



**Министерство образования и науки,
молодежи и спорта Украины**

**Севастопольский национальный
технический университет**

НОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕХАНИЗМОВ

Методические указания

к выполнению курсовой работы по дисциплинам
«Взаимозаменяемость, стандартизация и
технические измерения»,
«Метрология, взаимозаменяемость,
технологические измерения и приборы»
для студентов машиностроительных
специальностей дневной и заочной форм обучения

**Севастополь
2012**



УДК 621-182.8

Нормирование и контроль точности типовых соединений механизмов. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплинам «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», «Метрология, взаимозаменяемость, технологические измерения и приборы» /Разраб. Н.А. Волошина, О.В. Филипович. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 56 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении курсовой работы по дисциплинам «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», «Метрология, взаимозаменяемость, технологические измерения и приборы».

Методические указания предназначены для студентов направлений 051201, 050202, 050502, 070106, 051003 дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автоматизированные приборные системы» 30 декабря 2011 г., протокол №5.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: С.П. Волков, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств».

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
1.1. Цель работы.....	4
1.2. Содержание курсовой работы	4
1.3. Оформление курсовой работы.....	4
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
2.1. Введение	5
2.2. Гладкие цилиндрические соединения.....	5
2.3. Расчет и выбор посадок подшипников качения	6
2.4. Расчет размеров и выбор конструкций предельных калибров	12
2.5. Выбор универсальных средств измерительной техники	14
2.6. Расчет размерных цепей.....	14
2.7. Взаимозаменяемость типовых соединений.....	24
2.8. Нормирование требований к шероховатости поверхностей	27
2.9. Нормирование требований к отклонениям формы и расположения поверхностей	28
2.10. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля зубчатых колес	30
2.11. Заключение	31
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ А	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	43

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1.1. Цель работы

Курсовая работа ставит своей целью закрепление знаний и привитие практических навыков студентам по дисциплинам «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» и «Метрология, взаимозаменяемость, технологические измерения и приборы», изучение принципов взаимозаменяемости деталей машиностроения в различных соединениях, а также справочной и нормативной литературы.

В ходе выполнения курсовой работы студент должен проявить:

- знание теоретических основ взаимозаменяемости, метрологии, стандартизации и технических измерений;
- умение производить расчет и выбор стандартных допусков и посадок для всех типов соединений и деталей узлов;
- умение использовать Единую систему конструкторской документации (ЕСКД) и другие действующие нормативные документы (ДСТУ, ГОСТ, РМГ); производить расчеты в единицах СИ;
- умение грамотно оформить чертежи узлов и деталей согласно современным требованиям.

1.2. Содержание курсовой работы

Курсовая работа должна состоять из графической части общим объемом не менее одного листа формата А1 и пояснительной записки из 25...30 страниц формата А4.

Для выполнения курсовой работы выдается индивидуальное задание и сборочный чертеж узла. Вариант и исходные данные определяются по двум последним цифрам зачетной книжки студента. В задании указаны содержание и последовательность выполнения работ.

1.3. Оформление курсовой работы

Пояснительная записка содержит:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- содержание;
- введение;
- нормирование точности гладких цилиндрических соединений;
- расчет и выбор посадок подшипников качения;
- расчет размеров и выбор конструкций гладких предельных калибров;
- выбор универсальных средств измерений;
- расчет размерной цепи;
- схемы расположения полей допусков типовых соединений;
- нормирование требований к шероховатости поверхностей;
- нормирование требований к форме и расположению поверхностей;
- нормирование точности зубчатых колес;
- заключение;
- библиографический список.

Пояснительная записка оформляется на бумаге формата А4 (210×297), на одной стороне листа с соблюдением требований к текстовым документам, установленным ГОСТ 2.105 – 95 – ЕСКД. Общие требования к текстовым документам и ГОСТ 2.106 – 96 – ЕСКД. Текстовые документы.

При выполнении пояснительной записки с применением ЭВМ используют следующие параметры: левое поле – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, гарнитура шрифта – Times New Roman, размер символов – 14 pt, междустрочный интервал – 1,5 строки, обязательная нумерация страниц. Титульный лист считается первой страницей и номер на нем не ставится. Пример оформления титульного листа приведен в приложении А. Задание к курсовой работе состоит из двух листов, его текстовая часть приведена в приложении Б.

В библиографическом списке указывается автор, название, издательство, год издания и объем в страницах. Требования к его оформлению изложены в ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 – «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Графическая часть работы выполняется на листах стандартных форматов в соответствии с требованиями ЕСКД и содержит:

- сборочный чертеж узла, выполненный на листе формата А2 (594×841) с указанием номинальных значений и буквенных обозначений назначенных посадок, номинальные значения линейных размеров выбираются из рядов предпочтительных чисел (ГОСТ 6636 – 69);

- рабочие чертежи деталей, номера которых выбираются студентом согласно варианта задания на сборочном чертеже или преподавателем, выполненные на листах формата А3 (297×420) или А4 (210×297), требования к геометрическим параметрам указываются согласно ГОСТ 2.307 – 68, ГОСТ 2.308 – 79, ГОСТ 2.309 – 73, ДСТУ ISO 2768 – 1 – 2001, ДСТУ ISO 2768 – 2 – 2001.

Примеры оформления чертежей графической части курсовой работы приведены в приложении В.

Проверенная курсовая работа защищается студентом. Если работа содержит принципиальные ошибки, она должна быть исправлена и сдана для повторной проверки. Ошибки в пояснительной записке исправляются и записываются на обратной стороне предыдущего листа, а ошибки в графической части – рядом с исправляемым местом.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1. Введение

Кратко (1...2 с.) раскрыть роль взаимозаменяемости, технических измерений и стандартизации в повышении качества машин, приборов, других изделий и экономичности их производства. Определить цель и задачи выполнения курсовой работы.

2.2. Гладкие цилиндрические соединения

Основные понятия и нормы точности для гладких элементов деталей устанавливает ДСТУ 2500 – 94 [8], ДСТУ ISO 286 – 1 – 2002 [11], ДСТУ ISO 286 – 2 – 2002 [12].

Для заданных посадок гладких цилиндрических соединений построить схемы полей допусков, определить, используя таблицы Г.1, Г.2, и Г.3 в приложении Г:

- предельные отклонения (es, ei, ES, EI);
- предельные значения зазоров (натягов) ($S_{min}, S_{max}, N_{min}, N_{max}$);
- предельные размеры деталей ($d_{max}, d_{min}, D_{max}, D_{min}$);
- допуски (Td, TD);
- систему (отверстия, вала).

Привести примеры применения заданных посадок [1,2,5].

2.3. Расчет и выбор посадок подшипников качения

Подшипник качения – универсальный узел механизма, являющийся опорой для вращающихся частей механизмов и машин. Общий вид шарикового радиального однорядного подшипника качения показан на рисунке 1.

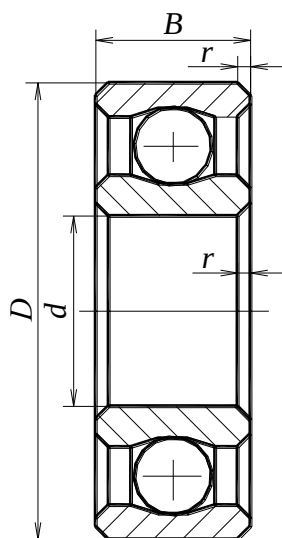


Рисунок 1 – Присоединительные размеры подшипников качения

Соединения подшипников качения с валами (осями) и корпусами осуществляется в соответствии с ГОСТ 3325 – 85 [14]. Диаметры наружного кольца D и внутреннего кольца d приняты соответственно за диаметры основного вала и основного отверстия. Следовательно, посадки наружного кольца с корпусом осуществляется по системе вала, а посадки внутреннего кольца с валом по системе отверстия.

При выполнении курсовой работы рекомендуется использовать подшипники качения 0, 6 класса точности средней серии.

Исходя из условий работы подшипников качения (см. сборочный чертеж узла), направления и характера, действующих на подшипник нагрузок устанавливается вид нагружения внутреннего и наружного колец.

В конструкциях узлов заданий использованы следующие виды нагружения колец:

1. Местное нагружение. Обычно используется для неподвижных колец в нормальном режиме работы. Следует предпочесть поле допуска детали, обеспечивающего посадку данного кольца с наименьшим зазором, например, $h6$ или $H7$. В курсовой работе данная посадка аналитически не рассчитывается.

2. Циркуляционное нагружение. Обычно используется для подвижных колец с

небольшим натягом посадочной поверхности. Выбор конкретного поля допуска детали производится по величине интенсивности радиальной нагрузки, определяемой соотношением

$$P_R = \frac{F_r}{b} k_1 k_2 k_3, \text{ Н/м},$$

где F_r – радиальная реакция опоры на подшипники, кН. Значение выбрать согласно варианту; b – рабочая ширина посадочного места, м; $b = B - 2r$, B – ширина подшипника, м; r – ширина фаски кольца подшипника, м; k_1 – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки (при умеренных толчках и ударах $k_1=1$; при сильных – $k_1=1,8$); k_2 – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе (таблица 1), при сплошном вале $k_2=1$; k_3 – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки F_r между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипников или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки F_A на опору. Значение k_3 , зависящее от $\frac{F_A}{F_r} \operatorname{ctg} \beta$, приведено в таблице 2 (угол β – угол кон-

такта тел качения с дорожкой качения наружного кольца зависит от конструкции подшипника). Для однорядных радиальных и радиально-упорных подшипников $k_3=1$.

По найденному значению находят поле допуска детали из таблицы 3 и таблицы 4 (см. примечание к таблицам 3 и 4).

Таблица 1 – Коэффициент, учитывающий ослабление посадочного натяга k_2

$d_{\text{отв}}/d$ или $D/D_{\text{корп}}$		Значение коэффициента k_2			
		Для вала			Для корпуса
Свыше	до	$D/d < 1,5$	$D/d = 1,5 \dots 2$	$D/d > 2 \dots 3$	для всех подшипников
-	0,4	1	1	1	1
0,4	0,7	1,2	1,4	1,6	1,1
0,7	0,8	1,5	1,7	2	1,4
0,8	-	2	2,3	3	1,8

Примечание: d , D – соответственно диаметры отверстия и наружной поверхности подшипника; $d_{\text{отв}}$ – отверстия полого вала; $D_{\text{корп}}$ – диаметр наружной поверхности тонкостенного корпуса.

Таблица 2 – Коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки k_3

$\frac{F_A}{F_r} \operatorname{ctg} \beta$		k_3
Свыше	До	
-	0,2	1
0,2	0,4	1,2
0,4	0,6	1,4
0,6	1,0	1,6
1,0	-	2

Таблица 3 – Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях валов

Диаметр d внутреннего кольца под- шипника, мм		Допустимое значение P_R , кН/м			
		Поля допусков для валов			
Свыше	До	<i>js5, js6</i>	<i>k5, k6</i>	<i>m5, m6</i>	<i>n5, n6</i>
18	80	до 300	300...1400	1400...1600	1600...8000
80	180	до 600	600...2000	2000...2500	2500...4000
180	360	до 700	700...3000	3000...3500	3500...6000
360	630	до 900	900...3400	3500...5400	5400...8000

Таблица 4 – Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях корпусов

Диаметр D наружного кольца под- шипника, мм		Допустимое значение P_R , кН/м			
		Поля допусков для корпусов			
Свыше	до	<i>K6, K7</i>	<i>M6, M7</i>	<i>N6, N7</i>	<i>P7</i>
50	180	до 800	800...1000	1000...1300	1300...2500
180	360	до 1000	1000...1500	1500...2000	2000...3300
360	630	до 1200	1200...2000	2000...2600	2600...4000
630	1600	до 1600	1600...2500	2500...3500	3500...5500

Примечание к таблицам 3 и 4: Если циркуляционно нагружено внутреннее кольцо подшипника, то посадку на вал определяют по таблице 3 в зависимости от рассчитанной интенсивности нагрузки. Посадка наружного кольца в корпус в данном случае назначают по **H7** или **G7**. Если циркуляционно нагружено наружное подшипника, то посадку в корпус выбирают по таблице 4 в зависимости от рассчитанной интенсивности нагрузки. Посадку внутреннего кольца на вал в данном случае назначают по **h6** или **g6**.

Требования точности, предъявляемые ГОСТ 3325 – 85 [14] к посадочным поверхностям валов и корпусов, имеют целью ограничить деформацию дорожек качения и перекос колец подшипников, которые возникают из-за погрешностей формы и расположения посадочных поверхностей валов и корпусов. При назначении допусков расположения посадочных поверхностей вала и корпуса за основу принимают допустимый угол взаимного перекоса колец подшипников θ_{max} (таблица 5).

Таблица 5 – Допустимые углы взаимного перекоса колец подшипников качения и допуски расположения посадочных поверхностей вала и корпуса в подшипниковых узлах различных типов

Тип подшипника	Допустимые углы взаимного перекоса колец подшипников	Допустимый угол взаимного перекоса колец от погрешностей обработки			Допуск соосности, мкм, посадочной поверхности длиной $B = 10$ мм в диаметральной выразении	
		общий	вала	корпуса	вала	корпуса
Радиальные однорядные шариковые	8'	4'	1' 20''	2' 40''	4,0	8,0
	12'	6'	2'	4'	6,0	12,0
	16'	8'	2' 40''	5' 20''	8,0	16,0
Радиально-упорные шариковые	6'	3'	1'	2'	3,0	6,0
	5'	2' 30''	50''	1' 40''	2,4	4,8
	4'	2'	40''	1' 20''	2,0	4,0
Упорные шариковые	2'	1'	20''	40''	1,0	2,0
Радиальные с цилиндрическими роликами	2'	1'	20''	40''	1,0	2,0
Конические	2'	1'	20''	40''	1,0	2,0
Упорные роликовые	1'	30''	10''	20''	0,5	1,0
Игольчатые роликовые	1'	30''	10''	20''	0,5	1,0
Шариковые радиальные сферические двухрядные	4°	6'	2'	4'	6,0	12,0
Роликовые радиальные сферические однорядные	3°	6'	2'	4'	6,0	12,0
Роликовые радиальные сферические двухрядные	2°	6'	2'	4'	6,0	12,0

Допуск торцевого биения опорных торцевых поверхностей заплечиков валов и отверстий корпусов должны соответствовать значениям, указанным в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Значения допусков торцевого биения заплечиков валов

Интервалы номинальных диаметров d , мм	Допуски торцевого биения заплечиков валов, мкм, не более				
	Классы точности подшипников				
	0	6	5	4	2
От 1 до 3	10	6	3	2	1,2
Св. 3 до 6	12	8	4	2,5	1,5
» 6 » 10	15	9	4	2,5	1,5
» 10 » 18	18	11	5	3	2
» 18 » 30	21	13	6	4	2,5
» 30 » 50	25	16	7	4	2,5
» 50 » 80	30	19	8	5	3
» 80 » 120	35	22	10	6	4
» 120 » 180	40	25	12	8	5
» 180 » 250	46	29	14	10	7

Таблица 7 – Значения допусков торцевого биения заплечиков отверстий корпусов

Интервалы номинальных диаметров D , мм	Допуски торцевого биения заплечиков отверстий корпусов, мкм, не более				
	Классы точности подшипников				
	0	6	5	4	2
От 3 до 6	18	12	5	4	2,5
Св. 6 » 10	22	15	6	4	2,5
» 10 » 18	27	18	8	5	3
» 18 » 30	33	21	9	6	4
» 30 » 50	39	25	11	7	4
» 50 » 80	46	30	13	8	5
» 80 » 120	54	35	15	10	6
» 120 » 180	63	40	18	12	8
» 180 » 250	72	46	20	14	10
» 250 » 315	81	52	23	16	12
» 315 » 400	89	57	25	30	13

Числовые значения допусков круглости и профиля продольного сечения посадочных мест валов и корпусов выбираются из таблицы 8 и таблицы 9. Параметры шероховатости посадочных поверхностей под подшипник на валах и в корпусах, а также опорных торцов заплечиков выбираются из таблицы 10.

Таблица 8 – Значения допусков формы посадочных поверхностей валов

Интервалы номинальных диаметров <i>d</i> , мм	Допуски формы посадочных поверхностей валов (осей), мкм, не более											
	Допуск круглости			Допуск профиля продольного сечения			Допуск непостоянства диаметра					
							В поперечном сечении			В продольном сечении		
	Классы точности подшипников											
	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2
От 0,6 до 2,5	1,5	0,7	0,4	1,5	0,7	0,4	3	1,4	0,8	3	1,4	0,8
Св. 2,5 » 3	1,5	0,7	0,4	1,5	0,7	0,4	3	1,4	0,8	3	1,4	0,8
» 3 » 6	2,0	0,8	0,5	2,0	0,8	0,5	4	1,6	1,0	4	1,6	1,0
» 6 » 10	2,5	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	5	2,0	1,0	5	2,0	1,0
» 10 » 18	3,0	1,3	0,6	3,0	1,3	0,6	6	2,6	1,2	6	2,6	1,2
» 18 » 30	3,5	1,5	0,8	3,5	1,5	0,8	7	3,0	1,6	7	3,0	1,6
» 30 » 50	4,0	2,0	1,0	4,0	2,0	1,0	8	4,0	2,0	8	4,0	2,0
» 50 » 80	5,0	2,0	1,0	5,0	2,0	1,0	10	4,0	2,0	10	4,0	2,0
» 80 » 120	6,0	2,5	1,2	6,0	2,5	1,2	12	5,0	2,4	12	5,0	2,4
»120 » 180	6,0	3,0	1,5	6,0	3,0	1,5	12	6,0	3,0	12	6,0	3,0
»180 » 250	7,0	3,5	1,7	7,0	3,5	1,7	14	7,0	3,4	14	7,0	3,4

Таблица 9 – Значения допусков формы посадочных поверхностей отверстий корпусов

Интервалы номинальных диаметров D , мм	Допуски формы посадочных поверхностей отверстий корпусов, мкм, не более											
	Допуск круглости			Допуск профиля продольного сечения			Допуск непостоянства диаметра					
							в поперечном сечении			в продольном сечении		
	Классы точности подшипников											
	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2
От 2,5 до 3	2,5	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	5	2,0	1,0	5	2,0	1,0
Св. 3 » 6	3,0	1,3	0,6	3,0	1,3	0,6	6	2,6	1,2	6	2,6	1,2
» 6 » 10	4,0	1,5	0,8	4,0	1,5	0,8	8	3,0	1,6	8	3,0	1,6
» 10 » 18	4,5	2,0	1,0	4,5	2,0	1,0	9	4,0	2,0	9	4,0	2,0
» 18 » 30	5,0	2,0	1,0	5,0	2,0	1,0	10	4,0	2,0	10	4,0	2,0
» 30 » 50	6,0	2,5	1,4	6,0	2,5	1,4	12	5,0	2,8	12	5,0	2,8
» 50 » 80	7,5	3,0	1,6	7,5	3,0	1,6	15	6,0	3,2	15	6,0	3,2
» 80 » 120	9,0	3,5	2,0	9,0	3,5	2,0	18	7,0	4,0	18	7,0	4,0
» 12 » 180	10	4,0	2,2	10	4,0	2,2	20	8,0	4,4	20	8,0	4,4
» 18 » 250	11,5	5,0	2,5	11,5	5,0	2,5	23	10	5,0	23	10	5,0

Таблица 10 – Параметры шероховатости Ra и Rz посадочных поверхностей под подшипники

Посадочные поверхности	Классы точности подшипников	Предельные отклонения, мкм, не более, для номинальных диаметров подшипников			
		до 80 мм	св. 80 до 500 мм	св. 500 до 2500 мм	
		Ra			Rz
валов	0	1,25	2,5	5,0	20,0
	6 и 5	0,63	1,25	2,5	
	4	0,32	0,63	-	-
	2	0,16	0,32	-	-
отверстий корпусов	0	1,25	2,5	5,0	20,0
	6, 5 и 4	0,63	1,25	2,5	-
	2	0,32	0,63	-	-
опорных торцов заплечиков валов и корпусов	0	2,5	2,5	5,0	20,0
	6,5 и 4	1,25	1,25	5,0	20,0
	2	0,63	0,63	-	-

Примеры указаний требований к точности геометрических параметров посадочных поверхностей валов и корпусов показаны на рисунке 2.

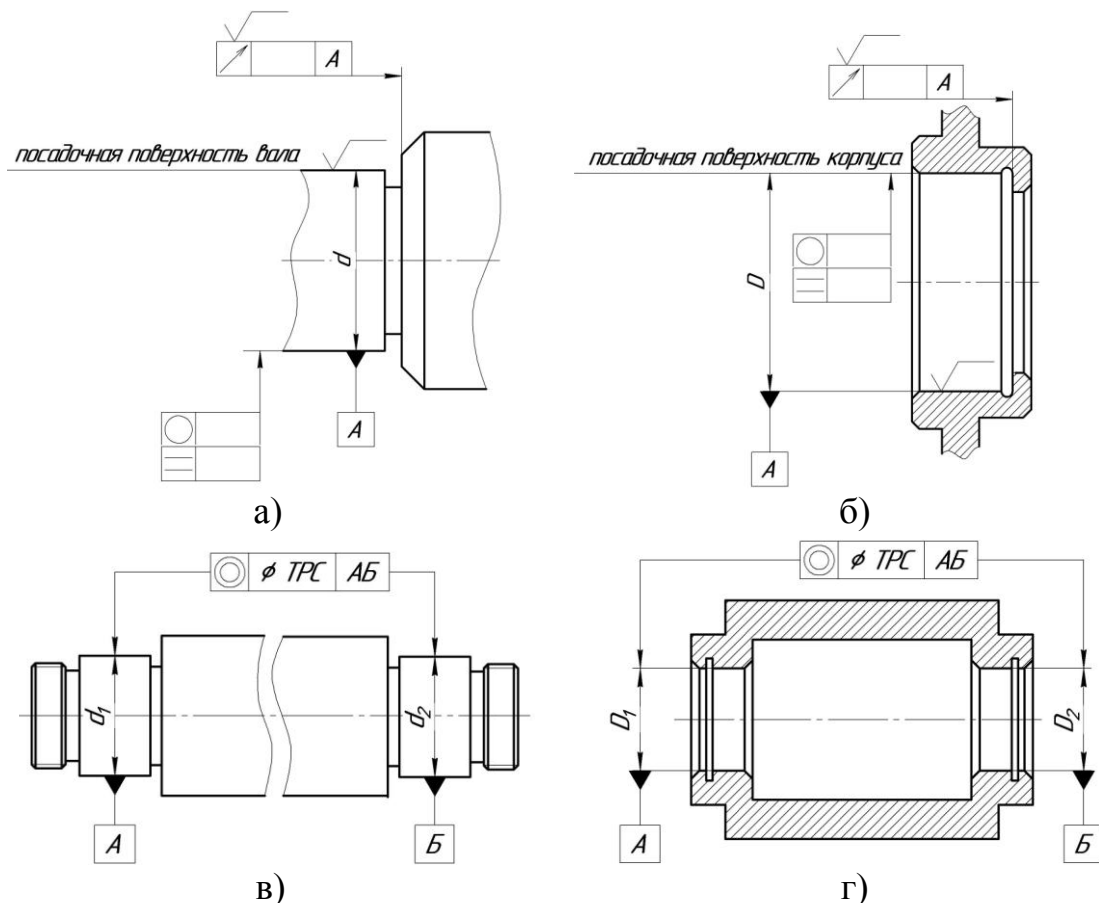


Рисунок 2 – Требования к точности геометрических параметров посадочных поверхностей валов (а), корпусов (б), допуски соосности посадочных поверхностей валов (в) и корпусов (г)

2.4. Расчет размеров и выбор конструкций предельных калибров

Предельные калибры служат для контроля размеров деталей, распределяя их на группы: годные, брак вследствие перехода за верхнюю границу допуска и брак вследствие перехода за нижнюю границу. Основные термины и определения устанавливает ДСТУ 2234 – 93 [15]. Для контроля валов используются главным образом калибры-скобы, а для контроля отверстий – калибры-пробки.

Калибры имеют следующие обозначения:

P–ПР – калибр-пробка гладкий проходной;

P–НЕ – калибр-пробка гладкий непроходной;

S–ПР – калибр-скоба гладкий проходной;

S–НЕ – калибр-скоба гладкий непроходной;

K–ПР – калибр-пробка гладкий контрольный проходной для проходного нового гладкого калибра-скобы;

K–НЕ – калибр-пробка гладкий контрольный непроходной для нового гладкого непроходного калибра-скобы;

K–И – калибр-пробка гладкий контрольный для контроля износа гладкого предельного калибра-скобы.

Задача по расчету и выбору конструкции калибров состоит из следующих этапов:

1. Найти размеры контролируемых деталей с указанием их предельных отклонений.
2. Допуски калибров определить по ГОСТ 24853 – 81 [16]. Построить схемы рас-

положения полей допусков калибров для каждой контролируемой детали (пример приведен на рисунке 3) по данным таблицы 11 и таблиц Г.1...Г.4 в приложении Г.

3. Рассчитать исполнительные размеры рабочих калибров и контрольных калибров по формулам, указанным в таблице 11. При расчете руководствоваться ГОСТ 21401 – 75 [17].

4. Выполнить эскизы калибров на листах формата А4 в пояснительной записке (одного калибра-пробки, одного калибра-скобы). Размеры и конструкции калибров выбрать в зависимости от номинального значения контролируемого размера согласно действующих стандартов [19...27]. Примеры эскизов калибров приведены на рисунке 4.

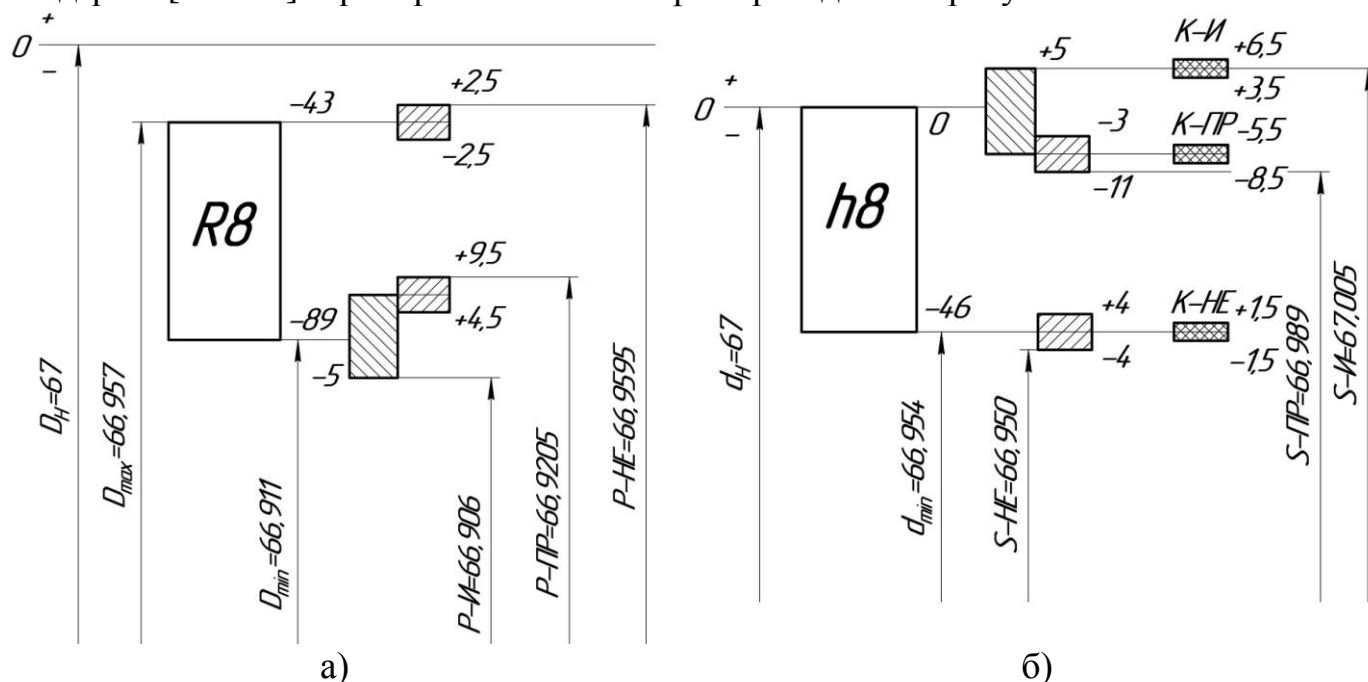


Рисунок 3 – Схемы расположения полей допусков калибров:
а) калибра-пробки; б) калибра-скобы

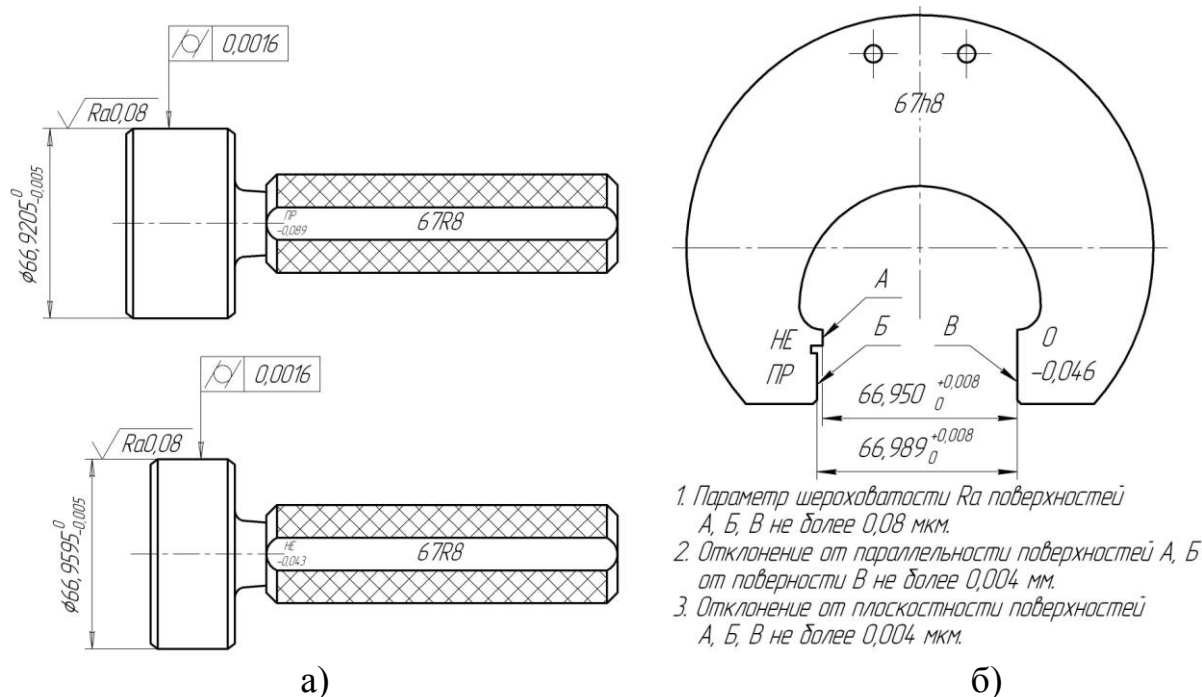


Рисунок 4 – Эскизы калибров:
а) калибра-пробки; б) калибра-скобы

Таблица 11 – Формулы для определения размеров калибров до 180 мм

Калибр		Рабочий калибр			Контрольный калибр		
		Размер	Допуск	Отклонения	Размер	Допуск	Отклонения
Пробка	Проходная сторона новая $ПР$	$D_{\min} + Z + \frac{H}{2}$	$\pm H$	$-H$	-	-	-
	Проходная сторона изношенная $ПР_{изн}$	$D_{\min} - Y$	-	-	-	-	-
	Непроходная сторона $НЕ$	$D_{\max} + \frac{H}{2}$	$\pm H; \pm H_s$	$-H; -H_s$	-	-	-
Скоба	Проходная сторона новая $ПР$	$d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}$	$\pm H_1$	$+H_1$	$d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}$	$\pm H_p$	$-H_p$
	Проходная сторона изношенная $ПР_{изн}$	$d_{\max} + Y_1$	-	-	$d_{\max} + Y_1$	$\pm H_p$	$-H_p$
	Непроходная сторона $НЕ$	$d_{\min} - \frac{H_1}{2}$	$\pm H_1$	$+H_1$	$d_{\min} - \frac{H_1}{2}$	$\pm H_p$	$-H_p$

2.5. Выбор универсальных средств измерительной техники

Для проведения измерений с погрешностями, не превышающими допускаемые значения по ГОСТ 8.051 – 81 [28] необходимо иметь сведения о значениях погрешностей средств измерительной техники (СИТ) [29].

Для упрощения процесса выбора конкретных средств измерительной техники в таблицах Г.5, Г.6, Г.7 приложения Г указаны диапазоны номинальных размеров, качества, в виде дроби – допускаемые погрешности измерения (числитель) и допуски на изготовление (знаменатель). Номера и буквами указаны измерительные средства и варианты их использования, при которых погрешность измерений не превышает допускаемые значения. Номенклатура СИТ для измерения наружных и внутренних размеров приведена в таблицах Г.8, Г.9 приложения Г.

Для индивидуального и серийного производства выбрать универсальные средства измерения для деталей, указанных в индивидуальном задании. Дать схемы выбранных средств, описать их устройство, принцип действия, условия и методику проведения измерений, привести их технические характеристики [6,7].

2.6. Расчет размерных цепей

Взаимосвязь размеров элементов детали или отдельных деталей, входящих в конструкцию узла или всего механизма, составляет размерную цепь. Размерной цепью называется совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

В данной задаче рассматривается проектировочный расчет, где необходимо определить допуски и предельные отклонения составляющих звеньев A_j цепи по заданному замыкающему звену A_0 (см. сборочный чертеж), его предельным отклоне-

ниям (см. исходные данные) и номинальным размерам соответствующих звеньев A_j , которые необходимо выбрать из этого чертежа с учетом масштаба.

Решение такой задачи *методом полной взаимозаменяемости* (способом назначения допусков одного качества) состоит из следующих этапов [1,2,4,5]:

1. Выявить размерную цепь, составить ее схему на вычерченном сборочном чертеже и отдельно в пояснительной записке.

2. Найти увеличивающие $A_{j_{ув}}$ и уменьшающие $A_{j_{ум}}$, составляющие звенья размерной цепи, обеспечив выполнение условия

$$A_0 = \sum_{j=1}^n A_{j_{ув}} - \sum_{n+1}^{n+p} A_{j_{ум}}.$$

3. Определить среднее количество единиц допуска (коэффициента степени точности):

$$k_{cp} = \frac{TA_0 - \sum_{j=1}^q TA_{j_{cm}}}{\sum_{j=1}^{m-q-1} i_j},$$

где TA_0 – допуск замыкающего звена; $\sum_{j=1}^q TA_{j_{cm}}$ – суммарный допуск стандартных из-

делий, например, подшипников качения, которые входят в состав данной размерной цепи, мкм; i_j – значение единицы допуска каждого j -го составляющего звена, мкм.

В сумме, находящейся в знаменателе, не учитываются единицы допуска стандартных деталей. Значение единиц допуска определяется по таблице Г.1 в приложении Г. Полученное в результате расчета количество единиц допуска k_{cp} округляют до ближайшего стандартного значения и выбирают качество (таблица 12).

Таблица 12 – Число единиц допуска k

Квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
k	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

4. Определить допуски составляющих звеньев TA_j по выбранному качеству точности и номинальным размерам соответствующих звеньев A_j , используя данные таблицы Г.1 в приложении Г.

При нахождении допусков составляющих звеньев TA_j допускались упрощения расчетов, что могло привести к неравенству:

$$TA_0 \neq \sum_{j=1}^{m-1} TA_j,$$

поэтому, одно из составляющих звеньев необходимо принять за компенсирующее и определить величину его допуска по формуле

$$TA_k = TA_0 - \sum_{j=1}^{m-2} TA_j, j \neq k.$$

5. Назначить предельные отклонения составляющих звеньев (кроме компенсирующего) с учетом классификации линейных размеров на увеличивающие ($A_{j_{ув}}$) и

уменьшающие ($A_{j_{ym}}$). Допуски увеличивающих звеньев $A_{j_{yв}}$ принимают со знаком «плюс», а допуски уменьшающих звеньев $A_{j_{ym}}$ – со знаком «минус».

6. Верхнее и нижнее предельные отклонения компенсирующего звена определяются из уравнений

$$E_s A_0 = \sum_{j=1}^n E_s A_{j_{yв}} - \sum_{j=n+1}^{n+p} E_i A_{j_{ym}}; \quad (1)$$

$$E_i A_0 = \sum_{j=1}^n E_i A_{j_{yв}} - \sum_{j=n+1}^{n+p} E_s A_{j_{ym}}. \quad (2)$$

7. Проверить правильность решения задачи по формуле

$$TA_0 = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j. \quad (3)$$

Результаты расчетов записать в таблицу.

Пример. В редукторе (рисунок 5) величина зазора S должна быть в пределах 0,5...1,5 мм. Принимая номинальный размер зазора 1 мм, получаем $S = A_0 = 1 \pm 0,5$. Требуется назначить допуски и предельные отклонения на составляющие размеры при условии обеспечения полной взаимозаменяемости.

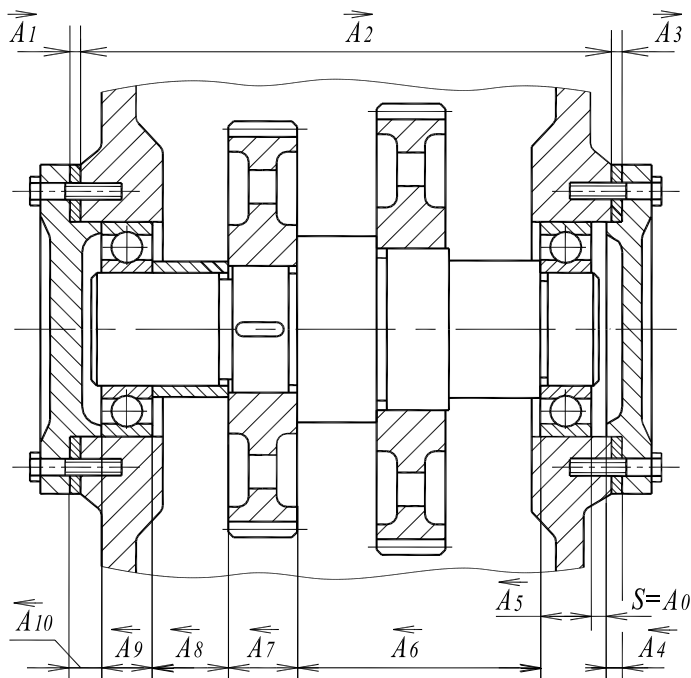


Рисунок 5 – Эскиз узла со схемой размерной цепи

Это проектировочная задача. Замыкающее звено S . Размер A_5 , так же как и A_9 , является шириной кольца подшипника и допускаемые отклонения его по ДСТУ ГОСТ 520:2003 равны $E_s = 0$, $E_i = -0,150$. Решение удобнее расположить в виде таблицы (таблица 13). При использовании способа назначения допусков одного качества определяем среднее количество единиц допуска k_{cp} :

$$k_{cp} = \frac{TA_0 - \sum_{j=1}^q TA_{j_{cm}}}{\sum_{j=1}^{m-q-1} i_j} = \frac{1000 - 300}{14,71} = 47,59 \approx 40 \text{ ед. допуска.}$$

Значение k_{cp} соответствует точности обработки 9-го качества (таблица 12).

В колонке 5 показаны допуски 9-го качества на составляющие звенья соответствующего номинального размера. Сумма допусков меньше допуска замыкающего звена на 113 мкм. Чтобы удовлетворялось уравнение (3), увеличим допуск на звено A_2 , принятое в качестве компенсирующего. Принятые значения допусков приведены в столбце 6.

Назначим отклонения всех составляющих звеньев, кроме размеров A_1 , A_2 и A_3 в «минус», так как они являются уменьшающими, размеры A_1 и A_3 в «плюс» (увеличивающие размеры), а размер A_2 может иметь отклонения любого знака. Отклонения A_2 можно определить из уравнений (1,2).

Таблица 13 – Решение проектировочной задачи методом полной взаимозаменяемости

№	A_j	тип	i_j , мкм	TA_j , мкм	TA_{jnp} , мкм	$E_s A_j, E_i A_j$
1	5	ув.	0,73	30	30	$5^{+0,030}_0$
2	448	ув.	3,89	155	268	$448^{-0,232}_{-0,500}$
3	5	ув.	0,73	30	30	$5^{+0,030}_0$
4	32	ум.	1,56	62	62	$32^0_{-0,062}$
5	31	ум.	—	150	150	$31^0_{-0,150}$
6	180	ум.	2,52	100	100	$180^0_{-0,100}$
7	80	ум.	1,86	74	74	$80^0_{-0,074}$
8	55	ум.	1,86	74	74	$55^0_{-0,074}$
9	31	ум.	—	150	150	$31^0_{-0,150}$
10	48	ум.	1,56	62	62	$48^0_{-0,062}$
Σ			14,71	887	1000	

Получим:

$$+500 = (E_s A_2 + 30 + 30) - (-62 - 150 - 100 - 74 - 74 - 150 - 62);$$

$$E_s A_2 = -232 \text{ мкм};$$

$$-500 = E_i A_2 + 0 - 0;$$

$$E_i A_2 = -500 \text{ мкм};$$

$TA_2 = E_s A_2 - E_i A_2 = 268 \text{ мкм}$, следовательно, расчет выполнен правильно.

Вероятностный метод расчета размерных цепей применяется обычно при серийном и массовом производстве деталей. Допуски составляющих звеньев при вероятностном методе по сравнению с методом полной взаимозаменяемости получаются значительно большими при незначительной вероятности несоблюдения предельных значений замыкающего звена, что снижает стоимость изготовления деталей.

При вероятностном методе используются данные о законах распределения элементов цепи и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев в одной сборке. Наиболее часто применяются в технических приложениях следующие теоретические законы распределения размеров: закон Гаусса (нормальный), за-

кон равной вероятности (равномерный), закон равнобедренного треугольника (Симпсона). Графическое представление и параметры указанных законов приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Законы распределения

Тип распределения	Графическое представление	Плотность распределения, параметры
Нормальное		$f(A_j) = \frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(A_j - \bar{A}_j)^2}{2\sigma_j^2}},$ $\bar{A}_j - \text{математическое ожидание,}$ $\sigma_j - \text{среднеквадратическое}$ $\text{отклонение, } \sigma_j = \frac{TA_j}{6},$ $\omega_j = \pm 3\sigma_j - \text{поле рассеяния.}$
Равномерное		$f(A_j) = \begin{cases} \frac{1}{\omega_j}, & A_j \in [A_{j\min}, A_{j\max}]; \\ 0, & A_j \notin [A_{j\min}, A_{j\max}]. \end{cases}$ $\sigma_j = \frac{TA_j}{2\sqrt{3}}.$
Симпсона		$f(A_j) = \begin{cases} \frac{2}{\omega_j} \left(1 - \frac{ A_{j\max} + A_{j\min} - 2A_j }{\omega_j} \right), & A_j \in [-A_{j\min}, A_{j\max}]; \\ 0, & A_j \notin [-A_{j\min}, A_{j\max}]. \end{cases}$ $\sigma_j = \frac{TA_j}{2\sqrt{6}}.$

Решение задачи теоретико-вероятностным методом (способом назначения допусков одного качества) состоит из следующих этапов [4].

1. Использовать выполненную в предыдущей задаче схему размерной цепи.
2. Использовать принятые $A_{j\text{ув}}$ и $A_{j\text{ум}}$.
3. Определить среднее количество единиц допуска при способе одной степени точности допусков составляющих звеньев по формуле:

$$k_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{\frac{TA_0^2}{t^2} - \sum_{j=1}^q TA_{j\text{см}} \lambda_j^2}{\sum_{j=1}^{m-q-1} i_j^2 \lambda_j^2}}, \quad (4)$$

где t – коэффициент принятого процента риска замыкающего звена; λ_j – коэффициент относительного рассеяния j -го звена, являющийся относительным средним квадратичным отклонением, определяемый выражением

$$\lambda_j = \frac{2\sigma_j}{TA_j},$$

в котором σ_j – среднеквадратичное отклонение размера j -го звена, TA_j – значение допуска j -го звена.

Рассеивание размеров замыкающего звена наиболее часто подчиняется нормальному закону распределения, при котором 99,73% размеров этого звена заключено в пределах поля допуска TA_0 . Таким образом, процент риска составляет при этом 0,27 и соответственно $t = 3$. Значение коэффициента t от процента риска P показано в таблице 15.

Таблица 15 – Значение коэффициента t при нормальном распределении размеров замыкающего звена для различных процентов риска P

$P, \%$	0,01	0,05	0,1	0,27	0,5	1	2	3	5	10	32
t	3,89	3,48	3,29	3	2,81	2,57	2,32	2,17	1,96	1,65	1

Коэффициент относительного рассеяния λ зависит от условий и масштаба производства, технологического процесса изготовления составляющих звеньев. Его значения определяют следующим образом:

- для закона нормального распределения $\lambda = \frac{1}{3} \approx 0,33$;

- для закона равной вероятности $\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,58$;

- для закона треугольника (Симпсона) $\lambda = \frac{1}{\sqrt{6}} \approx 0,41$.

Остальные значения параметров формулы (4) приведены в предыдущей задаче.

Примечание: для упрощения в курсовой работе принято, что α_0 и α_j (коэффициенты относительной асимметрии замыкающего звена и j -го составляющего звена ($j = 1, m-1$)) в расчетах не учитываются.

4. Выбор среднего качества точности составляющих звеньев цепи и их допусков и предельных отклонений (за исключением компенсирующего звена) произвести согласно решениям предыдущей задачи.

При этом сумма квадратов допусков составляющих размеров должна удовлетворять условию:

$$TA_0 = t \left(\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} TA_j^2 \lambda_j^2} \right). \quad (5)$$

Если это условие не соблюдается, то производим корректировку отклонений одного из размеров A_k , принятого за компенсирующий. Координата середины поля допуска компенсирующего звена $E_c A_k$ определяется из выражения

$$E_c A_0 = \sum_{j=1}^n E_c A_{j_{ув}} - \sum_{i=n+1}^{n+p} E_c A_{j_{ум}}, \quad (6)$$

в которое она входит в одну из сумм в левой части. Для размеров увеличивающих звеньев $E_c A_j = +TA_j / 2$, уменьшающих $E_c A_j = -TA_j / 2$.

Предельные отклонения компенсирующего звена:

$$E_s A_k = E_c A_k + \frac{TA_k}{2},$$

$$E_i A_k = E_c A_k - \frac{TA_k}{2}.$$

5. Проверку правильности решения задачи определить по формуле (5).

Пример. Для примера используем приведенную предыдущей задаче схему размерной цепи (рисунок 5) с такими же номинальным размером и отклонениями замыкающего звена. Процент риска выхода размеров замыкающего звена за предельные примем $P = 0,1$ (коэффициент t , принимаемый по данным таблицы 15, равен 3,29). Примем, что рассеяние размеров звеньев 2,4,5,6,7,8,9 близко к нормальному закону, звеньев 1,3 – к закону равной вероятности, звена 10 – к закону равнобедренного треугольника. Как и в предыдущей задаче, решение записывается в таблицу.

Таблица 16 – Решение проектировочной задачи теоретико-вероятностным методом

№	A_j	тип	λ_j	λ_j^2	i_j , мкм	i_j^2 , мкм ²	TA_j , мкм	TA_j^2 , мкм ²	$TA_{j_{np}}$, мкм	$E_s A_j, E_i A_j$
1	5	ув.	0,58	0,34	0,73	0,53	75	5625	75	$5^{+0,075}_0$
2	448	ув.	0,33	0,11	3,89	15,13	400	160000	754	$448^{-0,323}_{-1,077}$
3	5	ув.	0,58	0,34	0,73	0,53	75	5625	75	$5^{+0,075}_0$
4	32	ум.	0,33	0,11	1,56	2,43	160	25600	160	$32^0_{-0,160}$
5	31	ум.	0,33	0,11	—	—	150	22500	150	$31^0_{-0,150}$
6	180	ум.	0,33	0,11	2,52	6,35	250	62500	250	$180^0_{-0,250}$
7	80	ум.	0,33	0,11	1,86	3,46	190	36100	190	$80^0_{-0,190}$
8	55	ум.	0,33	0,11	1,86	3,46	190	36100	190	$55^0_{-0,190}$
9	31	ум.	0,33	0,11	—	—	150	22500	150	$31^0_{-0,150}$
10	48	ум.	0,41	0,17	1,56	2,43	160	25600	160	$48^0_{-0,160}$

Среднее количество единиц допуска определяем по формуле (4):

$$k_{cp} = \sqrt{\frac{1000^2 / 3,29^2 - 2 \cdot 150^2 \cdot 0,11}{2 \cdot 0,53 \cdot 0,34 + 15,13 \cdot 0,11 + 2,43 \cdot 0,11 + 6,35 \cdot 0,11 + 2 \cdot 3,46 \cdot 0,11 + 2,43 \cdot 0,17}} =$$

$$= 145,62 \text{ ед. допуска.}$$

Значение k_{cp} соответствует точности обработки между 11 и 12 квалитетами (таблица 12). Для назначения допусков составляющих звеньев примем точность, соответствующую 11 квалитету (100 ед. допуска).

Проверяя формулу (5), получаем

$$1000 \neq 720,$$

следовательно, допуск на какое-то звено необходимо увеличить. Выберем в качестве компенсирующего звено A_2 . Рассчитаем его допуск, используя формулу (5):

$$TA_2 = \frac{\sqrt{\left(\frac{TA_0}{t}\right)^2 - \sum_{j \neq 2} TA_j^2 \lambda_j^2}}{\lambda_2} = \frac{\sqrt{\left(\frac{1000}{3,29}\right)^2 - 30445,03}}{0,33} = 754 \text{ мкм.}$$

Назначим отклонения всех составляющих звеньев (кроме компенсирующего) так же, как и в предыдущей задаче. Для определения предельных отклонений размера A_2 вычислим координату середины его поля допуска из уравнения (6). Принимая во внимание, что, исходя из условий задачи, $E_c A_0 = 0$, получим

$$E_c A_2 = 0 - 2 \cdot \frac{75}{2} + \left(2 \cdot \frac{-160}{2} + 2 \cdot \frac{-150}{2} + \frac{-250}{2} + 2 \cdot \frac{-190}{2} \right) = -700 \text{ мкм.}$$

$$E_s A_2 = -700 + \frac{754}{2} = -323.$$

$$E_i A_2 = -700 - \frac{754}{2} = -1077.$$

Метод регулирования. Под этим методом понимают расчет размерных цепей, при котором требуемая точность исходного (замыкающего) звена достигается изменением (регулировкой) одного из звеньев, которое называется компенсационным. Роль компенсатора обычно выполняют специальные звенья конструкторского плана в виде прокладок, упоров, клиньев, регулировочных винтов и т.д. При этом остальные звенья размерной цепи обрабатываются со сравнительно большими допусками.

Расчет размерной цепи методом регулирования состоит из следующих этапов:

1. Определить номинальную величину компенсатора по формуле

$$A_0 = \sum_{j=1}^n A_{j \text{ } y\phi} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j \text{ } y\mu} \pm K. \quad (7)$$

Значение компенсатора K взять со знаком «плюс», если он является увеличивающим размером, и со знаком «минус» – в противоположном случае.

2. Определить предельные отклонения компенсатора E_i и E_s .

Если компенсатор является увеличивающим размером, то его предельные отклонения определяются по формулам

$$E_s A_0 = \sum_{j=1}^n E_s A_{j \text{ } y\phi} - \sum_{j=n+1}^{n+p} E_i A_{j \text{ } y\mu} + E_i(K); \quad (8)$$

$$E_i A_0 = \sum_{j=1}^n E_i A_{j \text{ } y\phi} - \sum_{j=n+1}^{n+p} E_s A_{j \text{ } y\mu} + E_s(K). \quad (9)$$

Если компенсатор является уменьшающим размером, то его предельные отклонения определяются по формулам

$$E_s A_0 = \sum_{j=1}^n E_s A_{j \text{ } y\phi} - E_s(K) - \sum_{j=n+1}^{n+p} E_i A_{j \text{ } y\mu}; \quad (10)$$

$$E_i A_0 = \sum_{j=1}^n E_i A_{j_{yв}} - E_i(K) - \sum_{j=n+1}^{n+p} E_s A_{j_{yм}}. \quad (11)$$

3. Определить возможное наибольшее расчетное отклонение, выходящее за пределы поля допуска исходного звена, подлежащее компенсации V_K

$$V_K \geq \sum_{j=1}^{m-2} TA_j - TA_0, \quad (12)$$

4. Считая, что набор состоит из одной постоянной прокладки с толщиной $s_{\text{пост}}$ и нескольких сменных, количество n которых зависит от действительных размеров деталей собираемого экземпляра изделия, определить $s_{\text{пост}}$, округляя в меньшую сторону величину $K_{\text{мин}}$.

5. Определить число сменных прокладок по формуле

$$n = (V_K / TA_0) + 1,$$

округляя его до ближайшего целого.

6. Определить толщину сменной прокладки s

$$s = V_K / n.$$

Толщина каждой сменной прокладки должна быть меньше допуска исходного размера, т.е. $s < TA_0$. В противном случае после установки прокладки может быть получен исходный размер, превышающий наибольшее допускаемое значение.

7. Проверить расчет компенсатора по неравенству:

$$s_{\text{пост}} + n \cdot s < K_{\text{макс}}.$$

Пример. Пример расчета цепи методом регулирования приведем для схемы и исходных данных, рассматриваемых в предыдущих задачах.

Наиболее часто применяемым видом компенсаторов служит набор прокладок, т.е. жесткий неподвижный компенсатор со ступенчатым регулированием размера. В качестве компенсатора здесь выберем правую прокладку – звено A_3 . В данной цепи K – увеличивающее звено.

Номинальную величину K определим по формуле (7)

$$1 = (448 + 5) - (32 + 31 + 180 + 80 + 55 + 31 + 48) + K.$$

Отсюда

$$K = 457 + 1 - 453 = 5 \text{ мм.}$$

Предположим, что детали, входящие в данный редуктор, имеют допуски на размеры 11-го качества. Определив величины допусков по ДСТУ 2500 – 94, поставим предельные отклонения увеличивающих звеньев в «плюс», а уменьшающих – в «минус».

Допускаемые отклонения размеров стандартных звеньев A_5 и A_9 назначим по ДСТУ ГОСТ 520:2003. Данные для расчета удобнее расположить в виде таблицы (таблица 17).

Подсчитаем величины, необходимые для расчета:

$$TA_0 = 1000 \text{ мкм}; \quad \sum_{j=1}^{m-2} TA_j = 1725 \text{ мкм.}$$

$$\sum_{j=1}^n E_s A_{j_{yв}} = +475 \text{ мкм}; \quad \sum_{j=1}^n E_i A_{j_{yв}} = 0;$$

$$\sum_{j=1}^p E_s A_{j, ym} = 0; \sum_{j=1}^p E_i A_{j, ym} = -1250 \text{ мкм.}$$

Определяем предельные отклонения $E_i(K)$ и $E_s(K)$ компенсатора. Для случая, когда K – увеличивающее звено, используя формулы (8), (9), получаем
 $+500 = 475 - (-1250) + E_i K$, откуда $E_i K = -1225$ мкм;
 $-500 = 0 - 0 + E_s K$, откуда $E_s K = -500$ мкм.

Таблица 17 – Расчет размерной цепи методом регулирования

№	A_i	тип	TA_i , мкм	$E_s A_i, E_i A_i$
1	5	ув.	75	$5^{+0,075}_0$
2	448	ув.	400	$448^{+0,400}_0$
3	5	ув., K	рассчитываются	
4	32	ум.	160	$32^0_{-0,160}$
5	31	ум.	150	$31^0_{-0,150}$
6	180	ум.	250	$180^0_{-0,250}$
7	80	ум.	190	$80^0_{-0,190}$
8	55	ум.	190	$55^0_{-0,190}$
9	31	ум.	150	$31^0_{-0,150}$
10	48	ум.	160	$48^0_{-0,160}$
Σ			1725	

Проверяем возможное наибольшее расчетное отклонение, выходящее за пределы поля допуска исходного звена, подлежащее компенсации $V_K = -500 - (-1225) = 725$ по формуле (12), получаем $725 = 1725 - 1000$. Следовательно, $K_{\max} = 4,5$ мм; $K_{\min} = 3,775$ мм.

Будем считать, что набор состоит из одной постоянной прокладки с толщиной $s_{\text{пост}}$ (равной с округлением в меньшую сторону величины $K_{\min}$) и нескольких сменных, количество n которых зависит от действительных размеров деталей собираемого экземпляра изделия. Принимаем $s_{\text{пост}} = 3,5$ мм за постоянную прокладку. Число сменных прокладок подсчитаем по формуле:

$$n = (V_K / TA_0) + 1 = 725/1000 + 1 = 1,725.$$

Округляя n до целого числа, получаем $n = 2$.

Подсчитаем толщину сменных прокладок:

$$s = V_K / n = 725/2 = 362,5 \text{ мкм.}$$

Толщина s округляется в сторону уменьшения, принимаем $s = 350 \text{ мкм} = 0,35$ мм. Проверяем расчет компенсатора по неравенству:

$$s_{\text{пост}} + n \cdot s = 3,5 + 2 \cdot 0,35 = 4,2 < K_{\max}.$$

Величину, равную

$$K_{\max} - (s_{\text{пост}} + n \cdot s) = 4,5 - 4,2 = 0,3 \text{ мм}$$

можно принять в качестве допуска на изготовление набора прокладок.

По итогам решения размерной цепи несколькими методами необходимо сопоставить результаты и сделать выводы.

2.7. Взаимозаменяемость типовых соединений

2.7.1. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля резьбовых соединений.

Резьбовым соединением называется соединение деталей с помощью резьбы, т.е. элементов деталей, имеющих один или несколько равномерно расположенных винтовых выступов резьбы постоянного сечения, образованных на боковой поверхности цилиндра или конуса. Основные термины и определения устанавливает ДСТУ 2497 – 94 [30].

При выполнении данного раздела курсовой работы необходимо изучить следующие вопросы:

- классификация резьб и эксплуатационные требования к ним;
- принцип обеспечения взаимозаменяемости цилиндрических резьб;
- система допусков и посадок метрических резьб;
- длина свинчивания;
- обозначение точности и посадок резьбы;
- методы и средства контроля геометрических параметров резьбы.

Для заданных резьбовых соединений с зазором и натягом определить номинальные размеры геометрических параметров резьбы (рисунок 6) по ГОСТ 9150 – 81 [31], ГОСТ 8724 – 2002 [32], ГОСТ 24705 – 2004 [33], ГОСТ 4608 – 81 [34], построить схемы полей допусков для резьбовых соединений с зазором и натягом по ГОСТ 16093 – 2004 [35], ГОСТ 4608 – 81 [34] (рисунки 7, 8), обосновать и выбрать методы и средства контроля элементов резьбового соединения для индивидуального и массового производства [1,3,7].

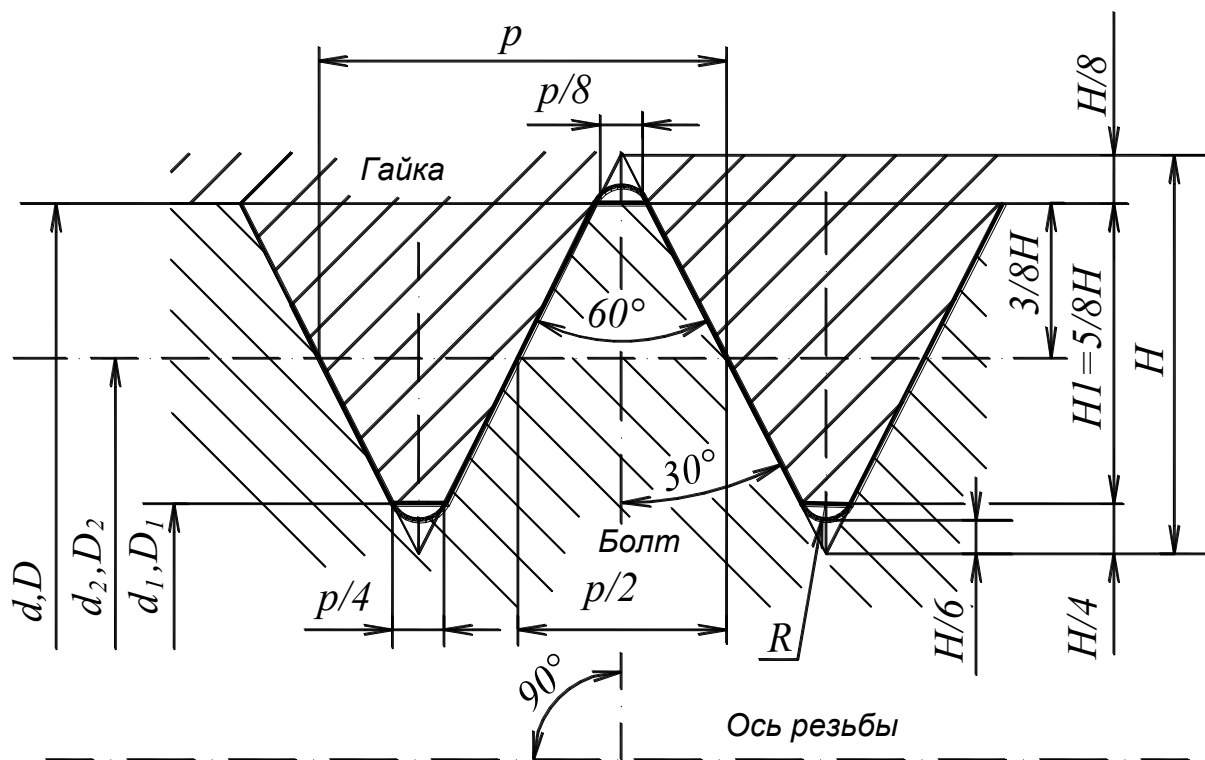


Рисунок 6 – Профиль метрической резьбы и ее основные параметры

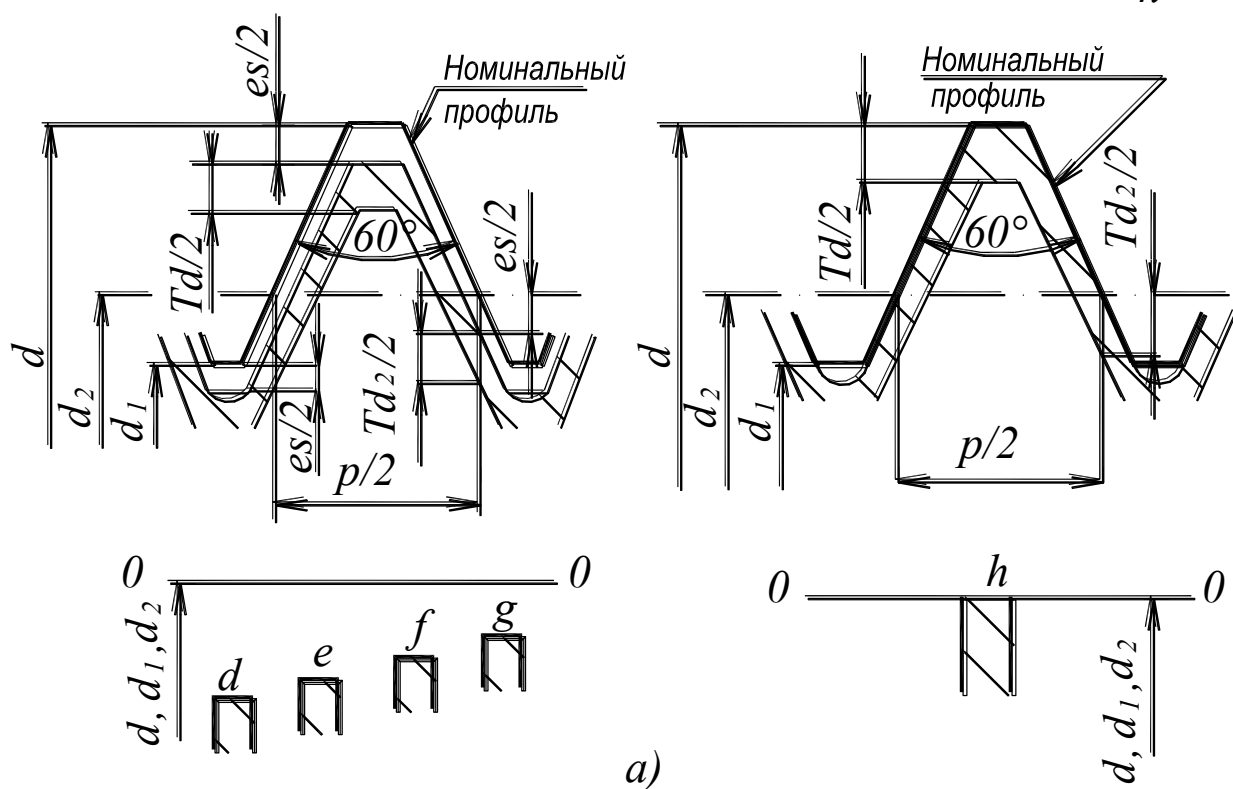
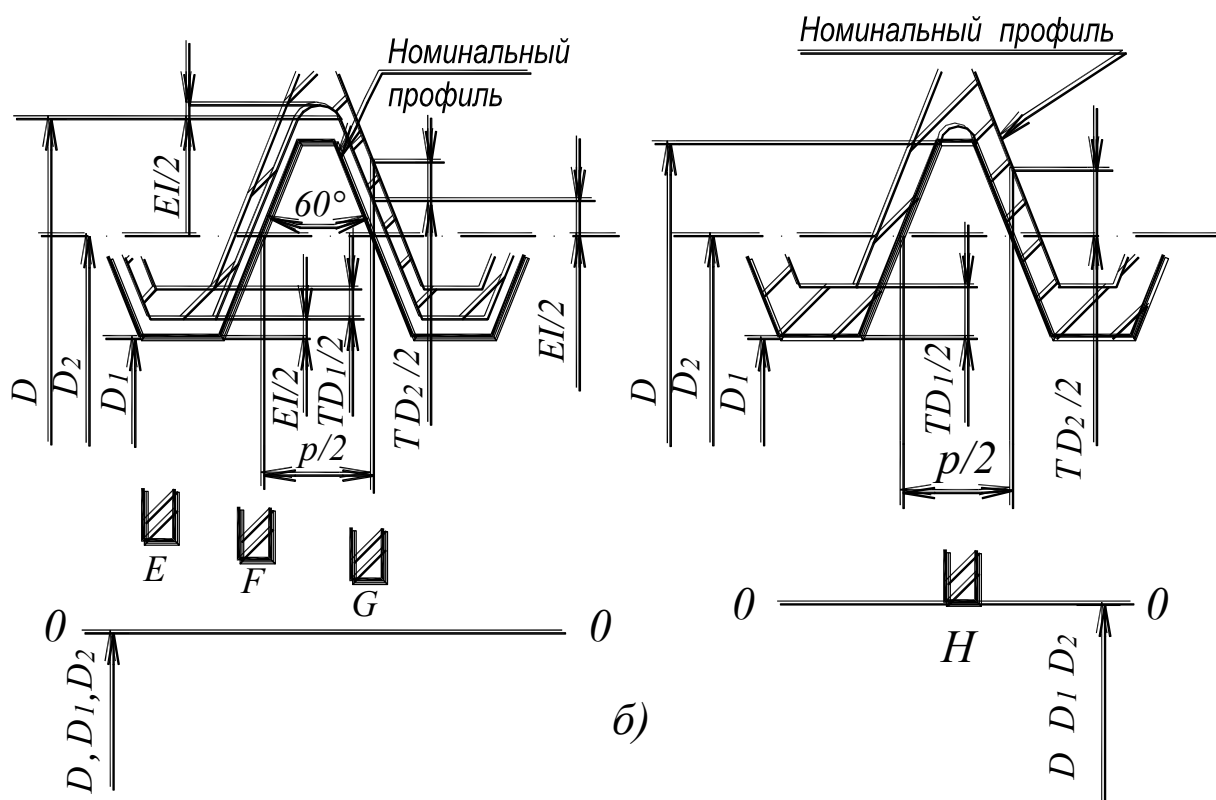
С основными отклонениями d, e, f, g С основным отклонением h С основными отклонениями E, F, G С основным отклонением H 

Рисунок 7 – Расположение полей допусков для наружной (а) и внутренней (б) резьбы, образующих посадки с зазором

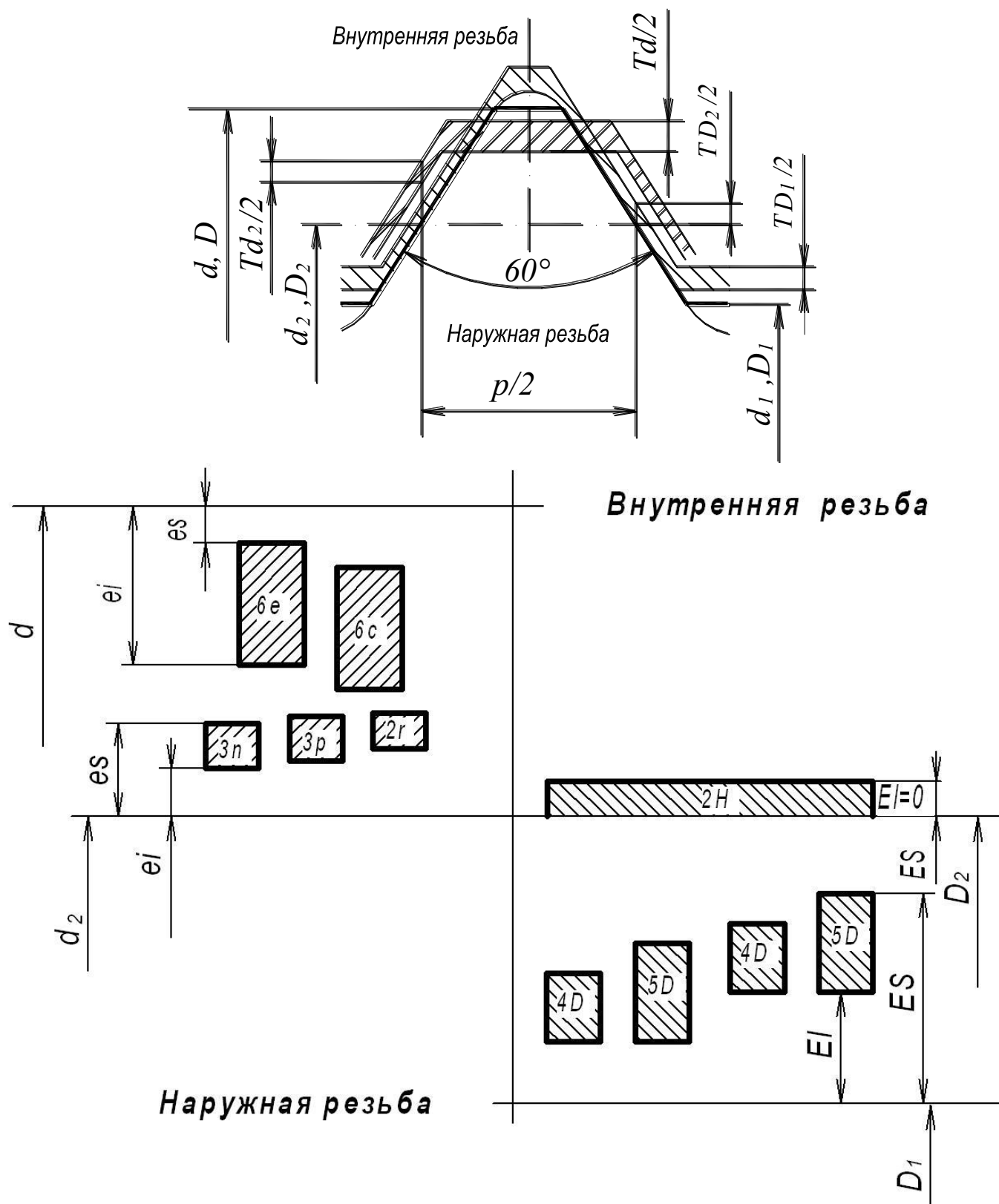


Рисунок 8 – Расположение полей допусков резьбовых деталей, образующих посадки с натягом

2.7.2. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля шпоночных и шлицевых соединений.

Шпоночным соединением называют соединение вала с установленным на нем отверстием посредством шпонки, т.е. детали, представляющей собой призматический, клинообразный или сегментный брусок. Номинальные размеры соединений с

призматическими шпонками устанавливает ГОСТ 23360 – 78 [36].

В данном разделе пояснительной записки необходимо выполнить: эскизы (в сечении) и схемы расположения полей допусков для трех типов шпоночных соединений с призматическими шпонками (свободное, нормальное, плотное).

Выполнить эскизы средств контроля элементов шпоночных соединений.

Шлицевым соединением называется разъемное соединение вала с отверстием, когда на валу имеются выступы, а в отверстии – соответствующие впадины (шлицы). Номинальные размеры прямобочных шлицевых соединений устанавливает ГОСТ 1139 – 80 [37].

В данном разделе необходимо изучить:

- основные эксплуатационные требования к шпоночным и шлицевым соединениям, их классификацию;
- допуски и посадки шпоночных соединений;
- допуски и посадки шлицевых соединений с прямобочным профилем, методы центрирования;
- схемы расположения полей допусков;
- средства и методы контроля деталей шпоночных и шлицевых соединений универсальными средствами и калибрами.

В данном разделе пояснительной записки необходимо выполнить: эскизы (в сечении) и схемы расположения полей допусков для трех способов центрирования прямобочных шлицевых соединений.

Выполнить эскизы средств контроля элементов шлицевых соединений.

2.7.3. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля конусных соединений

Конусным соединением называют соединение наружного и внутреннего конусов, имеющих одинаковые номинальные углы конуса или одинаковые номинальные конусности.

Термины и определения понятий в области конусов и конических соединений устанавливает ДСТУ 2499 – 94 [38].

В данном разделе необходимо изучить:

- систему единиц на угловые размеры;
- нормирование требований к точности угловых размеров;
- конические посадки в зависимости от способа фиксации взаимного осевого положения наружного и внутреннего конусов.

В данном разделе пояснительной записки необходимо выполнить схему расположения полей допусков посадки конического соединения и эскизы средств контроля элементов конических соединений.

2.8. Нормирование требований к шероховатости поверхностей

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами выделенная на определенной (базовой) длине.

Шероховатость поверхности оказывает большое влияние на эксплуатационные свойства деталей, узлов и изделий машиностроения. Основные параметры, термины и определения устанавливает ДСТУ 2413 – 94 [39], а их числовые значения для нормирования шероховатости поверхности устанавливает ГОСТ 2789 – 73 [40]. При выполнении данного раздела необходимо изучить параметры шероховатости, их обозначения на чертежах (ГОСТ 2.309 – 73 [41]).

Для заданного параметра шероховатости необходимо обосновать и выбрать методы и средства контроля в цеховых и лабораторных условиях [1,7].

2.9. Нормирование требований к отклонениям формы и расположения поверхностей

Термины и определения отклонений и допусков формы и расположения установлены ДСТУ 2498 – 94 [42], ДСТУ ISO 1101:2009 [43].

Отклонением формы называется отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля. Отклонением расположения называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от номинального.

В пояснительной записке необходимо дать определение заданному отклонению формы или расположения, определить степень точности по ГОСТ 24643 – 81 [44] и привести схемы измерения.

Числовые значения отклонений формы и расположения поверхностей при выполнении рабочих чертежей деталей выбираются из таблиц ГОСТ 24643 – 81 [44] в зависимости от принятой степени точности отклонений формы и расположения поверхностей по методу аналогов. Числовые значения отклонений от круглости, профиля продольного сечения, цилиндричности, прямолинейности, плоскостности и параллельности могут выбираться в процентном отношении от допуска на линейный размер в зависимости от принятой относительной геометрической точности A , B или C соответственно – $30\%T$, $20\%T$, $12\%T$ для цилиндрических поверхностей и $60\%T$, $40\%T$ и $25\%T$ для плоских поверхностей.

В тех случаях, когда допуски формы и расположения для соответствующего элемента детали не указаны индивидуально, их отклонения нормируют в соответствии с ДСТУ ISO 2768 – 2 – 2001 [10], который устанавливает общие допуски формы и расположения по трем классам точности (H , K и L).

Общие требования к указанию допусков формы и расположения поверхностей на рабочих чертежах приведены в ГОСТ 2.308 – 79 [45]. В технических требованиях ссылка на общие допуски размеров, формы и расположения должна включать общий номер обоих стандартов на общие допуски, обозначение общих допусков размеров по ДСТУ ISO 2768 – 1 – 2001 [9] и обозначение общих допусков формы и расположения ДСТУ ISO 2768 – 2 – 2001 [10]. Например: ISO 2768 – mK .

Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей в курсовой работе надо установить двумя способами:

- позиционными допусками;
- предельными отклонениями размеров, координирующих оси отверстий.

В пояснительной записке необходимо рассчитать величину позиционного допуска T в зависимости от типа соединения крепежными деталями (рисунок 9).

Для соединений:

- типа А $T = KS_{\min}$;
- типа В $T = 0,5KS_{\min}$.

Расчетное значение позиционного допуска округляют до стандартного значения в сторону уменьшения и выбирают из таблицы 18. Диаметр и число болтов для крепления крышек следует принимать по таблице 19.

Таблица 18 – Позиционные допуски отверстий для крепежных деталей

Зазор $S_{\min}$ для прохода кре- пежной дета- ли, мм	Тип соединения					
	Тип A			Тип B		
	Позиционный допуск T , мм при коэффициенте использования зазора					
	$K = 1$	$K = 0,8$	$K = 0,6$	$K = 1$	$K = 0,8$	$K = 0,6$
0,1	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
0,2	0,2	0,16	0,12	0,1	0,08	0,06
0,3	0,3	0,25	0,16	0,16	0,12	0,1
0,4	0,4	0,3	0,25	0,2	0,16	0,12
0,5	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	0,16
0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2
0,8	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25
1	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3
2	2	1,6	1,2	1	0,8	0,6
3	3	2,5	1,6	1,6	1,2	1
4	4	3	2,5	2	0,6	1,2
5	5	4	3	2,5	2	1,6
6	6	5	4	3	2,5	2
7	7	6	4	3	3	2
8	8	6	5	4	3	2,5
10	10	8	6	5	4	3
11	10	8	6	5	4	3
12	12	10	8	6	5	4
14	12	10	8	6	5	4
15	16	12	10	8	6	5

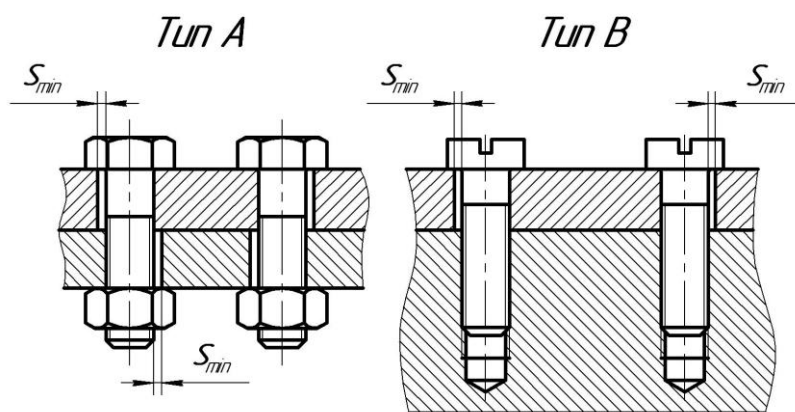


Рисунок 9 – Позиционные допуски осей отверстий в зависимости от типа соединения крепежными деталями

Таблица 19 – Зависимость диаметра d и числа болтов для крепления крышек от диаметра отверстия в корпусе $D_{\text{отв}}$

$D_{\text{отв}}$, мм	21...37	40...62	65...75	80...95	100...145
d , мм	5	6	8	8	10
Число болтов	3	4		6	

Достаточно часто на сборочных чертежах приводят упрощенное изображение крепежных деталей. При разработке рабочего чертежа детали типа «крышка» возникает необходимость определения диаметра фланца крышки d_ϕ и расстояния c (рисунок 10), конструктивно задаваясь диаметром крепежной детали. Их принимают равными:

$$c \approx d; d_\phi = d_n + (4,0 \dots 4,4)d,$$

где d – диаметр болта.

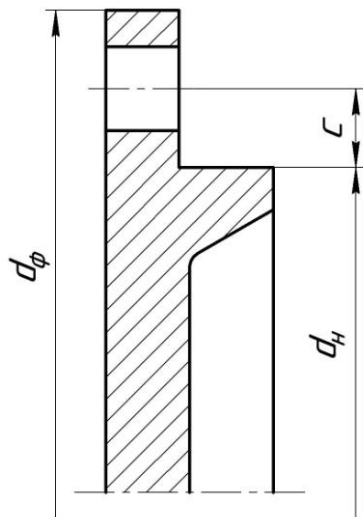


Рисунок 10 – Размеры конструктивных элементов крышки подшипника

Предельные отклонения размеров, координирующих оси отверстий, получают пересчетом позиционных допусков с учетом типа расположения отверстий и приводятся в таблицах стандарта для системы прямоугольных и полярных координат [3]. В пояснительной записке необходимо привести эскизы крышек подшипников для двух способов назначения точностных требований к осям отверстий под крепежные детали.

2.10. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля зубчатых колес

По точности изготовления ГОСТ 1643 – 81 [46] разделяет зубчатые колеса на 12 степеней, причем наиболее точные 1 и 2 степени являются перспективными и для них числовые величины допусков не приводятся, т.к. современные возможности производства и контроля не могут обеспечить изготовление столь точных колес.

Для каждой степени точности устанавливаются нормы:

- кинематической точности колеса;
- плавности работы колеса;
- контакта зубьев.

Норма кинематической точности определяет величину полной погрешности угла поворота зубчатых колес за оборот.

Нормы плавности работы колеса определяют величину составляющих полной погрешности угла поворота зубчатого колеса, многократно повторяющихся за оборот колеса.

Нормы контакта зубьев определяют точность выполнения относительных раз-

меров пятна контакта, сопряженных зубьев колес в передаче.

Все три вида норм могут взаимно комбинироваться и назначаться по разным степеням точности. Комбинирование позволяет предъявлять повышенные требования к одним показателям колес, существенным с точки зрения эксплуатации и выполнять остальные показатели по более грубым допускам. Независимо от степени точности колес и передач устанавливаются нормы бокового зазора.

Для зубчатого колеса, указанных в индивидуальном задании, необходимо найти и указать числовые значения отклонений и допусков всех нормируемых показателей.

При рассмотрении основных принципов контроля точности зубчатых колес необходимо выбрать комплекс контролируемых параметров, методы и приборы, применяемые для измерения и контроля зубчатых колес. Выбор комплекса необходимых для контроля параметров зависит от типа производства, степени точности колеса, его назначения, размеров и других факторов. К комплексным показателям относят: наибольшие кинематические погрешности колеса и передачи, циклические погрешности колеса и передачи, циклическую погрешность зубцовой частоты в передаче, размеры суммарного пятна контакта и гарантированный боковой зазор.

В таблице 20 приведены возможные комплексы контроля для каждой из норм точности и норм бокового зазора, образованных на основе требований стандарта ГОСТ 1643 – 81 [46].

Таблица 20 – Сводная таблица возможных комплексов контроля зубчатых колес

Нормы точности	Номера комплексов контроля						
	1	2	3	4	5	6	7
	для степеней точности						
	3 ... 8	3 ... 8	3 ... 8	3 ... 8	7 ... 12	5 ... 12	5 ... 12
	Показатели, нормируемые в комплексе						
Кинемати- ческой	F_i'	F_P и F_{Pk}	F_r и F_{vW}	F_r и F_c	F_r	F_i'' и F_{vW}	F_i'' и F_c
Плавности	f_i'	f_{pb} и f_f или f_{pb} и f_{pt} (или f_{vpt})			f_{pt} или f_{vpt}	f_{pt}	
Контакта	Пятно контакта или F_β или F_k						
Боковых зазоров	E_H и T_H или E_{Wm} и T_{Wm} или E_W и T_W или E_c и T_c					$E_{a''i}$ и $E_{a''s}$	

2.11. Заключение

В заключении следует четко сформулировать основные выводы. Выводы должны быть краткими и органически вытекать из содержания работы. Разрешается повторить основные выводы соответствующих глав, но при этом предпочтительнее стремиться сделать некоторые обобщения по результатам выполнения работы в целом. Рекомендуемый объем заключения курсовой работы – 1...2 страницы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко В.А. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебное пособие /В.А. Карпенко, Н.А. Волошина, С.П. Волков – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 372 с.
2. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения /А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
3. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в двух томах. – М.: Издательство стандартов, 1989. – Ч.1. – 543 с., Ч.2. – 448 с.
4. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник в двух частях. 8-е изд., переработанное и дополненное /М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – СПб.: Политехника, 2001. – Ч.1. – 576 с., Ч.2. – 608 с.
5. Допуски и посадки: Справочник в двух частях /В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов и др. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1982. – Ч.1. – 543 с., Ч.2. – 448 с.
6. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений / И.М. Белкин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
7. Берков В.И. Технические измерения (альбом): Учеб. пособие /В.И. Берков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 144 с.
8. ДСТУ 2500 – 94. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми. Чинний від 01.07.1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 49 с.
9. ДСТУ ISO 2768 – 1 – 2001 Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків. Чинний від 01.01.2003. – К.: Держстандарт України, 2002. – 5 с.
10. ДСТУ ISO 2768 – 2 – 2001 Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків. Чинний від 01.01.2003. – К.: Держстандарт України, 2002. – 11 с.
11. ДСТУ ISO 286 – 1 – 2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок. Чинний від 01.10.2003. – К.: Держстандарт України, 2003. – 38 с.
12. ДСТУ ISO 286 – 2 – 2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилень отворів і валів. Чинний від 01.10.2003. – К.: Держстандарт України, 2003. – 41 с.
13. ДСТУ ГОСТ 520 – 2003. Подшипники качения. Общие технические условия. Введ. 01.01.2004. – К: Госстандарт Украины, 2004. – 41 с.
14. ГОСТ 3325 – 85. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки. Введ. 01.01.87. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 94 с.
15. ДСТУ 2234 – 93. Калібри. Терміни та визначення. Чинний від 01.07.1994. – К.: Держстандарт України, 1993. – 9 с.
16. ГОСТ 24853 – 81. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски. Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 9 с.
17. ГОСТ 21401 – 75. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Исполнительные размеры. Введ. 01.01.1977. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 65 с.

18. ГОСТ 2015 – 84. Калибры гладкие нерегулируемые. Технические требования. Введ. 01.01.85. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 4 с.
19. ГОСТ 2216 – 84. Калибры-скобы гладкие регулируемые. Технические условия Введ. 01.01.1985. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 11 с.
20. ГОСТ 16775 – 93. Калибры-скобы гладкие, оснащенные твердым сплавом, для диаметров от 3 до 180. Размеры. Введ. 01.01.1995. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 10 с.
21. ГОСТ 14807 – 69. Калибры-пробки гладкие двусторонние со вставками диаметром от 1 до 6 мм. Конструкция и размеры. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 6с.
22. ГОСТ 18360 – 93. Калибры-скобы листовые для диаметров от 3 до 260 мм. Размеры. Введ. 01.01.1995. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 9с.
23. ГОСТ 14822 – 69 Калибры-пробки гладкие проходные неполные диаметром свыше 100 до 300 мм. Конструкция и размеры. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9с.
24. ГОСТ 14823 – 69. Калибры-пробки гладкие непроходные неполные диаметром свыше 75 до 300 мм. Конструкция и размеры. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9с.
25. ГОСТ 14815 – 69. Калибры-пробки гладкие проходные с насадками диаметром свыше 50 до 100 мм. Конструкция и размеры. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 6с.
26. ГОСТ 14812 – 69. Калибры-пробки гладкие проходные со вставками диаметром свыше 50 до 75 мм. Конструкция и размеры. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 6с.
27. ГОСТ 14810 – 69 Калибры-пробки гладкие двусторонние со вставками диаметром свыше 3 до 50 мм. Конструкция и размеры. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9с.
28. ГОСТ 8.051 – 81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 10 с.
29. РМГ 29 – 99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные требования и определения. Введ. 01 мая 2001, М.: МССМС, 2000. – 32 с.
30. ДСТУ 2497 – 94. Основні норми взаємозамінності. Різьба і різбові з'єднання. Терміни та визначення. Чинний від 01.07.1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 42 с.
31. ГОСТ 9150 – 81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 4 с.
32. ГОСТ 8724 – 2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги. Введ. 01.01.2004. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 4 с.
33. ГОСТ 24705-2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры. Введ. 01.07.2005. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 19 с.
34. ГОСТ 4608 – 81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Посадки с натягом. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 14 с.

35. ГОСТ 16093 – 2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором. Введ. 01.07.2005. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 45 с.

36. ГОСТ 23360 – 78. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки. Введ. 01.01.80. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 16 с.

37. ГОСТ 1139 – 80. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 9 с.

38. ДСТУ 2499-94. Основні норми взаємозамінності. Конуси та конічні з'єднання. Терміни та визначення. Чинний від 01.01.1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 39 с.

39. ДСТУ 2413 – 94. Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення. Чинний від 01.01.1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 37с.

40. ГОСТ 2789 – 73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.

41. ГОСТ 2.309 – 73. ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей. Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 10 с.

42. ДСТУ 2498 – 94. Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення. Чинний від 01.07.1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 111 с.

43. ДСТУ ISO 1101:2009. Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Геометричні допуски. Допуски форми, орієнтації, розташування та биття (ISO 1101:2004, IDT). Чинний від 01.07.2011. – К.: Держстандарт України, 2009. – 76 с.

44. ГОСТ 24643 – 81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. Введ. 01.07.81. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 14 с.

45. ГОСТ 2.308 – 79. ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей. Введ. 01.01.80. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 29 с.

46. ГОСТ 1643 – 81. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. Введ. 01.07.81. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 70 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А**(обязательное)**

Министерство образования и науки,
молодежи и спорта Украины

Севастопольский национальный
технический университет

Кафедра автоматизированных
приборных систем

КУРСОВАЯ РАБОТА**по дисциплине****«Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения»**

Выполнил:
студент группы _____

Проверил:

Севастополь
20 ____ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ

Севастопольский национальный технический университет

Кафедра автоматизированных приборных систем

Студент _____

Группа _____

Чертеж № _____

№ зачетной книжки _____

Задание к курсовой работе по дисциплине
«ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»

1. В графической части курсовой работы выполнить следующее.

1.1. По заданному сборочному чертежу и указанию ведущего преподавателя вычертить узел изделия, пронормировать методом аналогов точность всех видов соединений, составить размерную цепь и условно обозначить звенья, входящие в нее (формат А2);

1.2. Разработать рабочие чертежи пяти деталей в соответствии с требованиями ЕСКД, указаниями преподавателя и технической литературы по конструированию узлов и деталей машин (формат А1).

2. В пояснительной записке выполнить следующее.

2.1. Для гладких цилиндрических соединений (ГЦС) посадок с зазором и натягом, указанных в индивидуальном задании, построить схемы полей допусков и указать предельные отклонения, размеры, зазоры или натяги.

2.2. Рассчитать и выбрать стандартные посадки одного подшипника качения на вал и корпус по данным сборочного чертежа и индивидуального задания. Изобразить схемы расположения полей допусков. Все остальные посадки подшипников качения выбрать методом аналогов и указать на чертежах.

2.3. Для массового производства выбрать конструкции и рассчитать размеры рабочих калибров и контрольных калибров для деталей посадок, указанных в индивидуальном задании (одно сопряжение). Вычертить эскизы калибров на листах формата А4 в пояснительной записке.

2.4. Для индивидуального и серийного производства выбрать универсальные средства измерения для тех же деталей или деталей, указанных преподавателем в индивидуальном задании. Дать схемы выбранных средств и описать их устройство и принцип действия.

2.5. По заданному размеру и отклонениям замыкающего звена A_0 определить допуски и предельные отклонения составляющих звеньев цепи методом полной взаимозаменяемости и вероятностным методом. Использовать полученные отклонения звеньев цепи при выполнении рабочих чертежей деталей.

2.6. Для заданных резьбовых соединений с зазором и натягом определить номинальные размеры резьб, построить схемы полей допусков и выбрать методы и средства измерения резьб для индивидуального и массового производства. Выполнение задания иллюстрировать эскизами и схемами.

2.7. Описать нормируемые параметры шероховатости поверхностей, привести структуру обозначения шероховатости на чертежах. Для числового значения шероховатости, указанного в индивидуальном задании, расшифровать данное обозначение и выбрать методы и средства измерения для цеховых и лабораторных условий.

2.8. Для числового значения формы и расположения, указанного в индивидуальном задании, расшифровать данное отклонение, обосновать и выбрать методы и средства измерения этого параметра в цеховых и лабораторных условиях. При необходимости указать условия измерения.

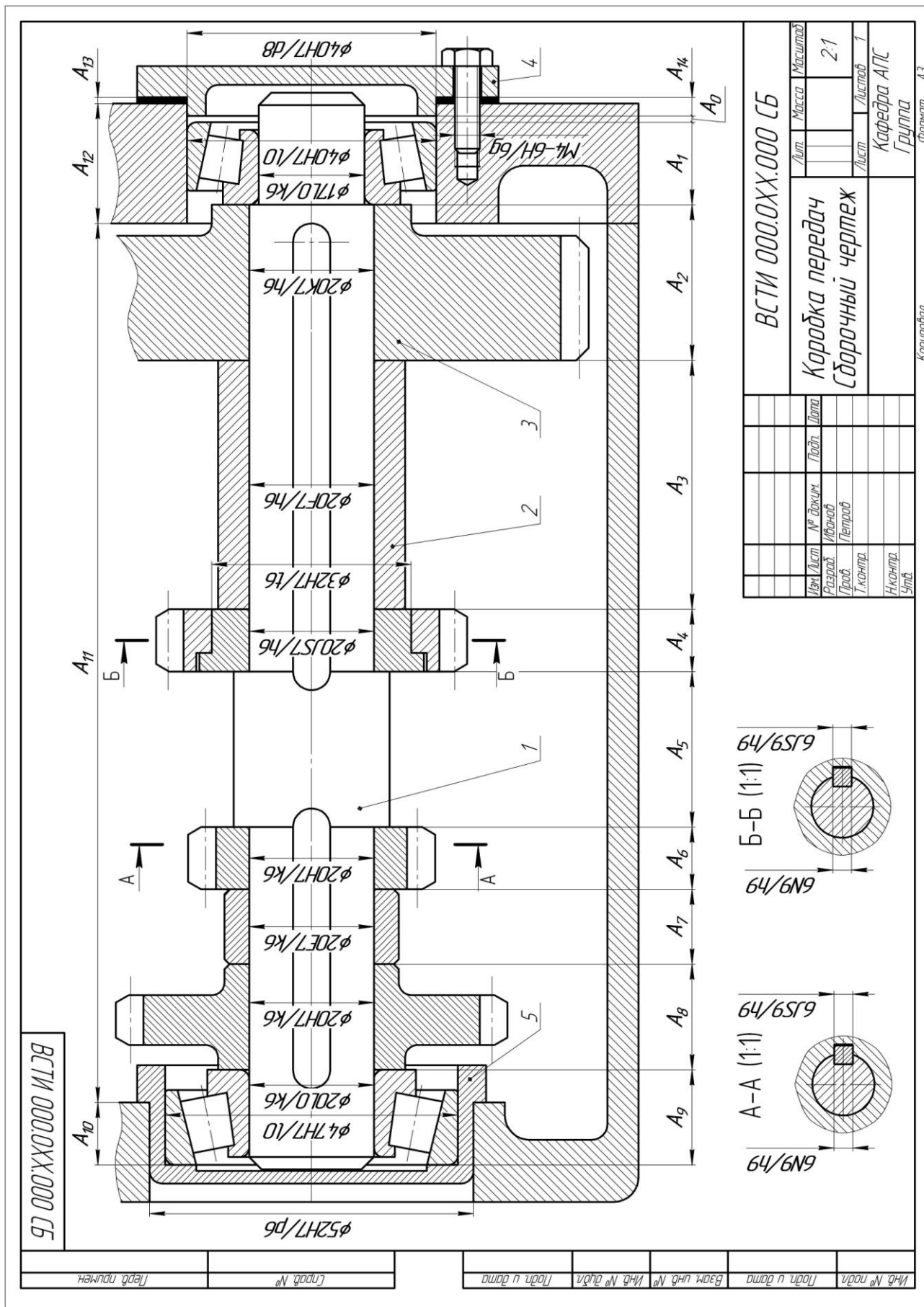
Для массового производства деталей определить позиционный допуск отверстий под крепежные детали выполненного узла. Для индивидуального и серийного производства деталей пересчитать позиционный допуск и выбрать предельные отклонения размеров, координирующих оси отверстий.

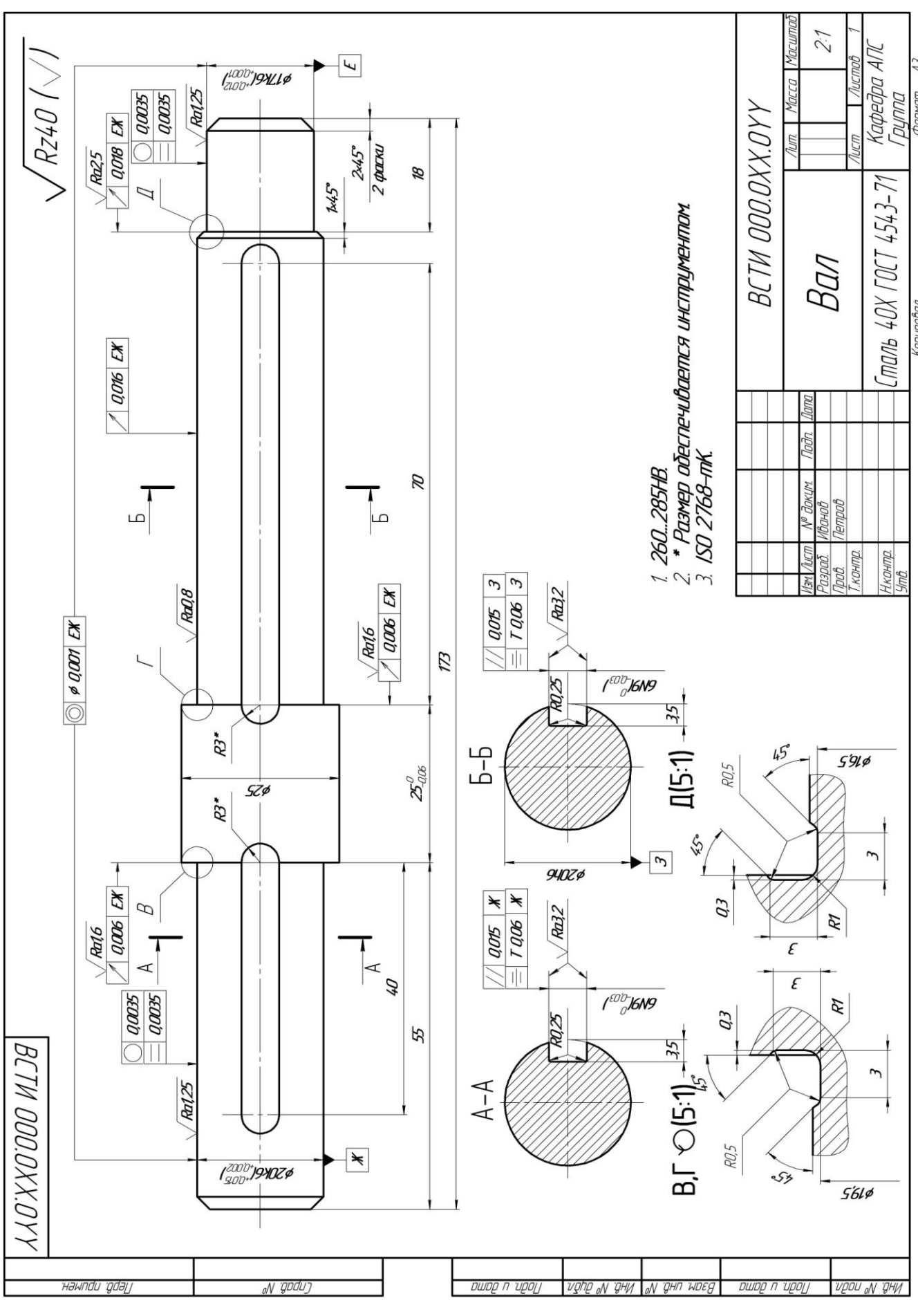
2.9. Построить схемы полей допусков на каждый тип соединений, имеющийся на сборочном чертеже: гладкое цилиндрическое (переходная посадка), шпоночное (нормальное, свободное и плотное), шлицевое, конусное и т.п.

2.10. Для зубчатых колес, указанных в индивидуальном задании, найти и указать числовые значения отклонений и допусков всех нормируемых показателей. Выбрать возможный метод и комплекс контроля, типы, основные параметры и нормы точности необходимых приборов.

Задание выдал _____ / _____ / " ____ " _____ 20 ____ г.

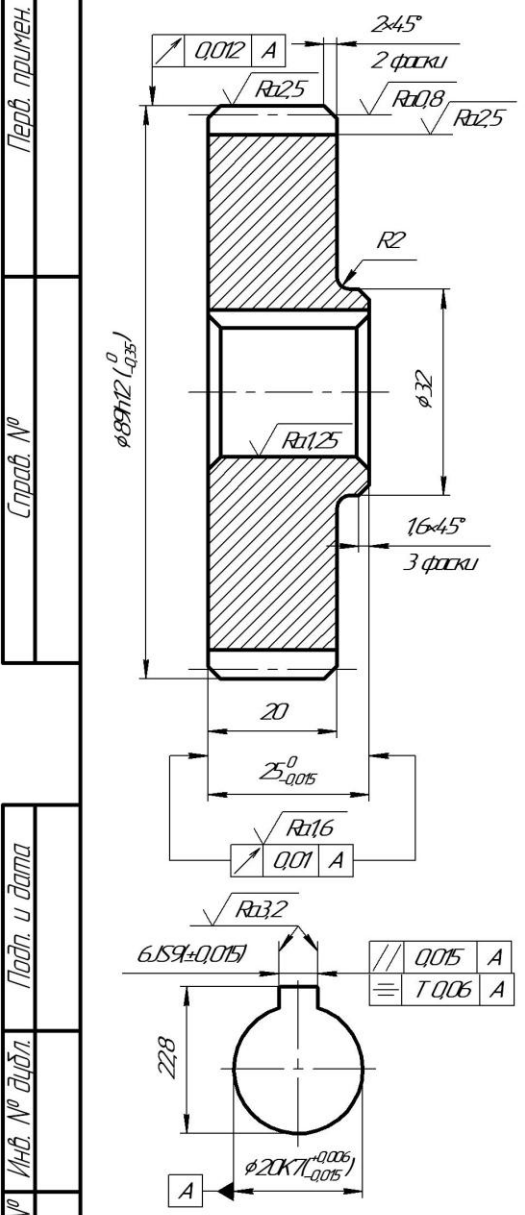
(обязательное)





ВСТИ 000.0XX.0YY

$\sqrt{Rz40 (\checkmark)}$



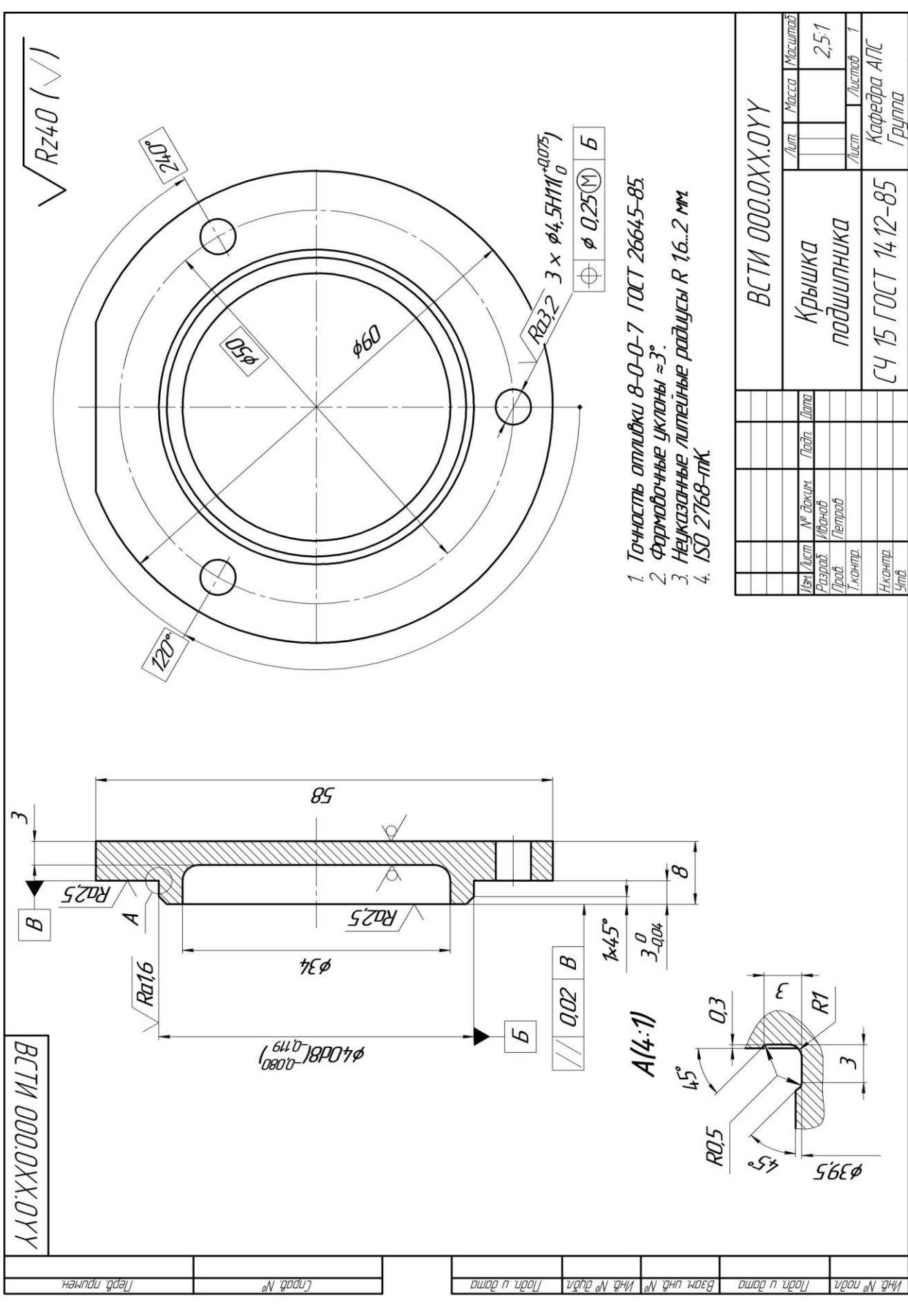
Модуль	<i>m</i>	2
Число зубьев	<i>z</i>	43
Исходный контур	—	ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения	<i>x</i>	0
Степень точности по ГОСТ 1643-81	—	7-Г
Длина общей нормали	<i>W</i>	27,414 $^{+0.007}_{-0.014}$
Допуск на колебание длины общей нормали	<i>F_{vw}</i>	0,022
Допуск на радиальное биение зубчатого венца	<i>F_r</i>	0,036
Допуск на погрешность профиля зуба	<i>f_f</i>	0,011
Отклонение шага зацепления	<i>f_{pb}</i>	$\pm 0,014$
Допуск на погрешность направления зуба	<i>F_β</i>	0,011
Делительный диаметр	<i>d</i>	86
Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса	ВСТИ 000.0XX.0YY	

- 1. 320...345HB.
- 2. Неуказанные радиусы скруглений 0,25 мм max.
- 3. ISO 2768-mK.

ВСТИ 000.0XX.0YY			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Иванов		
Пров.	Петров		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
Колесо зубчатое		Лист	Масса
Сталь 40X ГОСТ 4543-71		Лист	Листов 1
		Кафедра АПС Группа	

Копировал

Формат А4



ПРИЛОЖЕНИЕ Г **(справочное)**

Таблица Г.1 – Значения допусков для размеров до 500 мм (по ДСТУ 2500 – 94)

Интервал размеров, мм	Единица допуска, <i>i</i> , мкм	Квалитет																			
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Допуск <i>IT</i> , мкм										Допуск <i>IT</i> , мм									
До 3	0,55	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00	1,40
Св. 3 до 6	0,73	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80
« 6 « 10	0,90	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50	2,20
« 10 « 18	1,08	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70
« 18 « 30	1,31	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10	3,30
« 30 « 50	1,56	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50	3,90
« 50 « 80	1,86	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60
« 80 « 120	2,17	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50	5,40
« 120 « 180	2,52	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30
« 180 « 250	2,89	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60	7,20
« 250 « 315	3,22	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,20	8,10
« 315 « 400	3,54	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,60	5,70	8,90
« 400 « 500	3,89	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,30	9,70

Таблица Г.2 – Значения отклонений валов для размеров до 500 мм (ДСТУ 2500 – 94)

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения																
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>cd</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>ef</i>	<i>f</i>	<i>fg</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>js</i>	<i>j</i>		<i>k</i>		
	Квалитет																
	Все квалитеты											5 и 6	7	8	от 4 до 7	до 3 и св.7	
	Верхнее отклонение <i>es</i> , мкм											Нижнее отклонение <i>ei</i> , мкм					
До 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Предельные отклонения ± IT/2	-2	-4	-6	0	0
Св. 3 до 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	-	+1	0
» 6 » 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	-	+1	0
»10 » 14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0		-3	-6	-	+1	0
» 14 » 18													-4	-8	-	+2	0
» 18 » 24	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0		-5	-10	-	+2	0
» 24 » 30													-7	-12	-	+2	0
» 30 » 40	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-9	-15	-	+3	0
» 40 » 50	-320	-180	-130										-11	-18	-	+3	0
» 50 » 65	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-13	-21	-	+4	0
» 65 » 80	-360	-200	-150										-16	-26	-	+4	0
» 80 »100	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-18	-28	-	+4	0
» 100 »120	-410	-240	-180										-20	-30	-	+5	0
» 120 »140	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0		-20	-32	-	+5	0
» 140 »160	-520	-280	-210										-22	-32	-	+6	0
» 160 »180	-580	-310	-230	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-22	-32	-	+6	0
» 180 »200	-660	-340	-240										-24	-34	-	+7	0
» 200 »225	-740	-380	-260	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0		-24	-34	-	+7	0
» 225 »250	-820	-420	-280									-26	-36	-	+8	0	
» 250 »280	-920	-480	-300	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-26	-36	-	+8	0	
» 280 »315	-1050	-540	-330									-28	-38	-	+9	0	
» 315 »355	-1200	-600	-360	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-28	-38	-	+9	0	
» 355 »400	-1350	-680	-400									-30	-40	-	+10	0	
» 400 »450	-1500	-760	-440	-								-30	-40	-	+10	0	
» 450 »500	-1650	-840	-480									-32	-42	-	+11	0	

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения													
	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>za</i>	<i>zb</i>	<i>zc</i>
	Квалитет													
	Все квалитеты													
	Нижнее отклонение <i>ei</i> , мкм													
До 3	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
Св. 3 до 6	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
» 6 » 10	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
» 10 » 14	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
» 14 » 18								+39	+45	-	+60	+77	+108	+150
» 18 » 24	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
» 24 » 30						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
» 30 » 40	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
» 40 » 50						+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
» 50 » 65	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
» 65 » 80				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
» 80 »100	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
» 100 »120				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
» 120 »140	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
» 140 »160				+65	+100	+134	+199	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
» 160 »180	+17	+31	+50	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
» 180 »200				+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
» 200 »225	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
» 225 »250				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
» 250 »280	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
» 280 »315				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
» 315 »355	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
» 355 »400				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
» 400 »450	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
» 450 »500				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

Таблица Г.3 – Значение отклонений отверстий для размеров до 500 мм (ДСТУ 2500 – 94)

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения																					
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J			K		M		N		от P до ZC
	Квалитет																					
	Все квалитеты												6	7	8	до 8	>8	до 8*	>8	до 8	>8	до 7
	Нижнее отклонение EI, мкм												Верхнее отклонение ES, мкм									
До 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	Предельное отклонение ± IT/2	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	Отклонение, как для квалитетов св.7, увеличенное на Δ
Св. 3 до 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	-	-4+Δ	-4	-8+Δ	0	
»6 » 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	-	-6+Δ	-6	-10+Δ	0	
»10 » 14	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ	-	-7+Δ	-7	-12+Δ	0	
»14 » 18													+8	+12	+20	-2+Δ	-	-8+Δ	-8	-15+Δ	0	
»18 » 24	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0		+10	+14	+24	-2+Δ	-	-9+Δ	-9	-17+Δ	0	
»24 » 30													+13	+18	+28	-2+Δ	-	-11+Δ	-11	-20+Δ	0	
»30 » 40	+310	+170	+120	-	+80	-50	-	+25	-	+9	0		+16	+22	+34	-3+Δ	-	-13+Δ	-13	-23+Δ	0	
»40 » 50	+320	+180	+130										+18	+26	+41	-3+Δ	-	-15+Δ	-15	-27+Δ	0	
»50 » 65	+340	+190	+140	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0		+22	+30	+47	-4+Δ	-	-17+Δ	-17	-31+Δ	0	
»65 » 80	+360	+200	+150										+25	+36	+55	-4+Δ	-	-20*+Δ	-20	-34+Δ	0	
»80 »100	+380	+220	+70	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0		+29	+39	+60	-4+Δ	-	-21+Δ	-21	-37+Δ	0	
»100 »120	+410	+240	+180										+33	+43	+66	-5+Δ	-	-23+Δ	-23	-40+Δ	0	
»120 »140	+460	+260	+200	-	+145	+85	-	+43	-	+14	0											
»140 »160	+520	+280	+210																			
»160 »180	+580	+310	+230	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0											
»180 »200	+660	+340	+240																			
»200 »225	+740	+380	+260	-	+190	+110	-	+56	-	+17	0											
»225 »250	+820	+420	+280																			
»250 »280	+920	+480	+300	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0											
»280 »315	+1050	+540	+330																			
»315 »355	+1200	+600	+360	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0											
»355 »400	+1350	+680	+400																			
»400 »450	+1550	+960	+440	-	+250	+150	-	+75	-	+25	0											
»450 »500	+1650	+840	+480																			

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения												Поправка Δ** (в мкм) для квалитетов					
	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC						
	Квалитет																	
	Св. 7																	
	Верхнее отклонение ES, мкм																	
До 3	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	Δ = 0					
Св.3 до 6	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6
» 6 » 10	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7
» 10 » 14	-18	-23	-28	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
» 14 » 18						-39	-45	-	-60	-77	-108	-150						
» 18 » 24	-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12
» 24 » 30				-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
» 30 » 40	-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14
» 40 » 50				-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325						
» 50 » 65	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16
» 65 » 80		-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480						
» 80 »100	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19
» 100 »120		-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690						
» 120 »140	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23
» 140 »160		-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900						
» 160 »180	-50	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26
» 180 »200		-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150						
» 200 »225	-56	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	4	4	7	9	20	29
» 225 »250		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350						
» 250 »280	-62	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	5	7	11	21	32
» 280 »315		-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700						
» 315 »355	-68	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	5	5	7	13	23	34
» 355 »400		-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100						
» 400 »450		-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400						
» 450 »500		-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600						

Предельное отклонение ± IT/2

Отклонение, как для квалитетов св. 7, увеличенное на Δ

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения												Поправка Δ** (в мкм) для квалитетов					
	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC						
	Квалитет																	
	Св. 7																	
	Верхнее отклонение ES, мкм																	
До 3	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	Δ = 0					
Св.3 до 6	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6
» 6 » 10	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7
» 10 » 14	-18	-23	-28	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
» 14 » 18						-39	-45	-	-60	-77	-108	-150						
» 18 » 24	-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12
» 24 » 30				-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
» 30 » 40	-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14
» 40 » 50				-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325						
» 50 » 65	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16
» 65 » 80		-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480						
» 80 » 100	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19
» 100 » 120		-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690						
» 120 » 140	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23
» 140 » 160		-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900						
» 160 » 180	-50	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26
» 180 » 200		-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150						
» 200 » 225	-56	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	4	4	7	9	20	29
» 225 » 250		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350						
» 250 » 280	-62	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	5	7	11	21	32
» 280 » 315		-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700						
» 315 » 355	-68	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	5	5	7	13	23	34
» 355 » 400		-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100						
» 400 » 450	-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34
» 450 » 500		-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600						

Таблица Г.4 – Допуски и отклонения калибров (ГОСТ 24853 – 81 [16])

Квалитеты до- пусков изделий	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм									Допуск на форму калибра
		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	
		Размеры и допуски, мкм									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	IT1 IT2 IT1
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	
	Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	
	H; H _S	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H _P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	
7	Z; Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	IT2 IT1 IT1
	Y ₁ ; Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	
	H; H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H _S	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
	H _P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	
8	Z; Z ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9	IT2 IT3 IT1
	Y; Y ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	
	H _S ; H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
9	Z; Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	IT2 IT3 IT1
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	4	6	8	
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	
	H _S ; H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
10	Z; Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	IT2 IT3 IT1
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	
	H _S ; H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
11	Z; Z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	IT4 IT3 IT1
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H; H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	
	H _S	-	-	4	5	6	7	8	10	12	
	H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
12	Z; Z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	IT4 IT3 IT1
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H; H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	
	H _S	-	-	4	5	6	7	8	10	12	
	H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	

Квалитеты до- пусков изделий	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм									Допуск на форму калибра
		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	
		Размеры и допуски, мкм									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Z; Z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	IT5 IT5 IT2
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H; H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	
	H _S	-	-	9	11	13	16	19	22	25	
	H _P	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
14	Z; Z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	IT5 IT5 IT2
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H; H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	
	H _S	-	-	9	11	13	16	19	22	25	
	H _P	2	2,5	2,5	2	4	4	5	6	8	
15	Z; Z ₁	40	48	56	64	72	80	90	100	110	IT5 IT5 IT2
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H; H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	
	H _S	-	-	9	11	13	16	19	22	25	
	H _P	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
16,17	Z; Z ₁	40	48	56	64	72	80	90	100	110	IT5 IT5 IT2
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H; H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	
	H _S	-	-	9	11	13	16	19	22	25	
	H _P	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	

Таблица Г.5 – Выбор станковых средств измерения наружных размеров

Номиналь- ные разме- ры, мм	Квалитет											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Допускаемая погрешность, мкм/допуск, мкм; средства измерений – по таблице Г.8											
до 3	0,4/1,2	0,8/2	1/3	1,4/4	1,8/6	3/10	3/14	6/25	8/40	12/60	20/100	30/140
	17б,18а, 19а,22б, 24б,26б, 27а,28а, 30б,36з	10б,16а, 17а,21б, 22а,23а, 24а,25б, 26а,30б, 36в	10б,15б, 16а,17а, 21б,22а, 23а,25а, 26а,30а, 33а,36в	9б,10б, 15б,16а, 21а,22а, 25а,30а, 33а,34а, 36б	9б,10б, 15а,20б, 21а,25а, 30а,33а, 34а,36б	9а,10а, 11в,12а, 15а,20а, 32а,в, 36а	9а,10а, 11в,12а, 14б,15а, 20а, 32а,б,в, 36а	7д,и, 9а, 11а,12а, 13а,14а, 31,35в	7г,з, 11а, 13а, 32б, 35б	7б,е, 13а, 35б	7а,е, 35а	7а, 35а
3-6	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	1,6/5	2/8	3/12	4/18	8/30	10/48	16/75	30/120	40/180
	10б,16б, 17а,18а, 19а,22б, 23а,24а, 25б,26а, 27а,30б, 36г,к	10б,15б, 16б,17а, 21б,22а, 23а,25а, 26а,30а, 33а,36в	9б,10б, 15б,16а, 21а,22а, 23а,25а, 30а,33а, 34а,36б	9б,10б, 15а,20б, 21а,25а, 30а,33а, 34а,36б	9б,10а, 12б,15а, 20б,21а, 30б,33а, 34а,36б	9а,10а, 11в,12а, 14б,15а, 20а, 32а,в, 36а	7к,9а, 10а,11в, 12а,13б, 14б,20а, 31,32а,в, 36а	7г,з,11а, 13а,14а, 31,32б, 36б	7в,ж,11а, 13а,14а, 32б,35б	7а,е, 35а	7а, 35а	-
6-10	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	2/6	2/9	4/15	5/22	9/36	12/58	18/90	30/150	50/220
	10б,16б, 17а,18а, 19а,22б, 24а,25б, 26а,27а, 30б,36г,к	10б,15б, 16а,17а, 21б,22а, 23а,25а, 26а,30а, 33а,36в	9б,10б, 15б,16а, 21а,22а, 23а,25а, 30а,33а, 34а,36б	9б,10а, 15а,20б, 21а,30а, 33а,34а, 36б	9б,10а, 15а,20б, 21а,30а, 33а,34а, 36б	7к,9а, 10а,11в, 12а,13б, 14б,20а, 31,32а,в, 36а	7д,9а, 11а,12а, 13б,14а, 20а,31, 32а,в, 36а	7г,з,11а, 13а,14а, 32б	7б,е, 13а, 35б	7а, 35а	7а, 35а	-
10-18	0,8/2	1,2/3	1,6/5	2,8/8	3/11	5/18	7/27	10/43	14/70	30/110	40/180	60/270
	10б,16б, 17а,18а, 21б,22а, 23а,24а, 25б,26а, 27а,30б, 36ж	10б,16а, 17а,21б, 22а,23а, 25а,26а, 30а,33а, 36в,е	9б,10б, 15а,16а, 20б,21а, 25а,30а, 33а,34а, 36б	9б,10а, 15а,20б, 21а,34а, 36б	9б,10а, 12а,14б, 15а,20а, 21а,32в, 34а,36а	7д,9а, 11б,12а, 13б,14а, 20а,31, 32а,в, 36а	7д,и, 9а, 11а,13а, 14а,31, 32а,б, 35в	7в,ж,11а, 13а,14а, 32б,35б	7б,е, 13а, 35б	7а, 35а	-	-
18-30	1/2,5	1,4/4	2/6	3/9	4/13	6/21	8/33	12/52	18/84	30/130	50/210	70/330
	10б,16а, 17а,21б, 22а,23а, 24а,25а, 26а,30а, 36г,ж	10б,16а, 21б,22а, 23а,25а, 30а,33а, 36в,е	9б,10а, 15а,16а, 20б,21а, 25а,30а, 33а,34а, 36б	9б,10а, 12а,14б, 15а,20а, 21а,32в, 34а,36а	7к,9а, 10а,11в, 12а,14б, 20а,32а,в, 34а,36а	7д,9а, 11а,12а, 13б,14а, 20а,31, 32а,в	7г,11а, 13а,14а, 31,32а,б, 35в	7в,11а, 13а,32б, 35б	7а, 35а	-	-	-
30-50	1/2,5	1,4/4	2,4/7	4/11	5/16	7/25	10/39	16/62	20/100	40/160	50/250	80/390
	10б,16а, 17а,21б, 22а,23а, 24а,25а, 26а,30а, 36ж	10б,16а, 21б,22а, 23а,25а, 30а,33а, 36в,е	9б,10а, 15а,20б, 21а,33а, 34а,36б,д	7к, 9а, 10а,11в, 12а,14б, 15а,20а, 32в,34а, 36а	7д,9а, 11б,12а, 13б,14б, 20а,31, 32а,в, 36а	7д,и, 9а, 11а,13а, 14а,31, 32а,б, 35в	7в,11а, 13а,14а, 31,32б, 35б	7а, 35а	7а, 35а	-	-	-
50-80	1,2/3	1,8/5	2,8/8	4/13	5/19	9/30	12/46	18/74	30/120	40/190	60/300	100/460
	10б,16а, 17а,21б, 22а,23а, 24а,25а, 26а,30а, 36ж,и	9б,10б, 15б,16а, 21б,22а, 25а,30а, 33а,34б, 36б	9б,10а, 12б,15а, 20б,21а, 33а,34а, 36б	9а,10а, 11в,12а, 14б,15а, 20а,21а, 32в,34а, 36а	7к,9а, 11б,12а, 13б,14б, 20а,32в, 34а,36а	7г,11а, 13а,14а, 31,32а,б, 35в	7в,ж,11а, 13а,14а, 31,32б, 35б	7а, 35а	7а, 35а	-	-	-
80-120	1,6/4	2/6	3/10	5/15	6/22	10/35	12/54	20/87	30/140	50/220	70/350	120/540
	10б,16а, 17а,21б, 22а,23а, 24а,25а, 26а,30а, 34б,36е	10б,15б, 16а,20б, 21а,22а, 23а,24а, 25а,30а, 33а,34б, 36б	9б,10а, 12б,15а, 20б,21а, 33а, 34а*,б, 36а	7к,9а, 10а,11в, 12а,14б, 15а,20а, 32в*, 34а*, 36а	7д,9а, 11б,12а, 13б,14б, 20а,32в*, 34а*,36а	7г,3,11а, 13а,14а, 31, 32а,б*,в*, 35б*	7в,ж,11а, 13а,14а, 31, 32а,б*, 35б*	7а,11а, 13а, 35а*	7а, 35а*	-	-	-

Номиналь- ные разме- ры, мм	Квалитет											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Допускаемая погрешность, мкм/допуск, мкм; средства измерений – по таблице Г.8											
120-180	2/5	2,8/8	4/12	6/18	7/25	12/40	16/63	30/100	40/160	50/250	80/400	140/630
	106*, 156*, 16а*,20б, 21а,22а, 23а,24а, 25а*,30а, 34б,36б	96*,10а, 15а*,20б, 21а,34б, 36б,д	96*,10а, 11в*,12а, 15а*,20б, 21а,33а, 36а	7д,9а, 11в*,12а, 13б*, 14б*, 20а,33а, 36а	7д,и, 9а, 11б,13б*, 14б*,20а	7в,ж,11а, 13а*, 14а*, 31*,32а	7в,е,11а, 13а*, 14а*, 31*,32а	7а	7а	-	-	-
180-250	2,8/7	4/10	5/14	7/20	8/29	12/46	18/72	30/115	40/185	60/290	100/460	160/720
	10а,22а, 23а, 24а, 30а,34б, 36в,е	10а,12а, 20б, 21а, 33а, 34б, 36а	10а,12а, 20б,21а, 33а,36а	7д,9а, 12а, 20а, 33а, 36а	7д,и, 9а, 12а, 11б,20а	7г,з, 9а, 11а, 32а	7в,е, 11а, 32а	7а	7а	-	-	-
250-315	3/8	4/12	5/16	8/23	10/32	14/52	20/81	30/130	50/210	70/320	120/520	180/810
	21б,22а, 23а, 30а,34б	20б,21а, 33а, 34б, 36а	20б,21а, 33а,36а	7к, 20а, 21а, 33а, 36а	7г, 20а	7г,з, 20а	7в,е, 32а	7в,е, 32а	7а	-	-	-
315-400	3/9	5/13	6/18	9/25	10/36	16/57	24/89	40/140	50/230	80/360	120/570	180/890
	21а, 22а,23а, 30а,34б	20б, 21а, 33а, 34б, 36а	20б,21а, 33а,36а	7д,20а, 21а,33а, 36а	7д,и, 20а, 33а	7г,з, 20а	7в,е, 32а	7а, 32а	7а	-	-	-
400-500	4/10	5/15	6/20	9/27	12/40	18/63	26/97	40/155	50/250	80/400	140/630	200/970
	21б,22а, 23а, 30а,34б	20б, 21б, 34б, 36а	20б, 21а, 33а, 36а	20б, 21а, 33а, 36а	7г, 20а, 33а	7г,з, 20а	7в,е, 32а	7в,е, 32а	7а, 32а	-	-	-

* Измерительное средство не полностью обеспечивает диапазон номинальных размеров.

Таблица Г.6 – Выбор накладных средств измерений наружных размеров

Номиналь- ные разме- ры, мм	Квалитет																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допускаемая погрешность, мкм/допуск, мкм; средства измерений – по таблице Г.8																
до 3	0,4/1,2	0,8/2	1/3	1,4/4	1,8/6	3/10	3/14	6/25	8/40	12/60	20/100	30/140	50/250	80/400	120/600	200/1000	
	-	6г	6г	6г	6г	6в	6в	4а,6а, 5в	4а,6а 5в	4а,5а	4а,5а	4а	4а	4а	3	2	
3-6	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	1,6/5	2/8	3/12	4/18	8/30	10/48	16/75	30/120	40/180	60/300	100/480	160/750	240/1200	
	6г	6г	6г	6г	6в	6в	6а	4а,6а, 5в	4а,5а	4а,5а	4а	4а	4а	3	2	2	
6-10	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	2/6	2/9	4/15	5/22	9/36	12/58	18/90	30/150	50/220	80/360	120/580	200/900	300/1500	
	6г	6г	6г	6в	6в	6а	4а,6а 6г	4а,5в	4а,5а	4а,5а	4а	4а	4а	3	2	2	
10-18	0,8/2	1,2/3	1,6/5	2,8/8	3/11	5/18	7/27	10/43	14/70	30/110	40/180	60/270	90/430	140/700	240/1100	380/1800	
	6г	6г	6г	6в	6в	4а,6а 5г	4а,6а 5в	4а,5б	4а,5а	4а	4а	4а	4а	3	2	2	
18-30	1/2,5	1,4/4	2/6	3/9	4/13	6/21	8/33	12/52	18/84	30/130	50/210	70/330	120/520	180/840	280/1300	440/2100	
	6г	6г	6в*,г	6в	6а*,в	4а*,в 6а*,б, 5г	4а*,б, 6а,5в	4а,5б, 6а	4а,5а	4а	4а	4а	3	2	2	2	
30-50	1/2,5	1,4/4	2,4/7	4/11	5/16	7/25	10/39	16/62	20/100	40/160	50/250	80/390	140/620	200/1000	320/1600	500/2500	
	6г	6г	6г	6в	4б,5г, 6б	4б,5в, 6а	4а,5б, 6а	4а,5а	4а,5а	4а	4а	4а	3	2	2	1,2	
50-80	1,2/3	1,8/5	2,8/8	4/13	5/19	9/30	12/46	18/74	30/120	40/190	60/300	100/460	160/740	240/1200	400/1900	600/3000	
	6г	6г	6г	6в	4б,5г, 6б	4б,5в, 6а*,б	4а*,б, 5б,6а	4а,5а 6а	4а,5а	4а	4а	3	3	2	2	1,2	

Таблица Г.7 – Выбор средств измерений внутренних размеров

[illegible]

Номинальные размеры, мм	Квалитет															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Допускаемая погрешность, мкм/допуск, мкм; средства измерений – по таблице Г.9															
50-80	1,2/3	1,8/5	2,8/8	4/13	5/19	9/30	12/46	18/74	30/120	40/190	60/300	100/460	160/740	240/1200	400/1900	600/3000
	8б,10,13	8б,10	8а,9д	8а,9б	6б,8а,9а	6а,9а,12	4б,5б,6а,11,12	4а,5б,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	3	2	1,2
80-120	1,6/4	2/6	3/10	5/15	6/22	10/35	12/54	20/87	30/140	50/220	70/350	120/540	180/870	280/1400	440/2200	700/3500
	8б,10,13	8б,10	8а,9в	6б,8а,9а	6б,9а	4б,6а,9а,11,12	4б,6а,11,12	4а,5б,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	2	2	1,2
120-180	2/5	2,8/8	4/12	6/18	7/25	12/40	16/63	30/100	40/160	50/250	80/400	140/630	200/1000	320/1600	500/2500	800/4000
	13	8б	8б	8а	5а,8а,12	6а,11*,12	4б,5б,11*,12	4а,5а,11*,12	4а,5а,11*,12	4а,5а,11*,12	4а,5а,11*,12	4а,5а,11*,12	3	2	1,2	1,2
180-250	2,8/7	4/10	5/14	7/20	8/29	12/46	18/72	30/115	40/185	60/290	100/460	160/720	240/1150	380/1850	600/2900	1000/4600
	8б	8б	8а	6а,8а,12*	6а,8а,12*	6а,12*	4б,5б,12*	4а,5а,12*	4а,5а,12*	4а,5а,12*	4а,5а,12*	4а,5а,12*	3	2	1,2	1,2
250-315	3/8	4/12	5/16	8/23	10/32	14/52	20/81	30/130	50/210	70/320	120/520	180/810	260/1300	440/2100	700/3200	1100/5200
	-	-	-	-	6б,8а	6а,8а	4б,5б	4а,5а	4а,5а	4а,5а	4а,5а	4а,5а	3	2	1,2	1,2
315-400	3/9	5/13	6/18	9/25	10/36	16/57	24/89	40/140	50/230	80/360	120/570	180/890	280/1400	460/2300	800/3600	1200/5700
	-	-	-	8а	6б,8а	6а,8а	4б,5б	4а,5а	4а,5а	4а,5а	4а,5а	4а,5а	3	2	1,2	1,2
400-500	4/10	5/15	6/20	9/27	12/40	18/63	26/97	40/155	50/250	80/400	140/630	200/970	320/1550	500/2500	800/4000	1400/6300
	-	-	-	6б,8а	6а,8а	6а,8а	4б,5б	4а,5а	4а,5а	4а,5а	4а,5а	4а,5а	2	1,2	1,2	1,2

*Измерительное средство не полностью обеспечивает диапазон номинальных размеров.

Таблица Г.8 – Предельные погрешности измерения наружных линейных размеров, биений и глубин универсальными измерительными средствами

Номер для таблиц Г.5, Г.6	Средства измерений	Варианты использования	Предельные погрешности измерения, мкм для диапазона размеров, мм											
	Наименование и случаи применения													
1	Линейка измерительная металлическая с ценой деления 1 мм	-	500											
2	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,1 мм	-	до 50			50-250			250-500					
			150			200			250					
3	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,05 мм	-	100			100			-					
4	Микрометры гладкие с величиной отсчета 0,01 мм при настройке на нуль по установочной мере	а б	до 25	25-75	75-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500			
			5	10	15	15	20	25	30	40	50			
			5	5	5	10	10	10	10	10	10			
			до 10	10-30	30-50	50-80	80-180	180-200	200-300	300-400	400-500			
5	Скобы индикаторные с ценой деления 0,01 мм	а б	10	12	15	15	20	25	40	50	60			
			10	10	10	12	12	15	18	20	25			
			до 25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	200-250	250-300	300-400	400-500
6	Микрометры рычажные с ценой деления 0,002 и 0,01 мм, скобы рычажные при установке на нуль по концевым мерам длины при использовании на всем пределе измерения	а б в г	4	7	9	12	14	16	18	21	26	30	40	50
			4	4,5	5	5	6	7	7	7	7	7	10	10
			2	3	3	3	3,5	4	4,5	5	4	5	6	7
			0,6	0,8	0,8	1	1,2	1,3	1,4	1,7	1,8	2,3	2,6	3,3

Номер для табл. Г.5, Г.6	Средства измерений	Варианты использования	Предельные погрешности измерения, мкм для диапазона размеров, мм										
	Наименование и случаи применения												
			1-3	3-10	10-18	18-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
7	Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения от 2 до 10 мм, класс точности 1	а б в г д	15 12 10 8 5	15 13 10 8 5	15 13 10 8 5	16 14 10 8 5	18 15 12 8 6	20 18 12 8 6	22 20 12 8 6	25 25 14 9 7	35 35 18 10 9	40 40 20 11 9	45 45 22 12 10
8	Индикаторы рычажно-зубчатые с ценой деления 0,01 мм и пределом измерений 0,08 мм при измерении биения	а б в	15 10 5										
			до 10	10-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250				
9	Головки рычажно-зубчатые с ценой деления 0,002 мм и пределом измерения -0,01..+0,01 мм, с настройкой по концевым мерам	а	3	3,5	3,5	4	4,5	5	6				
	То же, с настройкой на нулевое деление	б	1,4	1,5	1,6	1,8	2,2	2,2	-				
10	Головки рычажно-зубчатые с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения -0,05..+0,05 мм, с настройкой по концевым мерам	а	2	2	2	2	2,5	2,5	2,8				
	То же, с настройкой на нулевое деление	б	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	-				
			до 3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	
11	Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,002 мм и пределом измерения 2 мм	а б в	5 5 3	5 5 3	5 5 3	6 5 4	6 5 4	7 5 4	8 5 4	10 6 4	10 7 4	12 8	
12	Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения 1 мм	а б	3 2	3 2	3 2,2	3 2,5	3 2,5	3 2,5	3 2,5	3,5 3	3,5 3	4	
			до 6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-160			
13	Головки измерительные пружинные (микрокаторы) с ценой деления -0,01 мм и пределом измерений -0,3..+0,3 мм	а б	6 4	6 4	7 4	7 5	7 5	8 5	10 6	10 6			
14	Микрокаторы с ценой деления 0,005 мм и пределом измерений -0,15..+0,15 мм	а б	5 3	5 3	5 3	5 3	6 3	7 4	9 5	9 5			
15	Микрокаторы с ценой деления 0,002 мм и пределом измерений -0,06..+0,06 мм	а б	1,5 1,0	1,5 1,0	1,5 1,5	1,5 1,5	2 1,5	2 1,5	2,5 2,0	2,5 2,0			
16	Микрокаторы с ценой деления 0,001 мм и пределом измерений -0,03..+0,03 мм	а б	0,7 0,6	0,8 0,6	0,9 0,7	1,0 0,8	1,0 0,8	1,0 0,9	1,2 1,0	1,2 1,0			
17	Микрокаторы с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерений -0,015..+0,015 мм	а б	0,50 0,40	0,50 0,40	0,60 0,50	0,60 0,50	0,60 0,50	0,70 0,50	0,90 0,60	0,90 0,70			
18	Микрокаторы с ценой деления 0,0002 мм и пределом измерений -0,006..+0,006 мм	а б	0,30 0,30	0,30 0,30	0,40 0,35	0,40 0,35	0,40 0,35	0,40 0,40	0,50 0,50	0,60 0,50			

Номер для таб- лиц Г.5, Г.6	Средства измерений	Варианты исполь- зования	Предельные погрешности измерения, мкм для диапазона размеров, мм													
	Наименование и случаи применения															
19	Микрокаторы с ценой де- ления 0,0001 мм и преде- лом измерений −0,004..+0,004 мм	а б	0,30 0,25	0,30 0,25	0,35 0,35	0,35 0,35	0,35 0,35	0,40 0,40	0,50 0,45	0,50 0,50						
			до 6	6-10	10- 18	18- 30	30- 50	50- 80	80- 120	120- 180	180- 250	250- 315	315- 400	400- 500		
20	Головки измерительные пружинные малогабарит- ные (микаторы) с ценой деления 0,002 мм и преде- лом измерений −0,1..+0,1 мм	а б	2,5 1,5	2,5 1,5	3,0 1,5	3,0 1,5	3,0 1,5	3,5 2	4,5 2	4,5 2	5,5 3	7,5 4	8,5 4	10 5		
21	Микаторы с ценой деления 0,001 мм и пределом изме- рений −0,05..+0,05 мм	а б	1,2 0,7	1,2 0,7	1,5 0,8	1,5 0,9	1,5 0,8	2 1	2 1,2	2 1,2	3 1,5	4 2	4,5 2,5	5,5 3		
22	Микаторы с нормальным измерительным усилием, с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерений − 0,025..+0,025 мм	а б	0,7 0,4	0,7 0,5	0,8 0,6	0,9 0,7	0,8 0,6	0,9 0,7	1,1 0,8	1,0 0,7	1,1 -	1,8 -	2,5 -	2,8 -		
23	Микаторы с уменьшенным измерительным усилием, с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерений − 0,025..+0,025 мм	а	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,2		
24	Микаторы с ценой деления 0,0002 мм и пределом из- мерений −0,01..+0,01 мм	а б	0,45 0,30	0,50 0,35	0,5 0,4	0,6 0,5	0,6 0,5	0,7 0,6	1,0 0,8	1,0 0,7	1,0 0,7					
			до 10		10-18		18-30		30-50		50-80		80-120		120-160	
25	Головки измерительные пружинно-оптические (оп- тикаторы) с ценой деления 0,001 мм и пределом изме- рений 0,25мм	а б	0,90 0,60		1,00 0,70		1,00 0,80		1,00 0,80		1,10 0,90		1,30 1,20		1,30 1,20	
26	Оптикаторы с ценой деле- ния 0,0005 мм и пределом измерений 0,1 мм	а б	0,50 0,35		0,60 0,40		0,60 0,50		0,60 0,50		0,70 0,60		0,90 0,80		0,90 0,80	
27	Оптикаторы с ценой деле- ния 0,0002 мм и пределом измерений 0,05 мм	а б	0,30 0,25		0,30 0,30		0,35 0,30		0,35 0,30		0,35 0,35		0,45 0,40		0,45 0,40	
28	Оптикаторы с ценой деле- ния 0,0001 мм и пределом измерений 0,024 мм	а б	0,25 0,25		0,30 0,25		0,30 0,30		0,35 0,30		0,35 0,30		0,40 0,40		0,40 0,40	
29	Головки измерительные рычажно-пружинные (ми- никаторы) с ценой деления 0,001 (0,002) мм и преде- лом измерений −0,04..+0,04 (−0,08..+0,08) мм при изме- рении биения	а б в г	3 2 1 0,5													
			до 18		18-120		120-180		180-250		250-315		315-400		400-500	
30	Оптиметр вертикальный, оптиметр горизонтальный и машина измерительная с ценой деления 0,001 мм и пределом измерений по шкале −0,1..+0,1 мм при относительном методе из- мерения	а б	1 0,4		1 0,5		1 1,6		1,5 0,7		1,5 0,8		2 0,9		2 1,0	
			до 18			18-50			50-80			80-120			120-150	
31	Микроскопы инструмен- тальные (большая и малая модель)		4			5			6			9			11	

Номер для таб- лиц Г.5, Г.6	Средства измерений	Варианты использования	Предельные погрешности измерения, мкм для диапазона размеров, мм												
	Наименование и случаи применения														
			до 3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
32	Микроскопы измерительные универсальные	а б в	3,0 6,0 2,5	3,0 6,0 3,0	3,5 6,0 3,0	3,5 6,0 3,0	4,0 6,5 3,0	4,5 6,5 3,5	5,5 7,0 4,0	7,0 8,0 5,0	9,0 - -	12 - -	16 - -	20 - -	25 - -
			до 18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500			
33	Машины измерительные при абсолютных измерениях	а	1	1,2	1,3	1,5	2	3	3,5	4	5	6			
	То же при относительных измерениях	б	См. П.30												
			до 3	3-10	10-18	18-50	50-80	80-120	120-180	180-315	315-500				
34	Длиномеры горизонтальный и вертикальный: - при абсолютных измерениях - при относительных измерениях	а	1,2	1,3	1,6	2	2,5	3	-	-	-				
		б	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5				
			до 6				6-18				18-100				
35	Проекторы измерительные	а	15				15				16				
		б	8				10				10				
		в	6				6				7				
			до 3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
36	Приборы показывающие с индуктивными преобразователями с переменной ценой деления: 0,1;0,2;0,5;1,0;2,0 мкм и пределами измерений ±3,±6,±15,±30 и ±60 мкм при работе с одним преобразователем	а	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	435	5,0
		б	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,8	2,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0
		в	0,8	0,8	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	2,0	2,0	2,5	3,5	4,0	5,0
		г	0,6	0,6	0,6	0,9	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
		д	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	3,0	-	-	-
		е	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,7	2,0	-	-	-	-
		ж	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	1,4	1,8	-	-	-
		з	0,4	0,4	0,45	0,6	0,75	0,75	0,75	1,0	1,25	1,75	-	-	-
		и	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	-	-	-	-
		к	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	-	-	-	-
		л	0,35	0,35	0,35	0,45	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	-	-	-	-
		м	0,3	0,3	0,3	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		н	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	-	-	-	-
		о	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	-	-	-	-
		п	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	-	-	-	-	-	-	-

Таблица Г.9 – Предельные погрешности измерения внутренних размеров

Номер для таблицы Г.7	Средства измерений	Варианты использования	Предельные погрешности измерения (мкм) для диапазона размеров, мм				
	Наименование и случаи применения						
			3-18	18-50	50-120	120-250	250-500
1	Линейки измерительные металлические	-	500				
2	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,1 мм	-	200	200	250	300	300
3	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,05 мм	-	150	150	200	200	250
4	Нутромеры микрометрические с величиной отсчета 0,01 мм	а	-	-	15	20	30
		б	-	-	10	15	20
5	Нутромеры индикаторные с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм	а	15	20	25	25	30
		б	10	10	15	15	20
		в	5	5	10	10	

Номер для таблицы Г.7	Средства измерений	Варианты использования	Предельные погрешности измерения (мкм) для диапазона размеров, мм				
	Наименование и случаи применения						
6	Нутромеры индикаторные при замене отсчетного устройства измерительной головкой с ценой деления 0,001 или 0,002 мм	а б	4,5 2,8	5,5 3,5	6,5 4,5	7,5 6,5	11 9
7	Нутромеры повышенной точности с ценой деления отсчетного устройства 0,001 и 0,002 мм	а б в	3,5 2 1,5	5 3,5 2,5	- - -	- - -	- - -
8	Оптиметры и длиномеры горизонтальные, измерительные машины с ценой деления отсчетного устройства 0,001	а б	1,5 1	1,5 1	2,5 1,2	5 2,5	9 -
			3-6	6-18	18-50	50-120	
9	Пневматические пробки с отсчетным прибором с ценой деления 0,5 мкм с настройкой по установочным кольцам	а б в г д	4 3 2,5 2 1,5	4 3 2,5 2 1,5	4,5 3,5 2,5 2,5 2	5 4 3 3 2,5	
10	То же, при цене деления прибора 0,2 мкм	а	0,8	0,5	0,5	0,8	
			До 18	18-50	50-120	120-250	
11	Микроскопы инструментальные (большая и малая модели)	-	7	10	10	10	
12	Микроскопы универсальные измерительные при использовании штриховой головки	-	5	6	7	7	
13	Приборы с электронным индикатором контакта при настройке по концевым мерам 0-го класса	-	0,3	0,3	0,5	0,5	
14	Приборы с электронным индикатором контакта для измерения диаметра малых отверстий при настройке по концевым мерам 0-го класса	-	0,5	-	-	-	

Заказ № _____ от « _____ » _____ 20 ____ . Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ