью металлического щупа, определим погрешность настройки в соответствии с [1, с. 70—73]:

$$\Delta_н = \sqrt{\left(K_p \Delta_p\right)^2 + \left(K_и \frac{\Delta_{изм}}{2}\right)^2},$$

где Δ_p — погрешность регулирования положения резца; K_p = 1,73 и $K_и$ = 1,0 — коэффициенты, учитывающие отклонения закона распределения величин Δ_p и $\Delta_{изм}$ от нормального закона распределения; $\Delta_{изм}$ — погрешность измерения размера детали.

Для заданных условий обработки [1, с. 71—72] Δ_p = 10 мкм и $\Delta_{изм}$ = 20 мкм при измерении d_2=*35h10* мм. Тогда погрешность настройки

$$\Delta_н = \sqrt{\left(1.73 \cdot 10\right)^2 + \left(20\frac{1}{2}\right)^2} = 20 \text{ мкм}.$$

5. Определим температурные деформации технологической системы, приняв их равными 15 % от суммы остальных погрешности [1, с. 76],

$$\Sigma\Delta_т = 0{,}15(28+6+3+20) = 9 \text{ мкм}.$$

6. Определим суммарную погрешность обработки по уравнению (2):

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{6^2 + 20^2 + \left(1.73 \cdot 28\right)^2 + \left(1.73 \cdot 2\right)^2 + \left(1.73 \cdot 9\right)^2} = 116 \text{ мкм}.$$

Она превышает заданную величину допуска на d = 35 мм (T_d=100 мкм)

Если чистовое точение является операцией, предшествующей

шлифованию поверхности диаметром 35 мм, то превышением поля рассеяния в сравнении с полем допуска операционного размера, очевидно, можно пренебречь, так как это превышение вызовет только колебание припуска на шлифование в пределах ±0,008 мм, т. е. ±2%. Если же операция чистового точения является окончательной, то необходимо выполнить условие $\Delta_{\Sigma} \le IT_{d2}$.

Анализ элементарных погрешностей показывает, что наиболее действенным мероприятием для уменьшения суммарной погрешности размера d_2 является снижение погрешности от размерного износа резца $\Delta_и$. Этого можно достигнуть:

- применением более износостойкого твердого сплава (например, вместо *Т15К6* применить сплав *Т30К4*, имеющий почти в 2 раза меньший относительный износ) или соответствующим снижением режимов резания при использовании сплава *Т15К6*;
- уменьшением размера партии деталей, обрабатываемых за межнастроечный период (сокращение длины пути резания);
- использованием автоподналадчиков, позволяющих периодически или непрерывно корректировать положение вершины резца при его износе.

Задача 2. Определить суммарную погрешность обработки ступени вала d_2 для вариантов 2—20 (табл. 1) после чистового точения на гидрокопировальном станке при установке в центрах. Остальные исходные данные принять по условию задачи 1.

Задача 3. Через какое число обработанных заготовок необходимо заменить зенкер с пластинками из твердого сплава *Т5К10* вследствие его износа при обработке отверстий $d_{отв}$ = *40Н10*, длиной l = 60 мм в заготовках легированной стали $\sigma_в$=1100 МПа. Допустимый износ зенкера не должен превышать $0{,}47T_d$; подача при зенкеровании S = 0,8 мм/об.

Решение. Погрешность обработки, вызванную износом инструмента, определим по уравнению [3, с. 79—81]

$$\Delta_и = u_н + u_0 \frac{\pi d l N}{10^6 S}.$$

Принимая для упрощения $u_н = u_0$, получим $\Delta_и = u_0\left(1 + \frac{\pi d l N}{10^6 S}\right)$, где $u_н$ — начальный износ, мкм/км; u_0 — интенсивность изнашивания, мкм/км; $d_{отв}$ и l — диаметр и длина обработки соответственно, мм; N — число обработанных поверхностей, шт.; S — подача инструмента, мм/об.

Согласно [26, с. 74] для заданных условий u_0=12 мкм/км, $u_н = u_0 = 12\ мкм/км$ (что соответствует 1000 м пути резания). Учитывая, что IT_{40} = 0,1 мм, а допустимый износ не должен превышать 0,4 его величины, получим, что

допустимый износ каждого из противоположных зубьев зенкера не должен превышать Δ_u = 0,1·0,4/2 = 0,02 мм. Из уравнения для Δ_u получим

$$N = \frac{(\Delta_u - \Delta_0)S \cdot 10^6}{u_0 \pi d l} = \frac{(0.2 - 0.012)0.8 \cdot 10^6}{0.012\pi \cdot 40 \cdot 60} = 70.6,$$

т. е. замену зенкера необходимо производить после обработки 70 заготовок.

Задача 4. Определить величину конусности гладкого вала диаметром d и длиной *l*, вызванную размерным износом резца при чистовом точении с подачей *S* (табл. 2).

Задача 5. Определить величину конусности цилиндровой втулки, вызванную размерным износом резца при чистовом растачивании с подачей *S* отверстия диаметром *d*, длиной *l* (табл. 3).

Задача 6. Определить разницу значений диаметров первой и последней заготовки в партии, вызванную размерным, износом резца при чистовом точении с подачей S гладких валов диаметром *d* и длиной *l* из углеродистой стали (табл. 4).

Таблица 2

Исходные данные к задаче 4

Данные	Вариант				
	1	2	3	4	5
d, мм *l*, мм *S*, мм/об	50 500 0,1	80 700 0,15	100 850 0,15	120 1000 0.2	150 1400 0,2
Материал детали	Легированная сталь		Углеродистая сталь		Серый чугун
Материал инструмента	Т15К6	Т30К4	Т30К4	Т15К6	ВК6

Таблица 3

Исходные данные к задаче 5

Данные	Вариант				
	1	2	3	4	5
d, мм *l*, мм *S*, мм/об	60 200 0,1	100 300 0,1	150 400 0,15	200 500 0.2	300 700 0,2
Материал детали	Легированная сталь		Закаленный чугун		Серый чугун
Материал инструмента	Т15К6	Т30К4	Т30К4	Т15К6	ВК6

Таблица 4

Исходные данные к задаче 6

Данные	Вариант				
	1	2	3	4	5
d, мм *l*, мм *S*, мм/об	40 200 0,075	50 300 0,1	60 350 0,125	75 400 0.15	85 500 0,2
Материал инструмента	Т15К6	Т30К4	Т15К6	Т30К4	Т30К4
Величина партии *N*, шт.	25	20	15	10	8

Задача 7. Через какое число обработанных заготовок следует производить поднастройку резца вследствие его износа при растачивании с подачей S отверстий (диаметром d и длиной l) в партии втулок из углеродистой стали, если допуск на диаметр отверстия IT_d, а допустимый износ резца составляет $0{,}3IT_d$ (табл. 4).

Таблица 5

Исходные данные к задаче 7

Данные	Вариант				
	1	2	3	4	5
d, мм *l*, мм IT_d *S*, мм/об	60 200 *H8* 0,075	100 300 *H9* 0,075	150 400 *H10* 0,15	200 500 *H7* 0.075	300 700 *H9* 0,15
Материал инструмента	Т30К4	Т30К4	Т15К6	Т30К4	Т15К6

Задача 8. Через какое число обработанных заготовок необходимо производить смену разверток вследствие их износа при развертывании отверстий (диаметром *d* на длине *l*) в чугунных корпусах при допуске на отверстие *H7* и допустимом износе развертки $0{,}5IT_d$ (табл. 6)? Относительный износ для развертки принять равным u_0 = 5 мкм/км.

Таблица 6

Исходные данные к задаче 8.

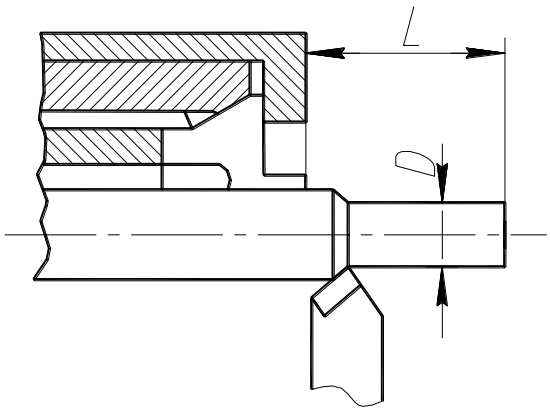
Данные	Вариант				
	1	2	3	4	5
d, мм *l*, мм *S*, мм/об Число отверстий в корпусе	20 30 0,6 12	40 60 0,8 10	60 80 1,0 8	80 80 1,2 8	100 100 1,5 8

Задача 9. Определить погрешность Δ_y, возникающую в результате упругих деформаций технологической системы при чистовом точении партии гладких валов и консольной их установке в цанге или патроне (табл. 1.25).

ЗАДАЧА 10. По данным задачи 3 определить погрешность обработки, вызванную геометрической неточностью станков $\Sigma\Delta_{ст}$.

Таблица 7

данные к задачам 3 и 4.



Данные	Вариант				
	1	2	3	4	5
Предел прочности материала заготовки $\sigma_в$, МПа d, мм l, мм	750 20 60	1100 25 75	750 30 90	1100 35 100	1100 35 100
Станок	Токарный многошпиндельный горизонтальный автомат			Токарный револьверный автомат	Токарно-револьверный автомат
Глубина резания t, мм	$0{,}15^{+0{,}15}$	$0{,}15^{+0{,}15}$	$0{,}2^{+0{,}15}$	$0{,}2^{+0{,}15}$	$0{,}2^{+0{,}15}$

ЗАДАЧА 11. Определить суммарную погрешность размера h при чистовом торцовом фрезеровании партии заготовок для варианта 1.

Заготовки, предварительно обработанные по размеру с точностью $h13$, устанавливают на опорные пластины приспособления с пневматическим зажимом. Глубина резания t_{min} = 1,2 мм, S_z = 0,05 мм/зуб и

v = 120 м/мин. Настройку фрезы производят с контролем положения металлическим щупом толщиной 3 мм.

Решение. 1. Определим погрешность установки заготовки $\varepsilon_у$. Для заданных условий по [26, с. 43] $\varepsilon_у$ = 40 мкм.

2. Определим погрешность настройки фрезы на размер h согласно [26, с. 70]:

$$\Delta_н = \sqrt{(K_p\Delta_p)^2 + (K_и\Delta_{изм})^2} = \sqrt{(1{,}73\cdot 10)^2 + (1\cdot 20)^2}\ 26{,}5\,\text{мкм},$$

где K_p и $K_и$ — коэффициенты, учитывающие отклонения закона распределения величин $\Delta_р$ и $\Delta_{изм}$ от нормального; $\Delta_р$ — погрешность регулирования фрезы по эталону с контролем металлическим щупом [26, с. 71]; $\Delta_{изм}$ — допускаемая предельная погрешность измерения размера *45h10* [26, с. 72].

3. Определим размерный износ инструмента при торцовом фрезеровании,

$$\Delta_{ит.фр} = u_{от.фр}L_{фр} = \left(1+\frac{100}{B}\right)u_0\frac{l_Д BN}{10^6 S_z z} = \left(1+\frac{100}{100}\right)6\frac{300\cdot 100\cdot 40}{10^6\cdot 0.05\cdot 12} = 24\ \text{мкм},$$

где $S_{пр} = S_z z$ — продольная подача стола станка, мм/об; u_0 — относительный износ при точении [26, с. 74].

4. Определим погрешность $\Delta_у$. Поле рассеяния размера *45h10* под действием упругих деформаций зависит от колебания составляющей силы резания P_x при изменении величины снимаемого припуска и податливости системы шпиндель-стол. В соответствии с [26, с. 32] для станка 6Р12 (ширина стола 320 мм) податливость технологической системы может быть определена как

$$W = \frac{y}{P_x} = \frac{500}{12{,}25} = 40\ \text{мкм/кН}$$

Приняв P_x: P_z = 0,5 определим

$$P_x = 0{,}5P_z = 0{,}5\frac{C_p t^x S z^y B^n z}{D^q n^w}.$$

Учитывая, что $n = 1000v/\pi D_{фр}$ = 1000*120/π*150 = 255 мин$^{-1}$ и приняв коэффициенты и показатели степени по [27, с. 291], определяем P_{Xmax} и P_{Xmin}:

$$P_{X\min} = \frac{8{,}25\cdot 1{,}2^{1,0}\cdot 0{,}05^{0,75}\cdot 100^{1,1}\cdot 1{,}2}{150^{1,3}\cdot 255^{0,2}} = 0{,}46\,\text{кН}.$$

Так как показатель при t равен 1,0, то

$$P_{X\max} = \frac{t_{\max}}{t_{\min}}P_{X\min} = \frac{1{,}6}{1{,}2}\cdot 0{,}46 = 0{,}61\,\text{кН}.$$

Тогда $\Delta_у = W(P_{Xmax} - P_{Xmin})$ = 40(0,61 – 0,46) = 6 мкм.

5. Погрешность, вызванная геометрическими неточностями фрезерного станка нормальной точности, представляет собой отклонение от параллельности верхней поверхности основанию на длине 300 мм, и согласно [26, с. 59] $\Sigma\Delta_{ст}$ = 25 мкм.

6. Погрешность $\Sigma\Delta_т$ от температурных деформаций системы принимаем в размере 10% от суммы остальных погрешностей:

$$\Sigma\Delta_т = 0{,}1(40+26{,}5+24+6+25) = 12\ \text{мкм}.$$

7. Суммарная погрешность согласно формуле

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{(1\cdot 40)^2 + (1\cdot 6)^2 + (1\cdot 26{,}5)^2 + (1{,}73\cdot 24)^2 + (1{,}73\cdot 25)^2 + (1{,}73\cdot 12)^2} = 72\,\text{мм}.$$

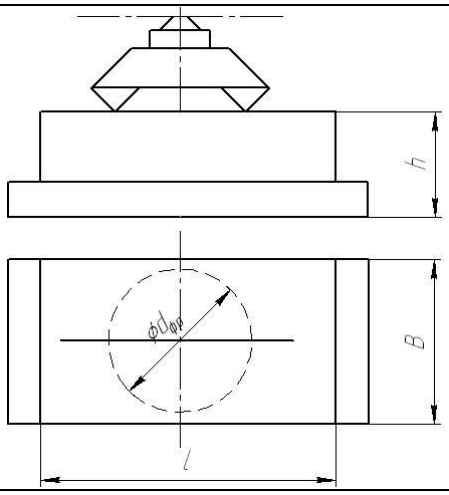
Заданная точность обеспечивается, так как $IT10_{45}$ = 100 мкм > Δ_Σ = 72 мкм.

ЗАДАЧА 12. На консольно-фрезерном станке производится чистовое торцовое фрезерование партии N заготовок. Заготовки, предварительно обработанные с точностью *h13*, устанавливаются на опорные пластины

приспособления с пневматическим зажимом. Для условий обработки, соответствующих вариантам 2–6, определить суммарную погрешность размера h после выполнения операции при v = 150 м/мин и S_z = 0,04 мм/зуб. Настройка фрезы также производится по габариту с контролем положения металлическим щупом толщиной 3 мм.

Таблица 8

Исходные данные к задачам 11 и 12.



Данные	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
h B l	45*h10* 100 300	32*h11* 100 250	55*h11* 150 250	100*h11* 150 300	150*h11* 200 350	200*h11* 250 450
Материал детали	Сталь углеродистая, $\sigma_в$ = 750МПа		Чугун серый, 190НВ	Чугун ковкий 315 НВ		Чугун серый 190 НВ
Размер партии N, шт	40	50	35	35	30	20
$D_{фр}$	150	160	200	250		320
Число зубьев фрезы z	12	10	12	14		18
Материал режущей части фрезы	Т15К6		ВК8	ВК6		ВК8
Станок	6Р12		Консольно-фрезерный			
Ширина стола станка, мм	320		200	250	320	400

Литература

1. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г.Косиловой и Р. К. Мещерякова. Т. 1. М.: Машиностроение, 1985. 656 с.
2. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г.Косиловой и Р. К. Мещерякова. Т. 2. М.: Машиностроение, 1986. 496 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Тема: «Методы и порядок определения норм времени по элементам»

Одним из основных требований при проектировании технологических операций является требование минимума затрат труда на ее выполнение. Критерием оценки трудоемкости является **норма штучно-**

калькуляционного ($T_{ш.к}$) или **штучного** ($T_{шт}$ —для массового производства) **времени,** мин:

$$T_{ш.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n_з}, \quad (1)$$

$$T_{шт} = T_o + T_B + T_{обс} + T_n, \quad (2)$$

где $T_{пз}$ — подготовительно-заключительное время, мин, на партию запуска заготовок в производство $п_3$, шт.;

T_0 — основное (технологическое) время;

T_B — вспомогательное время;

$T_{обс}$ — время обслуживания рабочего места;

T_n — время перерывов в работе.

Основное время обработки T_0 определяется расчетом после установления режимов резания но уравнению

$$T_o = \frac{L_p i}{S_M}, \quad (3)$$

где L_p — расчетная длина рабочего хода инструмента, мм;

i — число рабочих ходов в переходе;

S_M — минутная подача инструмента (или заготовки) в направлении подачи, мм/мин.

Трансформация уравнения (6.8) для различных видов обработки приведена в [10].

Расчетная длина рабочего хода, мм:

$$L_р\ L_0 + l_{вр} + l_{сх}, \quad (4)$$

где L_0 —длина обрабатываемой поверхности (в направлении подачи);

$l_{вр}$, $l_{сх}$ —длина врезания и схода инструмента [15].

Основное время T_0 на выполнение операции зависит от схемы ее построения [1|. Так, при последовательном выполнении переходов в *одноместных* операциях основное время является суммой времени выполнения всех переходов:

$$T_o = \sum_1^n T_{oi}, i = 1 \ldots n, \quad (5)$$

где n — количество переходов.

При параллельной схеме обработки основное время выполнения операции определяется длительностью наиболее продолжительного (лимитирующего) перехода $T_{о.л}$, т.е.

$$T_o = T_{о.л} \quad (6)$$

При параллельно-последовательной схеме основное время состоит из суммы последовательно выполняемых в позициях лимитирующих переходов:

$$T_o = \sum_1^n T_{о.лi}. \quad (7)$$

Для *многоместных* схем обработки основное время сокращается в среднем в N раз (N— число одновременно обрабатываемых заготовок), см. [1].

Вспомогательное время $T_в$ операций, типовых по структуре и технологической оснащенности, выполняемых на универсальных станках в серийном производстве, определяют из выражения

$$T_в = {}_{ус} + T_{пер} + T_{изм}\ , \qquad (8)$$

где $T_{ус}$ —время установки и снятия заготовки;

$T_{пер}$ — время, связанное с выполнением перехода (или операции);

$T_{изм}$ — время на измерения.

Элементы вспомогательного времени определяются по [5,6,11], а при обработке на станках с ЧПУ — по [1] или [5]. В этих же источниках приведены данные для определения остальных составляющих штучно-калькуляционного времени ($T_{обс}$, $T_П$, $T_{пз}$).

Основное (машинное, технологическое) время приближенно может быть определено по зависимостям вида $T_0 = KDL$, приведенным в табл. 1, где *К*— коэффициент, отражающий средний уровень режимов при данном виде обработки; *D* и *L* — размеры обрабатываемых поверхностей.

Таблица 1.

Зависимости для приближенного определения основного (машинного) времени

Содержание операции	$T_0 \cdot 10^{-3}$, **мин**
Чистовое точение на токарно-копировальном станке	*0.19DL*
Чистовое точение на токарно-винторезном станке	*0,17DL*
Зенкерование на вертикально-сверлильном станке	*0,21dl*
Протягивание	*0,4l'*
Фрезерование паза на горизонтально-фрезерном станке	*7l'*
Фрезерование паза на вертикально-фрезерном станке	7,2*l'*
Шлифование на круглошлифовальном станке	3,62 D
Шлифование на круглошлифовальном станке с ЧПУ	2.7D
Шлифование отверстия на внутришлифовальном станке	0,583dl
Шлифование зубьев на зубошлифовальном станке	3.87DL
Фрезерование плоскости на вертикально-фрезерном станке	0.482L'
Сверление отверстия на радиально-сверлильном станке	0,21 dl
Сверление отверстия на радиально-сверлильном станке с ЧПУ	0,16 dl
Фрезерование плоскости на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ	2,86 l'
Фрезерование паза на шпоночно-фрезерном станке	5,52 dl'
Тонкое растачивание отверстия на алмазно-расточном станке	0,2 dl
Примечание. *D и L,* d и l — соответственно диаметр и длина наружных и внутренних поверхностей тел вращения; l' и L'— длина плоских поверхностей.	

Таблица 2.

Значения коэффициента $\varphi_к$

Типы станков	$\varphi_к$
Токарные	2,0
Токарно-копировальные	1,5
Токарные с ЧПУ	1,2
Вертикально-сверлильные	1,5
Вертикально-сверлильные с ЧПУ	1,2
Радиально-сверлильные	1,6
Расточные	3,0
Внутришлифовальные	1,7
Круглошлифовальные	1,7
Круглошлифовальные с ЧПУ	1,3
Фрезерные	1,75
Фрезерные с ЧПУ	1,25
Протяжные	1,2

Штучно-калькуляционное время $T_{шк}$ определяется по зависимости $T_{ш.к} = \varphi_к T_0$.

Значения $\varphi_к$ выбираются см. табл. 2.

При выполнении расчетов результаты следует сводить в таблицу 3.

Таблица 3.

Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин

Номер и наименование операции	T_0	$T_в$			$T_{оп}$	$T_{0б}$		$T_{от}$	$T_{шт}$	$T_{п.-з}$	n	$T_{ш.-к}$
		$T_{ус}$	$T_{уп}$	$T_{из}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**

Примечания: 1. T_0 — основное время; $T_в$ — вспомогательное время; $T_{ус}$ — время на установку и снятие детали; $T_{уп}$ — время на управление станком; $T_{из}$ — время на измерение деталей; $T_{оп} = T_0 + T_в$; $T_{0Б}$ — время на обслуживание рабочего места; $T_{тех}$ — время на техническое обслуживание рабочего места: $T_{орг}$ — время на организационное обслуживание рабочего места; $T_{0т}$ — время перерывов на отдых и личные надобности; $T_{шт}$ — штучное время на операцию; $T_{п-з}$ — подготовительно-заключительное время: n — величина партии деталей, шт.; $T_{ш-к}$ — штучно-калькуляционное время.

Графы 11...13 заполняются только при серийном производстве.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема: «Аналитическое определение припусков и межоперационных размеров»

В практической работе подробный расчет припусков выполняется на одну из двух (наружную или внутреннюю) самых точных поверхностей. Такая поверхность определяется руководителем практической работы.

Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по справочным таблицам или на основе расчётно - аналитического метода..

Исходными данными, которые записываются перед началом расчета, являются:

— метод получения заготовки;

— размер поверхности по чертежу детали;

— маршрут обработки поверхности.

При расчете для каждой поверхности приводится расчетная таблица и схема графического расположения припусков и допусков. Все расчеты заканчиваются проверкой правильности их выполнения.

Все расчетные формулы, справочные сведения и примеры расчетов приведены в учебном пособии [1].

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначаются: для поковок — по ГОСТ 7505-89, для отливок — по ГОСТ 26645-85.

Значения всех припусков сводятся в таблицу (табл. 3.16).

Таблица 1.

Припуски и предельные отклонения на обрабатываемые поверхности вала

В миллиметрах.

	Припуск	

Размер детали	табличный	расчетный	Предельные отклонения
Ø55 к6	—	2 • 2.5	+ 1.8 -1.0
Ø60 Н8	—	2 • 2.2	+ 1.8 -1.0
45-0.62	2 • 1.8	—	+ 1,3 -1.0
220	2 • 2.0	—	+2.4 -1.2

При аналитическом определении припусков на поверхность, например $Ø50k6^{+0,018}_{+0,012}$ окончательной шероховатостью Ra = 1,25 мкм, используется соответствующая методика [2].

Составляется специальная расчетная таблица 7.8.

В эту таблицу заносятся технологический маршрут обработки поверхности и значения элементов припуска (R_z, T, ρ) для заготовки и технологических переходов. Величины этих значений определены из таблиц [2]. Допуски для заготовки (ГОСТ 7505-89) и каждого технологического перехода определены на основании таблиц [3].

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки определяется по формуле:

$$\rho_З = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_ц^2},$$

где $\rho_{см}$ = 0,9 мм - по ГОСТ 7505-89;

Таблица 2.

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходами на обработку поверхности Ø50к6

Технологические переходы обработки поверхности 50кб	Элементы припуска, мкм			Расчетный		Допуск, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	T	ρ	Припуск, мкм	размер, мм		d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	150	250	1600	—	54,642	2600	54,7	57,3	—	—
Обтачивание										
черновое	50	50	96	2х2000	50,642	460	50,65	51,11	4050	6190

чистовое	30	30	64	2x196	50,250	120	50,25	50,37	400	740
шлифование	5	15	—	2x124	50,002	16	50,002	50,018	248	352
								$\sum =$	4698	7282

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot l = 1 \cdot 0{,}162 = 0{,}162 мм$$

$$\rho_{ц} = \sqrt{(TD_3 / 2)^2 + 0{,}25}$$

где TD_3=2,6 мм – допуск заготовки (пол ГОСТ 7505-89)

$$\rho_{ц} = \sqrt{(2{,}6/2)^2 + 0{,}25^2} = 1{,}32 мм.$$

$$\rho_{з} = \sqrt{0{,}9 + 0{,}162^2 + 1{,}32^2} = 1{,}6 мм = 1600 мкм.$$

Остаточное пространственное отклонение после чернового обтачивания

$$\rho_1 = 0{,}06 \cdot \rho_3, \rho_1 = 0{,}06 \cdot 1600 = 96 мкм,$$

после чистового обтачивания

$$\rho_2 = 0{,}04 \cdot 1600 = 64 мкм.$$

Проверка правильности расчетов производится так:

Имеет придельные размеры и допуски на каждый переход, можно определить размеры по переходам:

Заготовка

Черновое обтачивание $Ø56 \pm 1{,}3$

Чистовое обтачивание $Ø50{,}3^{+0{,}07}_{-0{,}05}$

Шлифование $Ø56^{+0{,}018}_{+0{,}002}$

На рис. 1 приведена схема графического расположения припусков и допусков.

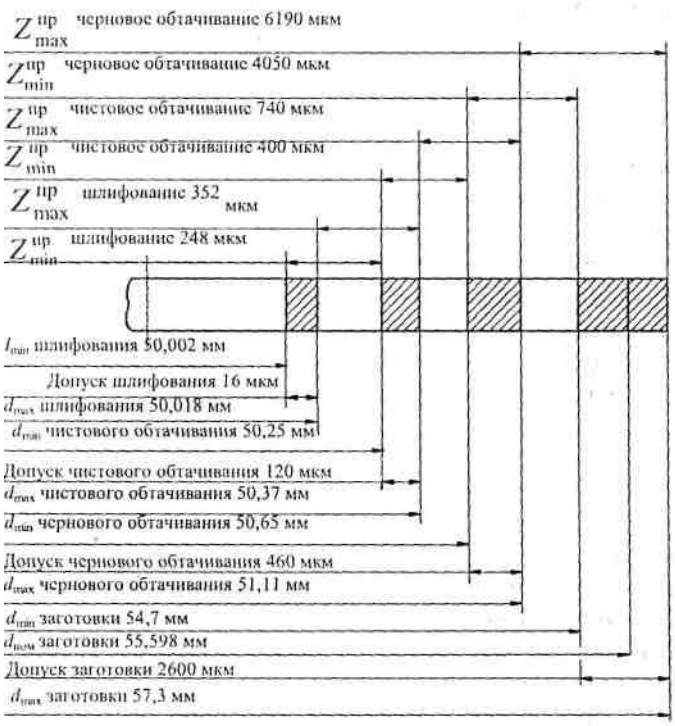


Рис.1. Схема графического расположения припусков и допусков на обработку
поверхности (Ø50кб)

Задача 1. Трехступенчатый вал (сталь45) изготавливается методом штамповки класса точности 5*Т* по ГОСТ 7505—89 (рис. 5.1). Масса заготовки 2 кг. Установлен маршрут обработки ступени D_2 :

а) черновое обтачивание;

б) чистовое обтачивание;

в) предварительное шлифование;

г) окончательное шлифование.

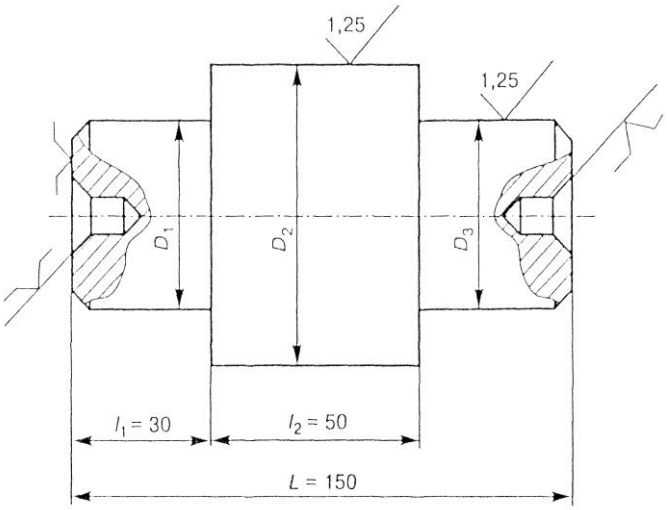


Рис.5.1 Эскиз вала (к задаче 5.3)

Вся указанная обработка выполняется с установкой в центрах.

Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, в результате которой были обработаны торцы и выполнены центровые отверстия.

Базирование заготовки при фрезерно-центровальной операции осуществляется по поверхностям D и D_3 ($D_1 = D_3 = 25$ мм). Шейка с наибольшим диаметром D_2 ступени имеет размер 55h6 ($_{-0,02}$)мм. Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки D_2 аналитическим методом. Рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого перехода.

Задача 2. Четырехступенчатый вал изготавливается из штампованной заготовки класса точности 5*Т* по ГОСТ 7505—89, выполняемой на молотах. Условия выполнения операции и маршрут обработки элементарных поверхностей для вариантов 1—12 такой же, как в задаче 5.3 (табл. 5.2, графа 1). Для вариантов 13—24 маршрут обработки поверхности тот же, что и для вариантов 1 —12, но перед предварительным шлифованием предусматривается термообработка заготовки в печах. Рассчитать припуски и промежуточные размеры по переходам. Данные к задаче приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Данные к задачам 2 и 3

Вариант	Диаметры шеек заготовки, мм			*L*, мм	Длина ступеней заготовки, мм			Масса заготовки G, кг
	D_1,D_4	D_2	D_3		l_1	l_2	l_3	
1;13	30	50	40n6	220	45	55	85	2,0
2;14	45	65	55g6	260	55	65	95	4,7
3;15	20	40	30h6	180	40	50	60	1,0
4;16	50	75	60f7	350	70	120	80	8,2
5;17	25	45	35k6	200	40	50	70	1,5
6; 18	60	80	70m6	300	80	120	50	9,1
7; 19	40	60	50d8	280	50	70	90	4,1
8; 20	70	90	80u7	350	75	125	90	13,8
9; 21	35	55	45j6	240	50	60	90	2,9
10; 22	55	75	65s6	300	65	85	85	7,5
11; 23	50	60	50f7	260	40	65	60	3,8
12; 24	20	35	30h6	200	50	60	60	1,6

Задача 3. Четырехступенчатый вал изготавливается из стальной штампованной заготовки класса точности 5*Т*по ГОСТ 7505—89, выполняемой на молотах (см. табл. 5.3). Шейка диаметром D_3 имеет параметр шероховатости Ra = 2,5 мкм. Маршрут обработки такой же, как в задаче1. Определить припуски на заготовку по таблицам ГОСТ 7505—89 и расчетно-аналитическим методом. Рассчитать экономию материала за счет применения расчетно-аналитического метода определения припусков при годовой программе выпуска 20 тыс. штук.

Задача 4. Диск с центральным отверстием (табл. 5.4) изготавливают из углеродистой стали. Заготовка-поковка класса точности *Т*4 по ГОСТ 7505—89 производится на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Поверхности отверстия могут обрабатываться за два или один установ.

При обработке за два установа последовательность следующая:

1) черновое растачивание отверстия с базированием по наружной необработанной поверхности D_1 в патроне;

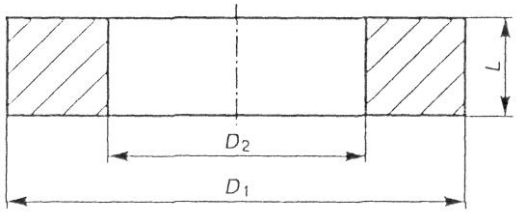
2) черновое обтачивание наружной поверхности D_1 с базированием по обработанному отверстию D_2 на оправку;

3) окончательная обработка отверстия с базированием по поверхности D_1.

Во втором случае окончательная обработка отверстия производится с базированием по необработанной наружной поверхности D_1 в патроне. Требуется рассчитать припуск на поверхность D_2 и определить, какой из вариантов обработки наиболее эффективен (сточки зрения экономии металла). Данные к задаче приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Данные к задаче 4.

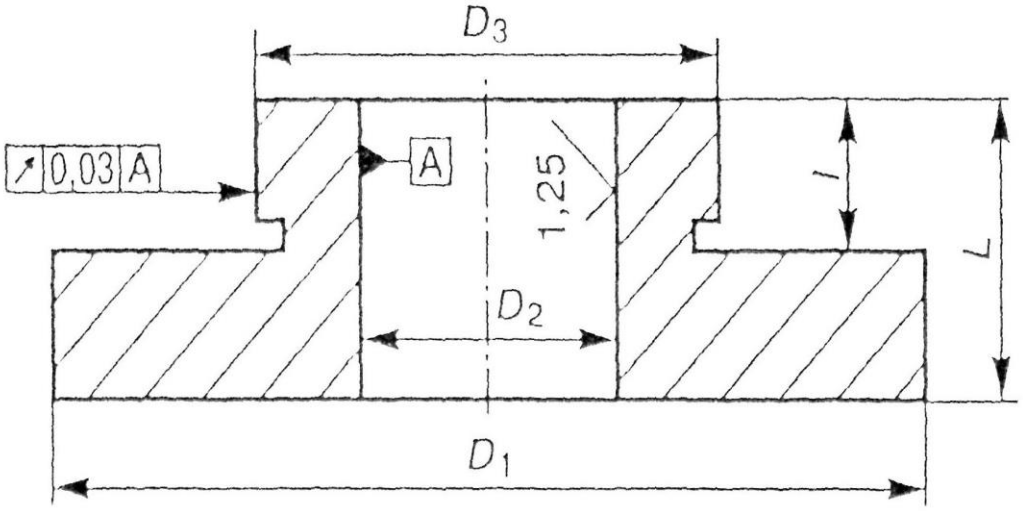


Вариант	Размеры диска, мм			Шероховатость поверхности D_2 Ra, мкм	Масса заготовки G , кг
	D_1	D_2	L		
1	180	80Н8	32	2,5	1,5
2	150	60 Н 8	20	1,25	2,1
3	220	100 Н 8	25	2,5	5,8
4	100	40 Н 7	15	1,25	0,77
5	350	150 Н 8	25	2,5	6,1
6	190	100 Н 8	20	2,5	3,1
7	280	200 Н 7	25	1,25	5,7
8	220	200 Н 8	30	2,5	1,5
9	260	180 Н 7	35	1,25	7,4
10	190	140 Н 8	25	2,5	2,4
11	290	170 Н 7	20	1,25	6,6
12	220	140 Н 8	40	2,5	3,7

Задача 5. Чугунную втулку изготавливают центробежным литьем на машинах с вертикальной осью вращения. Отливка 10-го класса точности размеров по ГОСТ 26645—85. Черновую и получистовую обработку поверхности D_2 производят на токарном станке с установкой в трехкулачковом патроне. Чистовая обработка осуществляется шлифованием. Как изменится велична на припуска при шлифовании при наличии или отсутствии перед этой операцией закалки ТВЧ и насколько? Данные к задаче приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Данные к задаче 5.



Вариант	Размеры втулок, мм				
	D_1	D_2	D_3	L	l
1	115	40H7	70	30	15
2	110	30 H 8	60	60	40
3	200	70 H 7	90	110	60
4	120	80 H 8	100	40	20
5	120	50 H 7	80	70	40
6	160	60 H 8	120	40	20
7	200	90 H 7	140	60	40
8	180	100 H 8	130	80	55
9	190	110 H 7	140	50	35
10	180	95 H 8	120	45	25
11	120	50 H 7	80	70	40
12	150	80H8	110	60	35

Литература

1. Справочник технолога – машиностроителя, В 2-х т. С74 т.1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова. – 5-е изд. – М.: Машиностроение – 1. 2001 г. 912 с., ил.
2. Справочник технолога – машиностроителя, В 2-х т. С74 Т.2 /Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косимовой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова и др. – 5-е изд. – М.: Машиностроение – 1. 2003 г. 944 с., ил.
3.Пухальский В.А., Стеценко А.В. Как читать чертежи и технологические документы. М.: Машиностроение, 2005. 144с., ил.
4. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении; Учебное пособие машиностроительных спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А.Тимирязева. – М.: Высшая школа, 2004. – 272с., ил..
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управление. Ч.1. Нормативы времени. – М.: Высшая школа, 2004. – 272с., ил.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и времени на обслуживание рабочего места на работе, выполняемые на металлорежущих станках: Массовое производство. – М.: Экономика, 1988. – 366с.
7. Прейскурант № 25 – 01. Основные цены на отливки, паковки и горячие штамповки/Государственный комитет по ценам. – М.: Прейскурантиздат, 1990. – 189с.
8. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для машиностроительных спец. вузов, - 3-е изд. – М.: Высшая школа, 2001. – 591с.: ил.

9. Гузеев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник / Под ред. В.И. Гузеева - М.: Машиностроение, 2005. 368с
10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 2004.-784 с.: ил.
11. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места на металлорежущих станках: среднее и крупносерийное производство. – М.: Изд-во НИИтруда, 1984. – 460с.
12. Расчеты экономической эффективности новой техники / Под. Ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 432с.
13. Прейскурант №18-01. Оптовые цены на станки металлорежущие: В 2 ч. – М.: Прейскурантиздат, 1981. Ч. 1. – 398 с.; ч. 2. – 384с.

Составитель:

ИМАНГУЛОВ Рафик Хамидуллович

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС МЕХАНООБРАБОТКИ ТИПОВОЙ ДЕТАЛИ. РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Методические указания
к выполнению практических работ
к дисциплине “Основы технологии машиностроения”
для студентов 3-го, 4-го и 5-го курсов специальностей 151001, 150201, 150202 всех форм обучения

Ответственный за выпуск
зав. кафедрой «ТАМ»
д.т.н., профессор А.Н. Исаев.

Подписано к печати …… Формат 60×84/16
Бумага офсетная Объем ___ усл.п.____ уч.-изд. л.
Заказ № _____ Тираж 50 экз. Бесплатно

Редакционно-издательский отдел РГАСХМ
Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 1
Отпечатано в копировально-множительном бюро РГАСХМ