

СТРУКТУРА РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа выполняется студентом самостоятельно. Этому предшествует изучение теоретического курса по темам программы с использованием учебно-методических материалов.

Текстовый материал расчетно-графической работы располагается в определенной последовательности.

Титульный лист.

Содержание.

Введение.

Задание 1. Расчет параметров гладких цилиндрических сопряжений.

Задание 2. Нанесение на чертежи обозначений размеров, посадок, допусков и шероховатости.

Задание 3. Определение статистических параметров погрешности измерения заданными измерительными средствами.

Задание 4. Выбор универсального измерительного средства и определение параметров погрешности измерения.

Задание 5. Расчет размерной цепи.

Заключение.

Библиографический список.

В ходе работы выполняется пять заданий.

ЗАДАНИЯ

Варианты (шифр) заданий выдает преподаватель индивидуально. Все задания необходимо выполнить полностью и сопроводить пояснениями, схемами, ссылками на литературу. На каждой странице текста должны быть поля для записи замечаний.

Задание 1

Расчет параметров гладких цилиндрических сопряжений

Для заданных в табл. 1 и 2 трех номинальных диаметров и посадок нужно выполнить следующие действия.

1. Выбрать по ГОСТ 25347-82 цифровые значения предельных отклонений отверстия и вала (прил. 1-6).

2. Записать эти посадки с цифровыми предельными отклонениями.

3. Определить допуски отверстия и вала и сравнить их с табличными значениями (прил. 1).

4. Определить предельные размеры отверстия и вала.

5. Определить предельные значения зазоров и натягов и допуски посадок.

6. Результаты свести в таблицу (табл. 3).

7. Построить в выбранном масштабе схемы расположения полей допусков для трех посадок, показав номинальный размер сопряжения, мм, предельные отклонения отверстия и вала и предельные зазоры и натяги, мкм.

8. Для одной из посадок выполнить чертежи втулки, вала и сопряжения.

Варианты задания 1 по первой цифре шифра

Таблица 1

Посадки	Обозначения посадок									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
С зазором	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{d7}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{E9}{h8}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{H11}{h11}$
С натягом	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{U8}{h7}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$
Переходные	$\frac{H7}{j_6}$	$\frac{J_7}{h6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{K8}{h7}$

Варианты задания 1 по второй цифре шифра

Таблица 2

Посадки	Номинальные размеры сопряжений, мм									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
С зазором	4	8	16	25	40	63	100	160	200	380
С натягом	320	450	4	8	16	25	40	63	100	160
Переходные	200	280	320	450	4	8	16	35	40	63

Методические указания к выполнению задания 1

Посадки записывают в виде дроби: в числителе – основное отклонение и квалитет или цифровые значения предельных отклонений для отверстия, в знаменателе – то же для вала. Основные отклонения отверстий обозначают прописными латинскими буквами, валов – строчными. Рядом с буквами записывают квалитет. Таким образом, поле допуска определяется основным отклонением (ближайшим к нулевой линии) и квалитетом. Отклонения проставляют со своими знаками: (+) или (-). В справочных таблицах отклонения заданы

в мкм. На схемах расположения полей допусков их рекомендуется обозначать также в мкм. На чертежах деталей цифровые предельные отклонения проставляют только в мм.

Ниже приведены примеры записей посадок.

Размеры отверстий с буквенным обозначением основного отклонения:

$$\text{Ø } 40\text{H9}; \text{Ø } 40\text{H8}; \text{Ø } 40\text{H7}.$$

Размеры тех же отверстий с цифровыми предельными отклонениями:

$$\text{Ø } 40^{+0,062}; \text{Ø } 40 \frac{+0,039}{+0,025}; \text{Ø } 40 \frac{+0,025}{-0,050}.$$

Размеры валов с буквенным обозначением основного отклонения:

$$\text{Ø } 40\text{f8}; \text{Ø } 40\text{k7}; \text{Ø } 40\text{r6}.$$

Размеры тех же валов с цифровыми предельными отклонениями:

$$\text{Ø } 40 \frac{-0,025}{-0,064}; \text{Ø } 40 \frac{+0,027}{+0,002}; \text{Ø } 40 \frac{+0,050}{+0,034}.$$

Комбинированная запись посадки – это запись посадки в системе отверстия с буквенными и цифровыми (в скобках) предельными отклонениями:

$$\text{Ø } 40 \frac{\text{H9}}{\text{f8}} \left(\begin{array}{c} +0,062 \\ -0,025 \\ -0,064 \end{array} \right); \text{Ø } 40 \frac{\text{H8}}{\text{k7}} \left(\begin{array}{c} +0,039 \\ +0,027 \\ +0,002 \end{array} \right); \text{Ø } 40 \frac{\text{H7}}{\text{r6}} \left(\begin{array}{c} +0,025 \\ +0,050 \\ +0,034 \end{array} \right).$$

Те же посадки в системе вала:

$$\text{Ø } 40 \frac{\text{F9}}{\text{h8}} \left(\begin{array}{c} +0,087 \\ +0,025 \\ -0,039 \end{array} \right); \text{Ø } 40 \frac{\text{K8}}{\text{h7}} \left(\begin{array}{c} +0,012 \\ -0,027 \\ -0,025 \end{array} \right); \text{Ø } 40 \frac{\text{R7}}{\text{h6}} \left(\begin{array}{c} -0,025 \\ -0,050 \\ -0,016 \end{array} \right).$$

Для одного размера и одной посадки число цифр после запятой должно быть одинаковым, недостающие цифры заменяют нулями.

Буквой H обозначают основное отверстие (отверстие в системе отверстия), буквой h – основной вал (вал в системе вала).

Нижнее отклонение основного отверстия и верхнее отклонение основного вала, равные нулю, не пишут.

В единой системе допусков и посадок (ЕСДП) приняты следующие обозначения: D (d) – номинальный диаметр отверстия (вала), ES , EI – соответственно нижнее и верхнее отклонение отверстия; es , ei – то же для вала; D_{\max} , D_{\min} – наибольший и наименьший предельные размеры отверстия; d_{\max} , d_{\min} – то же для вала; TD – допуск отверстия; Td – допуск вала; S_{\max} , S_{\min} – наибольший и наименьший зазоры, N_{\max} , N_{\min} – наибольший и наименьший натяги; $T\Delta$ допуск посадки.

Зависимости между параметрами:

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D, & EI &= D_{\min} - D; \\ es &= d_{\max} - d, & ei &= d_{\min} - d; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} TD &= D_{\max} - D_{\min} = ES - EI; \\ Td &= d_{\max} - d_{\min} = es - ei; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \\ S_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = EI - es; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} N_{\max} &= d_{\max} - D_{\min} = es - EI; \\ N_{\min} &= d_{\min} - D_{\max} = ei - ES; \end{aligned} \quad (4)$$

$$T\Delta = S_{\max} - S_{\min} = N_{\max} - N_{\min} = TD + Td. \quad (5)$$

В формулах (2), (3), (4) предельные отклонения принимают со своими знаками. Для посадки с зазором необходимо определить S_{\max} и S_{\min} , для посадки с натягом – N_{\max} и N_{\min} , а для переходной посадки – S_{\max} , и N_{\max} .

Пример выполнения задания 1

Даны посадки:

с зазором $\varnothing 30 \frac{H7}{d8}$,

с натягом $\varnothing 320 \frac{U8}{h7}$, переходная $\varnothing 8 \frac{H8}{n7}$.

Выполняем п. 1–5 задания и сводим результаты в табл. 3. Строим схемы расположения полей допусков для трех заданных посадок (рис. 1). Вычерчиваем эскиз втулки, вала и сопряжения для переходной посадки (рис. 2).

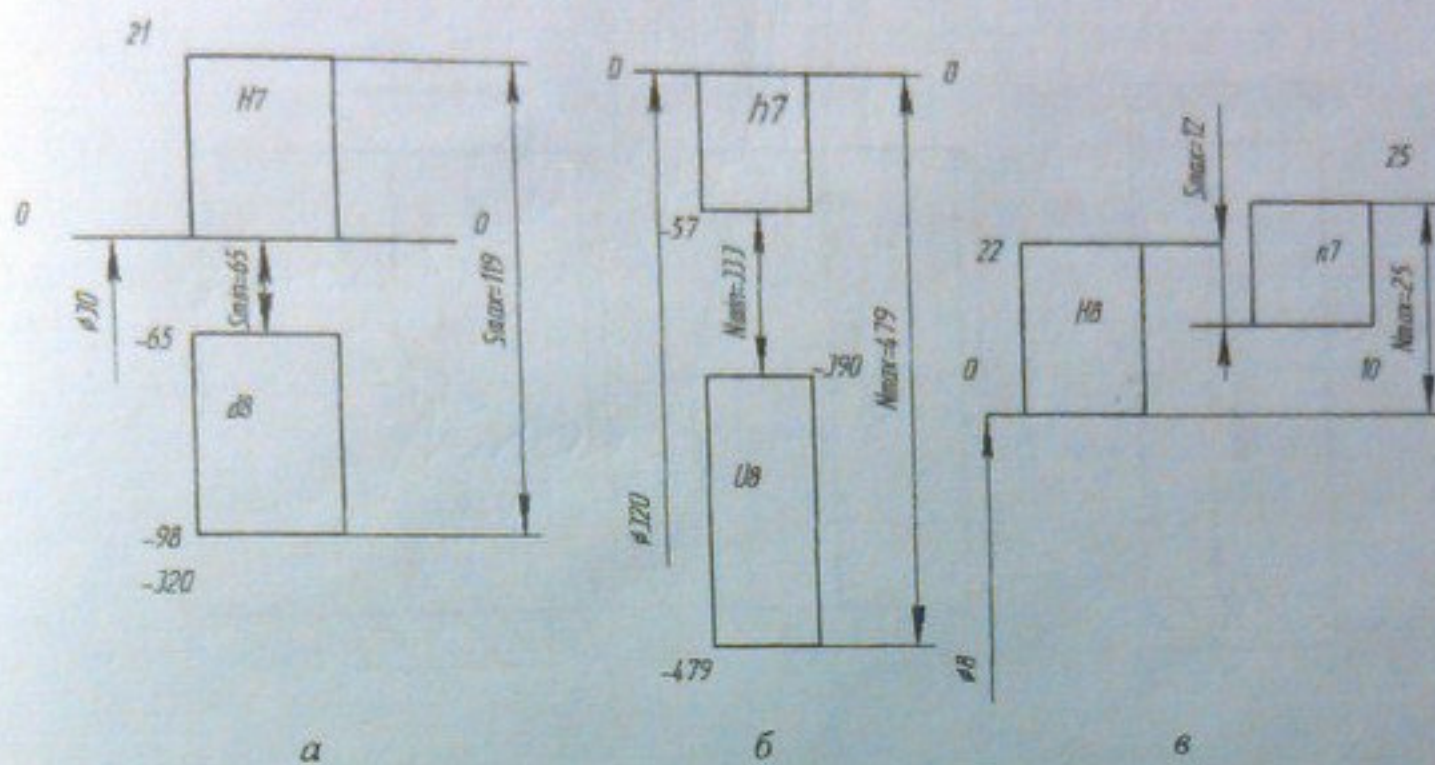


Рис. 1. Схемы расположения полей допусков (к заданию 1):
 а – для посадки с зазором Ø 30 H8/d8; б – для посадки с натягом Ø 320 U8/h7;
 для переходной посадки Ø 8 H8/n7

Таблица 3
 Параметры гладких цилиндрических сопряжений (для задания 1)

Определяемые параметры	Значения параметров для посадок		
	Ø 30 $\frac{H7}{d8}$	Ø 320 $\frac{U8}{h7}$	Ø 8 $\frac{H8}{n7}$
ES, мкм	+21	-390	+22
EI, мкм	0	-479	0
es, мкм	-65	0	+25
ei, мкм	-98	-57	+10
TD, мкм	21	89	22
Td, мкм	33	57	15
D_{max} , мм	30,021	319,610	8,022
D_{min} , мм	30,000	319,521	8,000
d_{max} , мм	29,935	320,000	8,025
d_{min} , мм	29,902	319,943	8,010
S_{max} , мкм	119	-	12
S_{min} , мкм	65	-	-
N_{max} , мкм	-	479	25
N_{min} , мкм	-	333	-
TΔ, мкм	54	146	37
Запись посадки с цифровыми отклонениями	Ø 30 $\frac{+0,021}{-0,065}$ -0,098	Ø 320 $\frac{-0,390}{-0,479}$ -0,057	Ø 8 $\frac{+0,022}{+0,025}$ +0,010

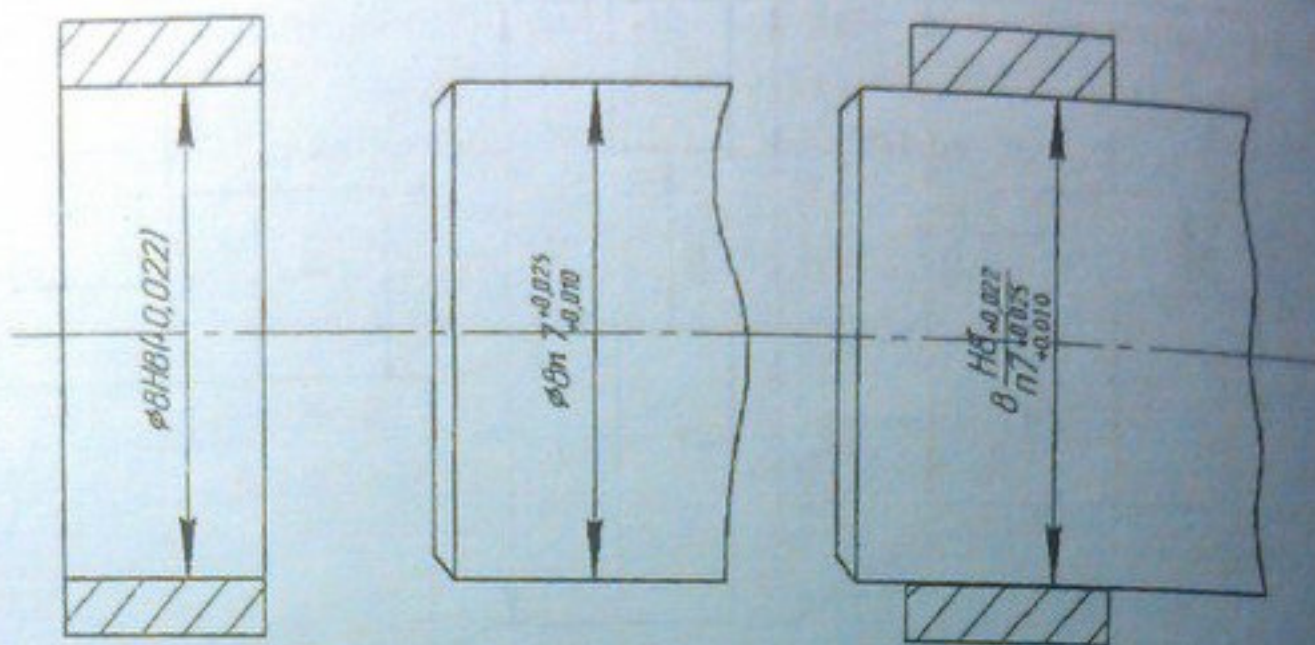


Рис. 2. Эскизы втулки, вала и сопряжения (к заданию 1)

Задание 2

Нанесение на чертежи обозначений размеров, посадок, допусков и шероховатости

Выполните на листах формата А3 или А4 чертеж узла редуктора с шарикоподшипниками (рис. 3) в соответствии с исходными данными, приведенными в табл. 4, 5. Нанесите размеры с буквенными обозначениями посадок: 1 – подшипника на вал; 2 – подшипника на корпус (одинаковые для левого и правого подшипников); 3 – распорной втулки на вал; 4 – глухой крышки в корпус; 5 – крышки с отверстием для прохода вала и с гнездом под уплотнение в корпус; 6 – зубчатого колеса на вал; 7 – полумуфты на вал; 8 – шпонки на паз вала; 9 – шпонки на паз зубчатого колеса (сечение А–А); 10 – шпонки в паз вала; 11 – шпонки в паз полумуфты (сечение Б–Б).

Запишите в тетради рядом с буквенными обозначениями посадок цифровые предельные отклонения; определите предельные значения зазоров и натягов.

Выполните чертеж вала на отдельном листе формата А4 или А3 с соблюдением правил ЕСКД. Нанесите все размеры с цифровыми предельными отклонениями, а также следующие допуски формы и расположения:

- цилиндричность шеек под подшипники, под зубчатое колесо, под полумуфту;
- радиальное биение этих шеек относительно общей оси,

— торцевое биение заплечиков под подшипник и под зубчатое колесо относительно общей оси.

Укажите шероховатость всех поверхностей вала.

Таблица 4

Варианты задания 2 по первой цифре шифра

Вариант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Основное отклонение посадочного диаметра под подшипник	вала	g	h	h	j _s	j _s	k	k	m	m	n
	отверстия	N	M	M	K	K	J _s	J _s	H	H	G
Характер шпоночного соединения при посадке на вал	зубчатого колеса	Плотное			Нормальное			Свободное			
	полумуфты	Нормальное			Свободное			Плотное			

Таблица 5

Варианты задания 2 по второй цифре шифра

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Внутренний диаметр подшипника, мм	10	15	20	35	40	55	65	80	85	90
Наружный диаметр подшипника, мм	30	35	47	80	90	120	120	140	180	190
Ширина подшипника, мм	9	11	14	21	23	29	23	26	41	43
Класс точности подшипника	6	6	6	5	5	5	4	4	0	0

Методические указания к выполнению задания 2

Не заданные номинальные размеры выберите конструктивно с учетом ГОСТ 6636–69. Посадки зубчатого колеса и полумуфты на вал задайте самостоятельно, приняв во внимание, что эти сопряжения неподвижные, разъемные.

Распорная втулка посажена на вал с гарантированным зазором, причем точность диаметра отверстия втулки на 2...3 качества ниже, чем у вала. Диаметр шейки вала под подшипник и под втулку один и тот же. Все это относится и к посадке глухой крышки в корпус.

У крышки с отверстием посадочный диаметр точнее, чем у глухой, а зазор в сопряжении с корпусом должен быть минимальным. Этим обеспечивается нормальная работа манжетного уплотнения. Шейка вала под манжету может выполняться как основной вал 10...11-го классов. К шероховатости этой шейки предъявляются высокие требования.

Номинальные диаметры назначают, ориентируясь на ряды номинальных размеров по ГОСТ 6636-69¹. Номинальные размеры шпонки и шпоночных пазов приведены в табл. 6. Отклонение от параллельности и симметричности шпоночного паза относительно оси ограничено допуском на ширину паза и контролируется комплексным калибром.

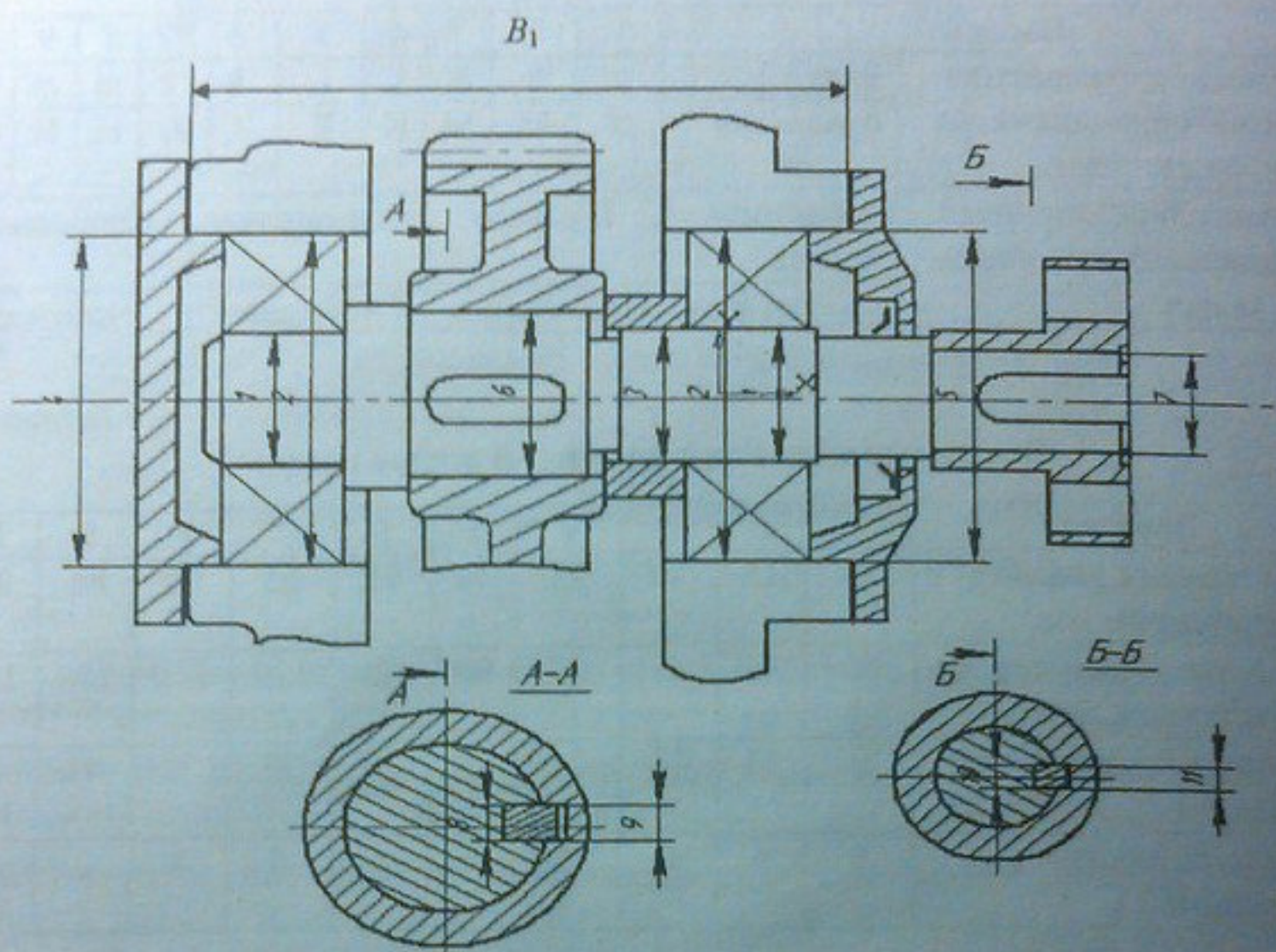


Рис. 3. Узел редуктора (к заданию 2)

Таблица 6

Предельные отклонения ширины шпонки и пазов

Характер сопряжения	Предельные отклонения ширины		
	Шпонки	Паза вала	Паза втулки
Свободное	h9	H9	D10
Нормальное	h9	N9	J _s 9
Плотное	h9	P9	P9

Чертеж вала выполняют на отдельном листе формата А4 или А3 с соблюдением правил ЕСКД. Цифровые значения предельных

¹ См.: Палей М. А., Романов А. Б., Брагинский В. А. Допуски и посадки. Ч. 1. СПб., 2002. Табл. 1.3.

отклонений выбирают из ГОСТ 25347-82. Не указанные предельные отклонения размеров должны быть оговорены записью на поле чертежа «Общие допуски по ГОСТ 30893.1». Посадки, а также допуски на размеры, форму и расположение поверхностей вала можно назначить, воспользовавшись рекомендациями табл. 7.

Базами для радиального биения могут служить подшипниковые шейки вала или центровые отверстия. В последнем случае центровые отверстия нужно обозначить на эскизе. При назначении шероховатости поверхностей предпочтение отдается параметру R_a . Параметр R_a указывают в тех случаях, когда шероховатость невозможно измерить шуповым прибором: узкие канавки, пазы, отверстия малого диаметра, куда не входит шуп профилометра, или короткие участки, фаски, где прибору не хватает трассы интегрирования для определения R_a . Числовые значения параметров R_a и R_z выбирают по ГОСТ 2789-73. Рекомендации по назначению шероховатости посадочных мест под подшипники даны в литературе. Для одной и той же поверхности соотношение параметров для одной и той же R_z и R_a составляет $R_z/R_a \approx 4$.

Таблица 7

Рекомендации по назначению допусков размеров, формы и расположения поверхностей

Классы точности подшипников		0	6	5	4
Квалитет диаметров поверхностей под посадку подшипников	вала	6	6	5	5
	отверстия	7	7	6	6
Квалитет диаметров поверхностей под посадку зубчатого колеса и полумуфты	вала	7	7...6	6	6...5
	отверстия	8	8...7	7	7...6
Допуск цилиндричности шеек вала в процентах от допуска на соответствующий диаметр. Округляется до степеней точности по ГОСТ 24643-81	под подшипники	35 %	25 %	12 %	12 %
	под зубчатое колесо	60 %		40 %	
	под полумуфту	60 %			
Степень точности радиального биения шеек вала относительно общей оси	под подшипники	6	5	5	4
	под зубчатое колесо	7	7	6	6
	под манжету и под полумуфту	8	7	7	6
Степень точности торцевого биения запяточников	под подшипник	8	7	6	5
	под зубчатое колесо	9...7		7...5	

Пример выполнения задания 2

Пусть будет задано основное отклонение вала под подшипник – k_6 , отверстия – J_s ; шпоночное соединение вала с зубчатым колесом плотное, полумуфты – нормальное; внутренний диаметр подшипника 30 мм, наружный – 72 мм, ширина – 19 мм, класс точности 6 (подшипник 6-306).

Отдельно запишем посадки, которые необходимо нанести на эскиз вместо соответствующих цифр. Укажем предельные зазоры и натяги, используя обозначения и рекомендации табл. 7.

$$1. \text{ } \varnothing 30 \frac{L6}{k6} \begin{pmatrix} -0,008 \\ +0,015 \\ +0,002 \end{pmatrix}; N_{\max} = 23, N_{\min} = 2.$$

Прописная латинская буква L числителя (от слова Lager, что означает подшипник) относится к отверстию, т. е. к внутреннему кольцу подшипника. Цифра 6 указывает, что подшипник 6-го класса точности. В знаменателе k_6 означает основное отклонение и квалитет вала. Цифровые значения диаметра подшипника взяты из ГОСТ 520–71 (прил. 7, 8).

$$2. \text{ } \varnothing 72 \frac{J_s 7}{16} \begin{pmatrix} \pm 0,015 \\ -0,011 \end{pmatrix}; S_{\max} = 26, N_{\max} = 15.$$

Буквой l обозначено наружное кольцо подшипника, выступающее в этой посадке в роли вала (поэтому буква строчная); $J_s 7$ – основное отклонение и квалитет отверстия в корпусе (цифровые значения см. прил. 7, 8).

$$3. \text{ } \varnothing 30 \frac{E8}{k6} \begin{pmatrix} +0,073 \\ +0,040 \\ +0,015 \\ +0,002 \end{pmatrix}; S_{\max} = 71, S_{\min} = 25.$$

Обратите внимание, что номинальный размер и предельные отклонения вала здесь те же, что и в посадке подшипника. Втулка выполнена на 2 квалитета грубее, чем вал. В сопряжении гарантирован минимальный зазор 25 мкм.

$$4. \text{ } \varnothing 72 \frac{J_s 7}{d10} \begin{pmatrix} \pm 0,015 \\ -0,100 \\ -0,220 \end{pmatrix}; S_{\max} = 235, S_{\min} = 85.$$

Номинальный размер и предельные отклонения отверстия здесь те же, что и в посадке с подшипником. Посадочный диаметр глухой крышки выполнен на 3 качества грубее, чем отверстие. В сопряжении гарантирован зазор 85 мкм.

$$5. \quad \text{Ø}72 \frac{J_{s7}}{f8} \left(\begin{array}{c} +0,015 \\ -0,030 \\ -0,076 \end{array} \right); \quad S_{\max} = 91, \quad S_{\min} = 15.$$

Посадочная шайка крышки с отверстием выполнена на 2 качества точнее, чем у глухой крышки. Посадка обеспечивает минимальный зазор 15 мкм, легкую сборку и достаточно точное центрирование манжеты относительно вала.

$$6. \quad \text{Ø}32 \frac{H8}{n7} \left(\begin{array}{c} +0,039 \\ +0,042 \\ +0,017 \end{array} \right); \quad S_{\max} = 22, \quad N_{\max} = 42.$$

Это переходная посадка с большей вероятностью появления натягов, чем зазоров. Чистой разборки здесь не требуется, а при натяге шпонка надежнее передает крутящий момент, особенно при реверсивной нагрузке. Номинальный диаметр 32 мм выбран из ряда нормальных размеров.

$$7. \quad \text{Ø}25 \frac{H8}{j_7} \left(\begin{array}{c} +0,033 \\ \pm 0,010 \end{array} \right); \quad S_{\max} = 43, \quad N_{\max} = 10.$$

В этой посадке вероятность соединения с зазором больше, чем с натягом; она допускает более частую разборку. Номинальный диаметр выбран из ряда R5.

$$8. \quad 10 \frac{P9}{h9} \left(\begin{array}{c} -0,015 \\ -0,051 \\ -0,036 \end{array} \right); \quad S_{\max} = 21, \quad N_{\max} = 51.$$

9. Так же, как для 8-й посадки.

$$10. \quad 8 \frac{N9}{h9} \left(\begin{array}{c} -0,036 \\ -0,036 \end{array} \right); \quad S_{\max} = 36, \quad N_{\max} = 36.$$

$$11. \quad 8 \frac{J_8}{h9} \left(\begin{array}{c} +0,018 \\ -0,036 \end{array} \right); \quad S_{\max} = 54, \quad N_{\max} = 18.$$

Номинальные размеры ширины шпонок и пазов выбраны из ГОСТ 23360-78, а посадки – в соответствии с табл. 6 по заданному характеру сопряжения.

Выполняем чертеж вала с простановкой допусков размеров, формы и расположения и с указанием максимальной допустимой шероховатости поверхностей (рис. 4).

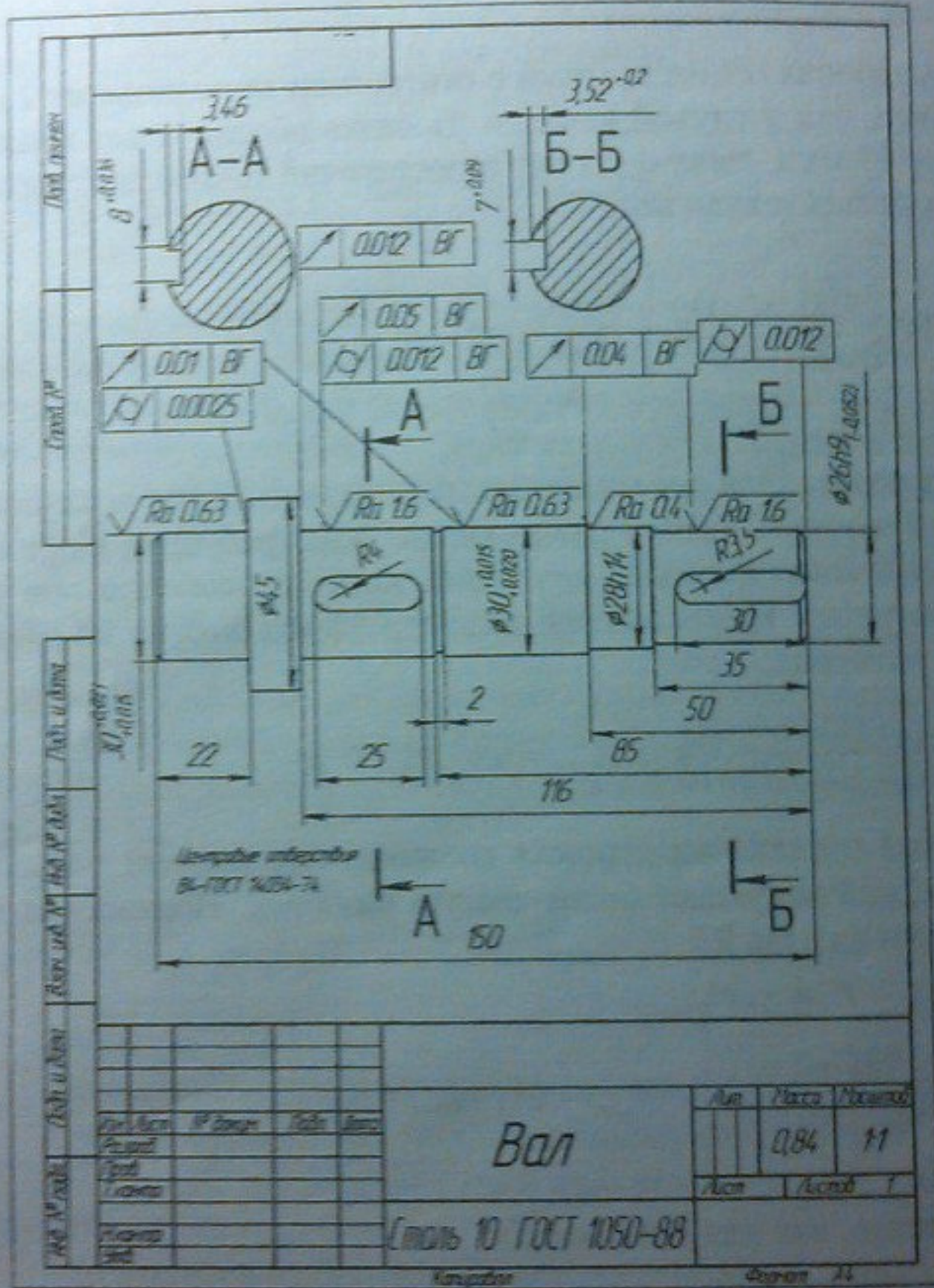


Рис. 4. Пример выполнения задания 2

В качестве базы для раздельного и торцевого биения принимаем центровые отверстия типа В4, выполненные по ГОСТ 14034-74.

Эти отверстия имеют предохранительный конус и служат базой при обработке шеек вала и при контроле биения.

При заполнении основного и углового штампов рабочего чертежа вала указать шифр: первые четыре цифры – код кафедры; две буквы – обозначение факультета; следующие четыре цифры – шифр специальности; последние две цифры – номер варианта.

Задание 3

Определение статистических параметров погрешности измерения заданными измерительными средствами

Определите квалитет вала и отверстия, которые могут быть измерены универсальными измерительными средствами, приведенными в табл. 8, в условиях взаимозаменяемого серийного производства. Номинальные значения диаметров возьмите из табл. 9.

Таблица 8

Варианты задания 3 по первой цифре шифра

Вариант	Средство для измерения вала	Средство для измерения отверстия
1	Штангенциркуль ШЦ-II	Микроскоп инструментальный
2	Штангенциркуль ШЦ-II	Оптиметр вертикальный
3	Микрометр гладкий	Нутромер индикаторный
4	Микрометр гладкий	Оптиметр вертикальный
5	Скоба индикаторная	Микроскоп инструментальный
6	Скоба индикаторная	Нутромер микрометрический
7	Микроскоп инструментальный	Штангенциркуль ШЦ-II
8	Микроскоп инструментальный	Нутромер микрометрический
9	Оптиметр вертикальный	Нутромер индикаторный
0	Оптиметр вертикальный	Штангенциркуль ШЦ-II

Таблица 9

Варианты задания 3 по второй цифре шифра

Вариант		1; 6	2; 7	3; 8	4; 9	5; 10
Измеряемый диаметр, мм	вала	25	40	63	120	150
	отверстия	63	120	150	25	40

Полагая, что ошибки изготовления и измерения случайны и подчиняются нормальному закону рассеяния, определите следующие параметры погрешности измерения партии деталей:

m – количество деталей в процентах от общего количества измеренных, имеющих размеры, выходящие за предельные табличные размеры, и неправильно принятых в числе годных;

n – количество деталей в процентах от общего количества измеренных, имеющих размеры, не прерывающие предельные размеры, и неправильно забракованных;

C – вероятную предельную величину выхода размера за предельные табличные размеры у неправильно принятых деталей.

Примите для выбранного качества вала и отверстия любое поле допуска по ГОСТ 25347–82. Установите вероятностные предельные размеры неправильно принятых деталей.

Методические указания к выполнению задания 3

Одним из главных критериев выбора измерительных средств является предельная (наибольшая возможная) погрешность, которая может возникнуть при измерении размера этим средством. ГОСТ 8.051–73 устанавливает допускаемую погрешность измерения δ при приемочном контроле деталей; она составляет от 20 до 35 % от допуска на измеряемый размер. Для точных качеств этот процент выше, для грубых – ниже. Задание 3 заключается в сравнении погрешности измерительного средства (верхнее – погрешности метода измерения этим средством) с допускаемой погрешностью измерения заданного размера для разных качеств. На основании этого сравнения необходимо установить качество, для которого можно проводить измерение.

Предельные погрешности приборов, заданных в табл. 8, приведены в табл. 10, а допускаемые погрешности измерения размеров по ГОСТ 8.051–73 – в табл. 11. Параметры m , n и C для нормального рассеяния ошибок изготовления и измерения приведены в табл. 12.

Таблица 10

Предельные погрешности измерения универсальными измерительными средствами

Наименование универсального измерительного средства	Цена деления по нониусу	Измеряемый размер	Интервалы размеров, мм		
			Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 180
			Предельные погрешности измерения (\pm), мкм		
Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166–80 То же	0,05	Наружный	80	90	100
		Внутренний	120	130	150
Микрометр гладкий ГОСТ 6507–78, в руках	0,01	Наружный	8	10	12

Окончание табл. 10

Наименование универсального измерительного средства	Цена деления по нониусу	Измеряемый размер	Интервалы размеров, мм		
			Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 180
Предельные погрешности измерения (\pm), мкм					
Нутромер микрометрический ГОСТ 10-75	0,01	Внутренний	10	15	20
Скоба индикаторная ГОСТ 11098-75, в руках	0,01	Наружный	15	20	20
Нутромер индикаторный ГОСТ 868-72, полное перемещение	0,01	Внутренний	20	25	25
Микроскоп инструментальный ГОСТ 8074-71	0,005	Наружный	5	10	20
То же	0,005	Внутренний	10	10	10
Оптиметр вертикальный ГОСТ 5405-75	0,001	Наружный	1	1,3	1,8
Оптиметр горизонтальный ГОСТ 5405-75	0,001	Внутренний	1	1,1	1,4

Номинальный размер выберите из большего интервала.

Таблица 11

Допускаемые погрешности измерения размеров в зависимости от качества IT

Номинальный размер, мм	Квалитет IT										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Допускаемая погрешность измерения δ , мкм											
Св. 18 до 30	2	3	4	6	8	12	18	30	50	70	120
Св. 30 до 50	2,4	4	5	7	10	16	20	40	50	80	140
Св. 50 до 80	2,8	4	5	9	12	18	30	40	60	100	160
Св. 80 до 120	3	5	6	10	12	20	30	50	70	120	180
Св. 120 до 180	4	6	7	12	16	30	40	50	80	140	200

При измерении партии деталей каждое из двух предельных табличных отклонений будет сдвинуто у неправильно принятых деталей на величину S : верхнее отклонение вверх, нижнее – вниз. Вероятностное поле допуска размера расширяется, изменятся предельные размеры деталей, признанных годными.

Предельные значения параметров m , n и C

Квалитет IT замеряемых размеров	m , %	n , %	C/T (T – допуск размера)
3, 4, 5, 6, 7	5,0	7,8	0,25
8, 9	3,75	5,4	0,17
10, 11, 12, 13, 14	3,1	4,5	0,14

Пример выполнения задания 3

Пусть необходимо измерить вал диаметром 160 мм с помощью микрометра. Из табл. 10 видим, что при удержании микрометра в руках (не в стойке) погрешность измерения составит 15 мкм. По табл. 11 находим, что ближайшим квалитетом, соответствующим этой погрешности, будет IT8 ($\delta = 16$ мкм). Более точно вал в условиях взаимозаменяемого производства в данном случае микрометром измерить нельзя.

Найдем из ГОСТ 25347–82 предельные отклонения для произвольно выбранного основного отклонения, например для e :

$$\varnothing 160e8 \begin{pmatrix} -0,085 \\ -0,148 \end{pmatrix}$$

Допуск вала равен $T = 63$ мкм.

Из табл. 12 находим:

$$m = 3,75\%; \quad n = 5,4\%; \quad C = 0,17 \cdot 63 = 10,7 \text{ мкм.}$$

Вероятностные значения верхнего es_b и нижнего ei_b предельных отклонений размеров неправильно принятых деталей (3,75 % из общего числа измеренных) составят:

$$es_b = -0,085 + 0,0107 = -0,0743 \text{ мм;}$$

$$ei_b = -0,148 - 0,0107 = -0,1587 \text{ мм,}$$

а наибольший d_{maxb} и наименьший d_{minb} – предельные размеры этих деталей:

$$d_{maxb} = 160,000 - 0,0743 = 159,9257 \text{ мм;}$$

$$d_{minb} = 160,000 - 0,1587 = 159,8413 \text{ мм.}$$

Задание 4**Выбор универсального измерительного средства и определение параметров погрешности измерения**

Для заданных в табл. 13, 14 размеров, основных отклонений и квалитетов детали (отверстия или вала) подберите универсальное

Таблица 12

С/Т
допуск
(мера)
0,25
0,17
0,14

помощью
метра в ру-
о табл. 11
этой по-
ниях взаи-
измерить

для произ-
для е:

дельных
% из об-

еры этих

клонений
рмальное

средство, исходя из допускаемой погрешности и пределов измерения данного прибора. Определите параметры m , n и C (те же, что в задании 3) и вероятностные предельные отклонения и предельные размеры неправильно принятых деталей. Дайте характеристику измерительного средства и условий измерения.

Варианты задания 4 по первой цифре шифра

Таблица 13

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Основное отклонение и квали- тет детали	H6	J _s 7	F8	E9	H11	h5	k6	f7	e8	a9

Варианты задания 4 по второй цифре шифра

Таблица 14

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номинальный размер, мм	16	25	40	63	100	160	200	280	320	450

При выполнении задания следуйте рекомендациям по выбору средств измерения в соответствии с ГОСТ 8.051-81.

Задание 5 Расчет размерной цепи

Постройте размерную цепь узла редуктора (см. рис. 3) и по номинальному размеру и предельным отклонениям замыкающего (исходного) звена методом, обеспечивающим полную взаимозаменяемость, определите номинальные размеры и предельные отклонения всех составляющих звеньев, размещенных в корпусе В₁.

Задание на расчет размерной цепи: исходным звеном является зазор в сборочном узле, номинальное значение которого равно 0, а допуск указан в табл. 15.

Таблица 15

Варианты задания 5 по второй цифре шифра

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Допуск исходного звена, A_{Δ} , мм	1,2	1,0	1,3	0,6	0,8	0,7	0,4	0,5	1,4	1,5

Методические указания по заданию 5

Размерной цепью называют совокупность геометрических размеров, расположенных по замкнутому контуру, определяющих взаиморасположение поверхностей (или осей) одной или нескольких деталей. Если в такую совокупность входят размеры одной детали, цепь называют *детальной*, если размеры нескольких деталей – *сборочной*.

Размерные цепи могут быть *плоскими* (все размеры расположены в одной плоскости) или *пространственными*.

При расчете пространственные цепи сводятся к плоским путем проецирования на координатные плоскости. Размеры в плоских цепях могут быть или взаимно параллельными или приведенными к тому же виду путем проецирования на линии одного направления. При проецировании размеры изменяются, т. е. их величины умножают на косинусы или синусы углов, которые условно можно считать постоянными коэффициентами. Принципиально метод расчета цепей от введения этих коэффициентов не изменяется.

Все размеры, входящие в цепь, обычно называют звеньями цепи. Разделение звеньев на составляющие и замыкающие связано с последовательностью процессов обработки или сборки, т. е. с технологическими процессами.

С процессом конструирования связано выделение в цепи исходного звена. По ГОСТ 16319–70, исходное звено – это звено, возникающее в результате постановки задачи при проектировании, для решения которой используется размерная цепь.

На сборочных и подетальных рабочих чертежах требуется простановка незамкнутой совокупности размеров, т. е. простановка обрабатываемых номинальных размеров с допустимыми отклонениями. Замыкающий размер или совсем не проставляют, или проставляют его номинальную величину со знаком * или указанием «для справок».

Машины и приборы обеспечивают надежную работу при условии, что деталь занимает заданное ей положение и выполняет свои функции при эксплуатации. Цель достигается, если размеры деталей, образующих конструкцию, соответствуют друг другу и представляют собой замкнутый контур, называемый размерной цепью.

Размер цепи, который в результате сборки или изготовления получается последним, называется замыкающим размером или исходным в зависимости от поставленной задачи, остальные – составляющими размерами.

Размеры, входящие в цепь, обозначают прописными буквами русского алфавита с цифровыми индексами. Если увеличение составляющего звена при неизменных остальных требует увеличения замыкающего звена, то такое звено называют увеличивающим и обозначают стрелкой над буквой, направленной вправо (\rightarrow). Если это увеличение требует уменьшения замыкающего звена, то такое звено называют уменьшающим и обозначают стрелкой над буквой, направленной влево (\leftarrow).

При расчете размерных цепей выделяются две задачи.

1. Прямая (конструкторская) задача, когда определяют номинальные размеры, допуски и предельные отклонения составляющих звеньев по заданному номинальному размеру и предельным отклонениям исходного звена.

2. Обратная (технологическая) задача, когда определяют номинальный размер, допуск и предельные отклонения замыкающего звена по заданным номинальным размерам и предельным отклонениям составляющих звеньев.

Существуют различные методы расчета размерных цепей, обеспечивающие полную и неполную взаимозаменяемость, но в основе их всех лежат четыре основные зависимости, связывающие номинальные размеры звеньев, их допуски и предельные отклонения.

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \bar{A}_i - \sum_{j=1}^m \bar{A}_j; \quad (6)$$

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n T\bar{A}_i + \sum_{j=1}^m T\bar{A}_j; \quad (7)$$

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n ES\bar{A}_i - \sum_{j=1}^m EI\bar{A}_j; \quad (8)$$

$$EIA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n EI\bar{A}_i - \sum_{j=1}^m ES\bar{A}_j; \quad (9)$$

где A_{Δ} , TA_{Δ} , ESA_{Δ} и EIA_{Δ} – номинальный размер, допуск, верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена; n , \bar{A}_i , $T\bar{A}_i$, $ES\bar{A}_i$, $EI\bar{A}_i$ – количество, номинальные размеры, допуски, верхние и нижние предельные отклонения увеличивающих звеньев; m , \bar{A}_j , $T\bar{A}_j$, $ES\bar{A}_j$, $EI\bar{A}_j$ – количество, номинальные размеры, допуски, верхние и нижние предельные отклонения уменьшающих звеньев.

Пример выполнения задания 5

Дан замыкающий размер $A_{\Delta} = 2 \pm 0,3$ (номинальный размер с предельными отклонениями) – это зазор, обеспечивающий условия работы подшипникового узла при температурных деформациях. Требуется определить номинальные размеры и предельные отклонения составляющих звеньев.

Построим размерную цепь, определим увеличивающие и уменьшающие звенья. Нанесем их на сборочный чертеж (рис. 5).

Номинальные размеры составляющих звеньев определим по сборочному чертежу. При этом один из размеров может быть «увязочным» для того, чтобы соблюдалось условие (6). В нашем примере $A_1 = 16$ мм, $A_3 = 16$ мм, $A_4 = 100$ мм (что соответствует ряду R1). Увязочный размер A_2 определим из выражения

$$2 = 100 - (16 + A_2 + 16),$$
$$A_2 = 66 \text{ мм.}$$

Определим допуски составляющих звеньев. Наиболее простым является метод равных допусков, но его применяют в том случае, если все составляющие звенья близки по своим номинальным размерам, т. е. находятся в одном размерном интервале. В нашем случае этот метод неприменим, поэтому для обеспечения полной взаимозаменяемости воспользуемся методом равноточных допусков, т. е. допуски всех составляющих размеров должны соответствовать одному качеству.

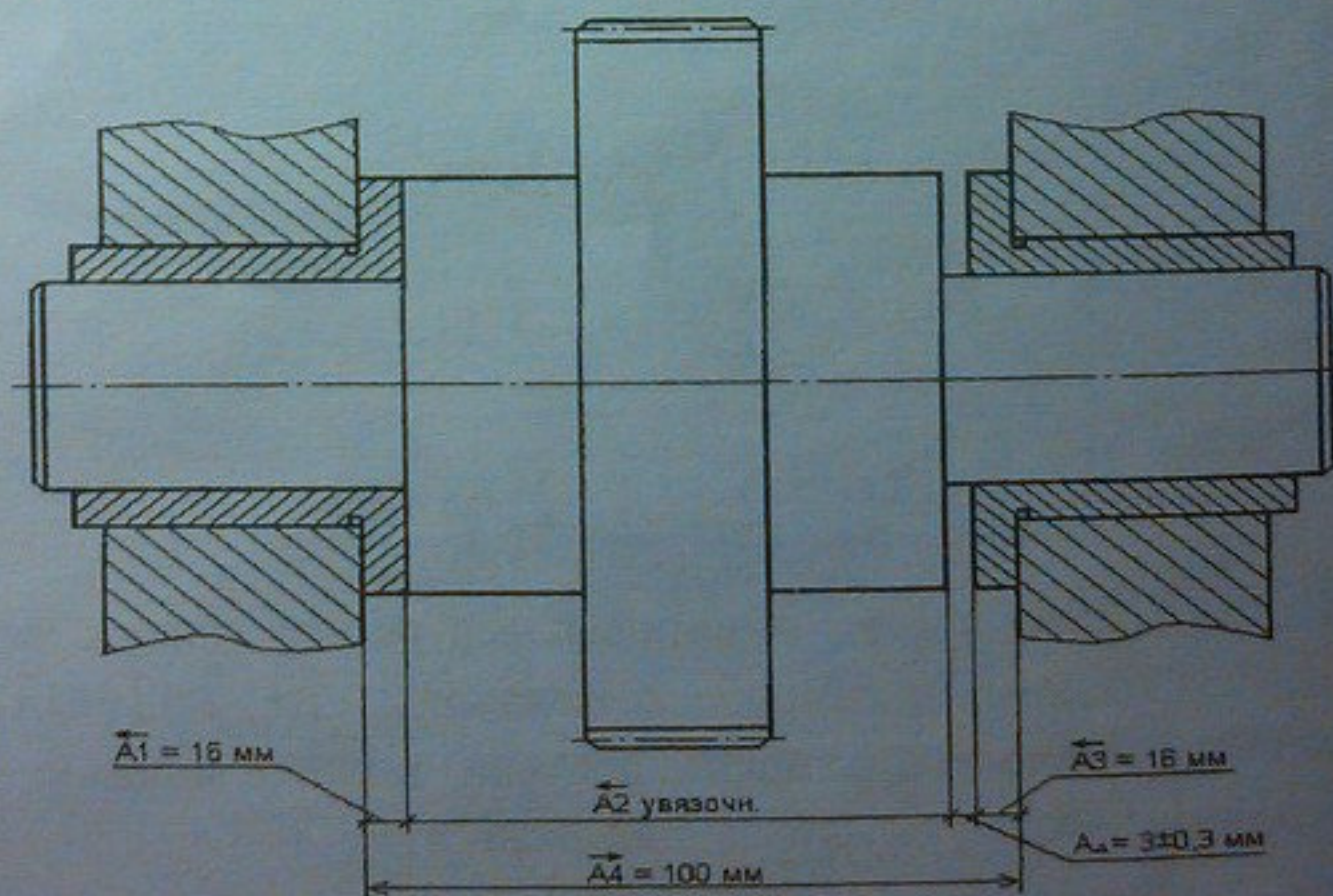


Рис. 5. Сборочная размерная цепь

Согласно принципу построения системы допусков и посадок, для типовых соединений деталей машин одному качеству соответствует постоянное количество единиц допусков: $k = \text{const}$ (табл. 16), которое определяет точность размера. Величину допуска рассчитывают по формуле

$$TA = ki, \quad (10)$$

где i является единицей допуска и для размеров от 1 до 500 мм определяется зависимостью

$$i = 0,45 \sqrt[3]{A} + 0,001A.$$

Значения единицы допуска

Таблица 16

Интервалы номинальных размеров, мм	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400
Значения i , мкм	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,90	3,23	3,54

Подставляя значение i в (10), получим:

$$TA_{\Delta} = k(\sum i \vec{A}_i + \sum i \overleftarrow{A}_j). \quad (11)$$

Для составляющих звеньев от 1 до 500 мм значение i можно выбрать из табл. 17:

$$iA_1 = iA_3 = 1,08 \text{ мкм}, \quad iA_4 = 2,51 \text{ мкм}, \quad iA_2 = 1,86 \text{ мкм}. \text{ Тогда}$$

$$k = \frac{TA_{\Delta}}{\sum iA_i + \sum iA_j} = \frac{600}{2,51 + (1,08 + 1,86 + 1,08)} = \frac{600}{6,53} \approx 93. \quad (12)$$

Ближайшее стандартное значение k соответствуют 11-му качеству JT11 ($k = 100$).

Таблица 17

Значения среднего коэффициента точности

Квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Количество единиц допуска	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000

Допуски этих размеров найдем из таблицы допусков (прил. 1):
 $TA_1 = TA_3 = 110$ мкм, $TA_4 = 220$ мкм.

Допуск «увязочного» звена определим из уравнения (2):
 $600 = 220 + (110 + TA + 110)$, $TA = 160$ мкм,

что точнее 11-го квалитета, но технологически легко достигается обычным точением.

Предельные отклонения составляющих звеньев, кроме «увязочного», рекомендуется назначать для охватывающих размеров как для основных отверстий: $EJ = 0$, $ES = +TA$; для охватываемых как для основных валов: $es = 0$, $ei = -TA$; для прочих размеров расположение поля допуска симметричное, т. е. $\pm TA/2$.

Так, для A_1 и A_3 $es = 0$, $ei = -110$ мкм; для A_4 $ES = +220$ мкм, $EJ = 0$.

Нижнее предельное отклонение «увязочного» звена $ei A_2$ определим из уравнения (3):

$$+300 = +220 - (-110 + ei A_2 - 110),$$

$$ei A_2 = +140 \text{ мкм.}$$

Верхнее предельное отклонение «увязочного» звена $es A_2$ определим из уравнения (4):

$$-300 = 0 - (0 + es A_2 - 0),$$

$$es A_2 = 300 \text{ мкм.}$$

Правильность решения подтверждает проверка:

$$TA_2 = es A_2 - ei A_2,$$

$$160 = +300 - (+140) = 160 \text{ мкм.}$$

Окончательные значения размеров запишем в табл. 18.

Таблица 18

Параметры звеньев размерной цепи

Параметры	A_1	A_2	A_3	A_4	A_Δ
A , мм	16	66	16	100	2
TA , мкм	110	160	110	220	600
ES , мкм	0	+300	0	+220	+300
EJ , мкм	-110	+140	-110	0	-300
Обозначения	$66_{-0,11}$	$66_{+0,14}^{+0,30}$	$16_{-0,11}$	$100^{+0,22}$	$2 \pm 0,3$

Выполненное расчетно-графическое задание в конце семестра сдается преподавателю для проверки. Задание, выполненное в полном объеме, представляется на защиту. Результаты защиты учитываются в рейтинге.