

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичних занять

з дисципліни

**«МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА СЕРТИФІКАЦІЯ»**

*(для студентів 2 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки
6.170202 «Охорона праці»)*

Харків – ХНАМГ – 2013

Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація» (для студентів 2 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О. В. Чеботарьова, І. О. Мікуліна – Х.: ХНАМГ, 2013. – 42 с.

Укладачі: О. В. Чеботарьова

І. О. Мікуліна

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Рецензент: доц. Жигло Ю. І.

Рекомендовано кафедрою «Безпека життєдіяльності», протокол № 21 від 23.05.2012 р.

ЗМІСТ

Практичне заняття № 1.Вибирання вимірювальних засобів для контролю розмірів.....	4
Практичне заняття № 2.Вибирання вимірювальних засобів з декількома ланками вимірювального каналу.....	10
Практичне заняття № 3.Визначення параметрів і погрішностей приладу.....	14
Практичне заняття № 4.Визначення систематичною погрішностей непрямих вимірювань.....	16
Практичне заняття № 5.Взаємозамінність гладких циліндрових з'єднань.....	19
Практичне заняття № 6.Вибирання вимірювальних засобів для контролю розмірів.....	24
Практичне заняття № 7.Визначення параметрів і погрішностей приладу.....	27
Практичне заняття № 8. Розрахунок і проектування калібрів для контролю гладких циліндрових з'єднань.....	29

Практичне завдання № 1.

Вибирання вимірювальних засобів для контролю розмірів

Умова. Вибрати універсальні вимірювальні засоби для розмірів отвору і валу.

Вказівки до рішення

Для вибирання засобів і методів вимірювань лінійних розмірів від 1 до 500 мм при прийманні виробів ГОСТ 8.051-81 встановлює похибок вимірювань, що припускаються (δ) залежно від допуску на виготовлення виробу ІТ по квалитету і номінальному вимірюваному розміру (таблиця. 11.1). Погрішності вимірювання є найбільшими погрішностями вимірювань, що включають всі складові, залежні від вимірювальних засобів, настановних заходів, температурних деформацій, базування і так далі

При допусках на виготовлення, не відповідних значенням, вказаним в таблиці. 1, похибки, що припускається, вибирається по найближчому меншому значенню допуску для відповідного розміру.

Існує зв'язок між відносною погрішністю вимірювання

$A_{\text{мет}}(\sigma) = \sigma_{\text{мет}} / IT$ (де $\sigma_{\text{мет}}$ – середнє квадратичне відхилення погрішності вимірювання), кількістю m ухвалення бракованих деталей як придатні, кількістю n неправильно забракованих деталей і вірогідним граничним значенням 3 виходу розміру за кожену межу поля допуску у неправильно прийнятих деталей.

Граничні значення m , n і 3 приведені в таблиці. 2.

При визначенні параметрів m , n і 3 рекомендується приймати для квалитетов 2-7 $A_{\text{мет}}(\sigma) = 0,16$; для квалитетов 8-9 $A_{\text{мет}}(\sigma) = 0,12$; для квалитетов 10 і грубіше $A_{\text{мет}}(\sigma) = 0,1$.

У разі відсутності вимірювального засобу з необхідною погрішністю вимірювання ($\Delta_{\text{си}}$ призначають приймальні межі шляхом зсуву їх всередину допуску на деталь на величину S .

Граничне значення S можна розрахувати по формулі $S = S_{\text{доп}} - S_{\text{спр}}$ де $S_{\text{доп}}$ – допустиме значення S , визначаване по таблиці. 11.2 залежно від допуску на виготовлення ІТ;

$S_{\text{спр}}$ – набутого значення S , визначаване по тому допуску ІТ, який по таблиці. 1 відповідає погрішності вимірювання (СІ вибраного вимірювального засобу).

Результати вибирання вимірювального засобу заносяться в таблиці 1.3.

Таблиця 1.1

Похибки вимірювань, що припускаються, для лінійних розмірів (ГОСТ 8.051-81, СТ СЕВ 303-76)

Номинальні розміри мм	Довалітети													
	2		3		4		5		6		7		8	
	м до м													
	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ
До 3	1,2	0,4	2,0	0,8	3	1,0	4	1,4	6	1,8	10	3,0	11	3,0
Св. 3 до 6	1,5	0,6	2,5	1,0	4	1,4	5	1,6	8	2,0	12	3,0	18	4,0
Св.6 до 10	1,5	0,6	2,5	1,0	4	1,4	6	2,0	9	2,0	15	4,0	22	5,0
Св.10 до 18	2,0	0,8	3,0	1,2	5	1,6	8	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0
Св.18 до 30	2,5	1,0	4,0	1,4	6	2,0	9	3,0	13	4,0	21	6,0	38	8,0
Св.30 до 50	2,5	1,0	4,0	1,4	7	2,4	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0
Св.50 до 80	3,0	1,2	5,0	1,8	8	2,8	13	4,0	19	5,0	30	9,0	46	12,0
Св.80 до 120	4,0	1,6	6,0	2,0	10	3,0	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0
Св.120 до 180	5,0	2,0	8,0	2,8	12	4,0	18	6,0	25	7,0	40	12,0	63	16,0
Св.180 до 250	7,0	2,8	10,0	4,0	14	5,0	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0
Св.250 до 315	8,0	3,0	12,0	4,0	16	5,0	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0
Св.315 до 400	9,0	3,0	13,0	5,0	18	6,0	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0
Св.400 до 500	10,0	4,0	15,0	5,0	20	6,0	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0

Номінальні розміри мм	Д о в а л і т е т и																	
	9		10		11		12		13		14		15		16		17	
	м д о м																	
	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ	1Т	δ
До 3	25	6	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80	600	120	1000	200
Св. 3 до 6	30	8	48	10	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100	750	160	1200	240
Св.6 до 10	36	9	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120	900	200	1500	300
Св.10 до 18	43	10	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140	1100	240	1800	380
Св.18 до 30	52	12	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180	1300	280	2100	440
Св.30 до 50	62	16	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200	1600	320	2500	500
Св.50 до 80	74	18	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240	1900	400	3000	600
Св.80 до 120	87	20	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280	2200	440	3500	700
Св.120 до 180	100	30	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320	2500	500	4000	800
Св.180 до 250	115	30	185	40	290	60	400	100	720	160	1150	240	1850	380	2900	600	4600	1000
Св.250 до 315	130	30	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440	3200	700	5200	1100
Св.315 до 400	140	40	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460	3600	800	5700	1200
Св.400 до 500	155	40	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500	4000	800	6300	1400

Примітка. Вирішується збільшення похибки, що припускається, вимірювання при зменшенні розміру, що враховує це збільшення, а також у разі розділення на розмірні групи для селективної збірки.

Таблиця 1.2

Амет (I)	m	n	С/ІТ	Амет (I)	m	n	С/ІТ
%				%			
1,6	0,37 - 0,39	0,70 - 0,75	0,01	10,0	3,10 - 3,50	4,50 - 4,75	0,14
3,0	0,87 - 0,90	1,20 - 1,30	0,03	12,0	3,75 - 4,11	5,40 - 5,80	0,17
5,0	1,60 - 1,70	2,00 - 2,25	0,06	16,0	5,00 - 5,40	7,80 - 8,25	0,25
8,0	2,60 - 2,80	3,40 - 3,70	0,10				

Примітка. Перші значення m і n відповідають закону нормального розподілу погрішності вимірювання, другі, – закону рівної імовірності. При невідомому законі розподілу погрішності вимірювання значення m і n можна визначати як середнє з приведених значень.

Приклад. Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання діаметру отвору (100H8, діаметру валу ($\varnothing 100f7$ і довжини валу $l = 80$ мм по середньому класу точності).

Рішення

1. Визначаємо граничні відхилення і допуски на розміри 100H8 і ($\varnothing 100f7$ по таблиці. 1, 2 застосування I або по ГОСТ 25347-82х і заноситься в таблиці. 1.3. По ГОСТ 25670-83 для довжини валу $l = 80$ з невказаними граничними відхиленнями приймаємо середній клас точності з полем допуску ($\pm t/2$). Згідно таблиці. 1 застосування IX визначаємо, що $\pm t/2 = \pm 0,3$ мм = (0,3 мм і заноситься в таблиці. 1.3.

2. Визначаємо допустиму погрішність вимірювання по ГОСТ 8.051-81 (див. таблиці. 1.1) і заноситься в таблиці. 1.3.

3. Вибираємо вимірювальний засіб по таблиці. 1.4, виконуючи перераховані умови. Дані вибраних засобів заносимо в таблиці. 1.3.

У зв'язку з перевищенням погрішності вимірювання отвору (100H8 індикаторним нутроміром ($\pm 0,018$ мм) допустимій погрішності вимірювання (0,012 мм) встановимо виробничий допуск і приймальні межі на цей отвір.

При допустимій величині виходу розміру за межу допуску згідно таблиці. 11.2 (при Амет (σ) = 12% для квалитетов 8-9) $S_{доп} = 0,17 \cdot 54 = 9,18$ мкм.

Вибраний засіб з $\Delta_{изм} = \pm 0,018$ мм вимірювань згідно таблиці. 1.3 прийнятно для вимірювання отвору 9-го квалитета, у якого ІТ = 87 мкм, а $S_{пр} = 0,17 \cdot IT = 0,17 \cdot 87 = 14,79$ мкм.

Приймальні межі зміщуємо всередину допуску на

$$Z = S_{пр} - S_{доп} = 14,79 - 9,18 = 5,61 \text{ мкм};$$

округлятимемо до $Z = 6$ мкм. Тоді виробничий допуск і приймальні межі даного отвору $\varnothing 100^{+0,048}_{+0,006}$ мм.

Таблиця 1.3

Вибірання вимірювальних засобів

Вимірюваний розмір	Допуск на розмір мм	Допустима погрішність вимірювання, мм	Вимірювальні засоби					
			Найменування	Тип або модель	Погрішність вимірювання, мм	Межі вимірювання, мм	Ціна ділення, мм	Метод вимірювання
Отвір (100H8 (+0,054))	0,054	0,012	Нутромір індикаторний	ГОСТ 868-82	$\pm 0,018$	50-100	0,01	Порівняння, прямий і так далі
Вал $\varnothing 100f7$ (-0,036) (-0,071)	0,035	0,010	Мікрометр II класу	МК ГОСТ 6507-90	$\pm 0,004$	75-100	0,01	Непоср., прямий і так далі
Довжина валу =80 ($\pm 0,3$)	0,6	0,100	Штангенциркуль	Шц-і ГОСТ 166-89	$\pm 0,1$	0-125	0,1	Абсолютний прямою і так далі

Таблиця 1.4

Характеристики засобів вимірювання лінійних розмірів

Найменування	Тип або модель	Діапазон вимірювання, мм	Ціна ділення, мм	Погрішність вимірювання, мм	Номер стандарту
1	2	3	4	5	6
Штангенциркулі	Шц-і	0-125	0,1	$\pm 0,1$	ГОСТ 166-89
	Шцт-і	0-125	0,1	$\pm 0,1$	
	Шц-іі	0-160	0,1	$\pm 0,1$	
	Шц-ііі	0-200	0,05	$\pm 0,05$	
Штангенциркулі із стрілочним відліком	Мод.124	0-150	0,1	$\pm 0,05$	ТУ-2-034-3011-83
Штангенглубінометри	ШГ	0-160	0,05	$\pm 0,05$	ГОСТ 162-90
Штангенглубінометри із стрілочним відліком	Мод. БВ-6232	0-250	0,05	$\pm 0,05$	ТУ-2-034-620-84

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6
Мікрометри	МК гладкі 1 класу	0-25	0,01	±0,002	ГОСТ 6507-90
		25-50; 50-75; 75-100		±0,0025	
		100-125; 125-150		±0,003	
	МК гладкі 2 класи	0-25;25-50;50-75; 75-100		±0,004	
		100-125;125-150		±0,005	
Мікрометри настільного типу	МІЛІГРА МИ горизонта льні	0-20	0,01	±0,003	ГОСТ 6507-90
Мікрометри важелі	МР-25 МР-50 МР-75 МР-100	0-25 25-50 50-75 75-100	0,002	±0,003	ГОСТ 4381-87
	МР-125 МР-150	100-125 125-150		±0,005	
Оптиметри горизонтальні	ІКГ	Зовнішніх довжин: 0-350мм; внутрішніх розмірів: 13,5-150	0,001	±0,0003	ГОСТ 5405-75
	ІКГ-3	Зовнішніх довжин: 0-500 мм; внутрішніх розмірів: 13,5- 400			
Нутроміри мікрометричні	НМ-75 НМ-175 НМ-600	50-75 75-175 75-600	0,01	±0,004 ±0,006 ±0,008	ГОСТ 10-88
Нутроміри індикаторні	НІ 10	6-10	0,01	±0,012	ГОСТ 868-82
	НІ 18	10-18		±0,015 ±0,018 ±0,02	
	НІ-50А	18-50			
	НІ 100-1 НІ 160 НІ 250	50-100 100-160 160-250			
Нутроміри з вимірювальними головками	105 109	10-18 18-50	0,001	±0,0035	ГОСТ 9244-75

1	2	3	4	5	6
Мікрокатори (пружинні головки типу ІГП)	01 ІГП	0-160 на стійці Сі і Сіі (ГОСТ 10197-70)	0,0001	$\pm 0,00015$	ГОСТ 28798-90
	02 ІГП		0,0002	$\pm 0,0002$	
	05 ІГП		0,0005	$\pm 0,0004$	
	1 ІГП		0,001	$\pm 0,0006$	
	2 ІГП		0,002	$\pm 0,0012$	
	5 ІГП		0,005	$\pm 0,003$	
	10 ІГП		0,010	$\pm 0,005$	

Питання для самоконтролю

1. Що таке допуск на вимірювання?
2. Які умови необхідно виконати при вибиранні вимірювального засобу і його точності?
3. Що означають параметри m , n і C ?
4. Що таке приймальні межі і правила їх призначення?
5. Як визначити допуск на вимірювання за відсутності стандартизованих значень?

Завдання 2

Вибирання вимірювальних засобів з декількома ланками вимірювального каналу

Умови. Вибрати засіб вимірювань (зубчасту для важеля головку) мінімально допустимій точності для контролю відхилення від круглості (рис.2.1), від перпендикулярності (рис.2.2) і від паралельності (рис.2.3) по варіантах, приведених в таблиці. 2.2.

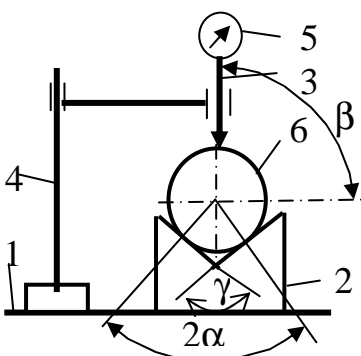


Рис. 2.1. Схема для визначення відхилення від круглості: 1 – поверочная плита; 2 – поверочная призма; 3 – наконечник измерительной головки; 4 – штатив; 5 – измерительная головка; 6 – деталь

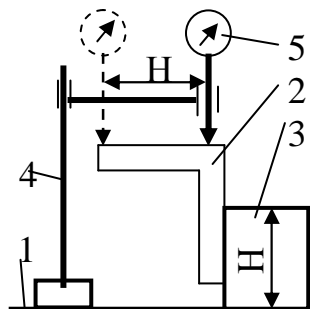


Рис. 2.2. Схема для визначення відхилення від перпендикулярності: 1 – поверочная плита; 2 – поверочный угольник; 3 – деталь; 4 – штатив; 5 – измерительная головка

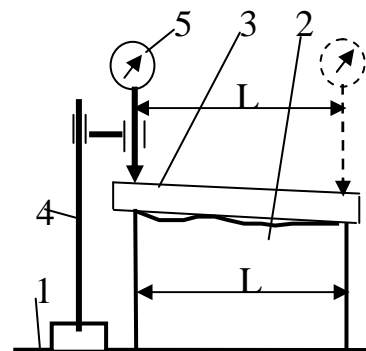


Рис.2.3. Схема для визначення відхилення від паралельності: 1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – поверочная линейка; 4 – штатив; 5 – измерительная головка

Таблиця 2.2. Вказівки до рішення

Варіант	Діаметр, мм	Допуск круглої, мкм	Число граней	Варіант	Довжина поверхні Н, мм	Допуск перпендикул ярності, мкм	Варіант	Висота Н, мм	Довжина поверхні L, мм	Допуск парал- ельності, мкм
1	20	25	3	2	90	50	3	25	50	40
4	24	40	5	5	100	80	6	35	60	50
7	30	60	7	8	120	60	9	50	100	60
10	40	50	9	11	150	100	12	70	120	80
13	60	100	8	14	160	160	15	120	300	100
16	80	160	3	17	200	120	18	160	200	160
19	100	60	5	20	140	40	21	200	400	120
22	150	80	7	23	60	60	24	220	450	80
25	180	120	9	26	100	160	27	250	500	200
28	200	200	8	29	160	200	30	300	600	250

Вибірання вимірювального засобу визначається допуском на вимірювання, який залежить від допуску на контролююваний параметр. За відсутності рекомендацій в нормативно технічних документах допуск на вимірювання

$$\delta_{\text{изм}} = 0,33T$$

де T – допуск на контрольований параметр.

Наприклад, для вимірювання відхилень форми і розташування допустиму абсолютну погрішність вимірювання шуканого засобу вимірювання визначають по виразу

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{\delta_{\text{изм}}^2 - \sum_{i=1}^n \Delta_i^2}, \quad (2.1)$$

де (изм - абсолютна погрішність вимірювання точності форми або розташування, яка не мають бути більше $0,33T_{\text{ф}}$ (тут $T_{\text{ф}}$ - заданий допуск форми або розташування);

Δ_i - абсолютні погрішності n ланок вимірювального каналу.

При визначенні відхилень від круглої одним із способів є спосіб різниць, при якому знаходять різницю між послідовними значеннями розмірів досліджуваного виробу за допомогою двух- або трьохконтактних приладів. У трьохконтактному приладі вимірювану деталь 6 (див. рис. 2.1) встановлюють в призму 2 з кутом розкриття γ і обмацують наконечником вимірювальної головки 3, закріпленою в штативі 4, в напрямі під кутом β до лінії, паралельній плиті 1 (таблиця 2.2). Вимірювальною голівкою 5, тип якої необхідно вибрати, фіксують максимальну зміну свідчень ΔA за один оборот контрольованої деталі 6. При цьому відхилення від круглої визначають як $\Delta_{\text{кр}} = \Delta A / K$, де K – коефіцієнт відтворення ограновування, залежний від кількості нерівностей на периметрі контрольованої деталі і кута розкриття призми (див. таблиці 2.2).

Сумарна погрішність по круглій не повинна перевищувати $\Delta_{\text{кр}} \leq T_{\text{ф}}$, а

погрішність вимірювання в даній схемі не повинна перевищувати $\delta_{\text{изм}} \leq 0,33T_{\text{ф}}$. Розміри і абсолютні погрішності ланок, що входять в схему вимірювань, приведені в таблиці. 3; 4; 5 і 6.

При визначенні відхилень від перпендикулярності косинець 2 щільно притискують до контрольованої поверхні деталі 3 і стосуються його наконечником вимірювальної головки 5 в двох крапках на відстані Н, рівному довжині контрольованої поверхні. Різниця свідчень вимірювальної головки є відхиленням від перпендикулярності. Розміри і абсолютні погрішності ланок, що входять в схему вимірювань, приведені в таблиці. 3; 4; 6 і 7.

При визначенні відхилення від паралельності на поверхню деталі, що перевіряється, 2 кладуть перевірочну лінійку 3 і стосуються її наконечником вимірювальної головки 5 в двох крапках на відстані L, рівному довжині контрольованої поверхні. Розміри і абсолютні погрішності ланок, що входять в схему вимірювань, приведені в таблиці. 3; 4; 6 і 8.

Таблиця 2.3

Параметри трьохконтактних пристроїв для контролю ограновувань з різним числом граней

Число граней	Половина центрального опорного кута (о)	Кут призми $\gamma_0 = 180\alpha - (\alpha)$	Кут нахилу вимірювальної головки (о)	Коефіцієнт відтворення ограновування	Число граней	Половина центрального опорного кута (о)	Кут призми $\gamma_0 = 180\alpha - (\alpha)$	Кут нахилу вимірювальної головки (о)	Коефіцієнт відтворення ограновування
5	54	72	90	1	3; 5	45	90	90	2
7	$38^{030'}$	103	90	1	7; 9	$67^{030'}$	45	90	2
3; 9	30	120	90	1	3; 9	60	60	90	2
2; 3; 7; 8	36	108	90	1,4	3; 5; 7; 9	60	60	60	2
2; 5; 9	25	130	90	1,7	3; 5; 7; 9	30	120	30	2
5; 7	30	120	90	2	2	30	120	30	2,4

Таблиця 2.4

Технічні характеристики вимірювальних головок

Вимірювальна головка	Тип модель	ГОСТ	Виготі вник	Ціна діленн я, мм	Діапазон вимірюва нь, мм	Допустима погрішність, мкм	
						Клас точності	
						0	1
Індикатор годинного типу	ІЧ-2	577 – 68 [*]	КРІН	0,01	0 - 2	10	12
	ІЧ-5; ІЧ-5Р				0 – 5	12	16
	ІЧ-10				0 – 10	15	20
	ІТ				0 – 2	10	12
	ІЧ-25				0 – 25	32	
	ІЧ-50				0 – 50	48	
Головка рачажно- зубчатая (однооборотная)	1ЯРЕМ	18833- 73 [*]	ЛПО	0,001	±0,05	±0,7	
	2ЯРЕМ			0,002	±0,10	±12	
Індикатор багатооборотний	1МИТЬ	9696- 82 [*]		0,001	0 – 1	2,5	
	2МИТЬ			0,002	0 – 2	5	
	1МІГП			0,001	0 – 1	1,8	
	2МІГП			0,002	0 - 2	3,5	

Таблиця 2.5

Плити перевіро́чні і розміча́льні (по ГОСТ 10905 – 86*)

Розмір плити, мм	Допустимі відхилення від площинної, мкм				
	Класи точності				
	01	0	1	2	3
400 x 250	4	6	10	25	-
630 x 400	6	10	16	40	-
1000 x 630					60
1600 x 1000	10	16	25	60	100
2500 x 1600	-	-	25		100
4000 x 1600	-	-	-	100	160

Примітка. Приклад умовного позначення плити шаброваної 1-го класу точності розміром 630 x 400 мм. Плита Ш – 1 – 630 x 400 ГОСТ 10905 – 86*.

Таблиця 2.6

Призми перевіро́чні і розміча́льні (по ГОСТ 5641 – 66)

Тип	Довжина L, мм	Ширіна В, мм	Висота Н, мм	Діаметри валів, що встановлюються на призму, мм		Допуск на паралельність призматичних виїмок бічним граням (на довжині L), мкм		
				Наїб.	Наїм.	Класи точності		
						0	1	2
П – 1	60	100	90	8	80	-	10	20
П – 2	80	150	135	12	135	-	15	25
П – 3	100	200	180	20	160	-	15	25
П – 4	125	300	270	32	300	-	20	30
Ш – 1	100	200	125	20	160	4	8	15
Ш - 2	125	300	180	32	300	5	10	20

Примітка. Приклад умовного позначення призми з чотирма призматичними виїмками розміром 200 x 180 x 100 мм 2-го класу точності. Призма П – 3 – 2 ГОСТ 5641 – 66.

Таблиця 2.7

Штативи (по ГОСТ 10197 – 70*)

Тип штатива	Висота колонки, не менше	Наїб. висота вимірювальної головки, не менше	Діаметр отвору під вимірювальну головку, мм	Для вимірювальних головок з ціною ділення, мкм	Прогинання штатива, що допускається, мкм
Ш – 1 і ШМ - 1	250	200	8	1 – 5	2
Ш - ШМ Шм - ПН	250	200	8	10 і більш	5
І – ПВ і ШМ - ПВ	630	500	8	10 і більш	8

Примітка. ШМ – штативи з магнітною підставою.

Таблиця 2.7

Косинці перевіро́чні 90о (по ГОСТ 3749 – 77*)

Тип косинця	Висота, мм	Довжина опорної поверхні, мм	Допуск перпендикулярності, мкм	
			Клас точності	
			0	1
УЛП (лекальний плоский) і УЛШ (лекальний з широкою підставою)	60	40	2,5	5
	100	60	3,0	6
	160	100	3,5	7
	250	160	4,5	9

Примітка. Приклад умовного позначення косинця плоского 0-го класу точності заввишки 160 мм. Косинець УЛП – 0 160 ГОСТ 3749 – 77*.

Таблиця 2.8

Лінійки перевірочні з широкою робочою поверхнею
(по ГОСТ 8026 – 92)

Позначення	Довжина, ширина, товщина, мм	Допуск паралельності робочих поверхонь, мкм		
		Класи точності		
		0	1	2
ШП (прямокутного перетину)	400 x 40 x 6	4	10	16
	630 x 50 x 10	6	16	25
	1000 x 60 x 12	6	16	25
ШД (двотаврового перетину)	630 x 50 x 14	6	16	25
	1000 x 60 x 16			

Примітка. Приклад умовного позначення лінійки з широкою робочою поверхнею прямокутного перетину 0-го класу точності завдовжки 400 мм. Лінійка ШП – 0 – 400 ГОСТ 8026 – 92.

Приклад. Вибрати засіб вимірювань для контролю відхилення від круглості валу $\varnothing 86h9$ з допуском круглості 0,025 мм.

Сумарна погрішність вимірювання в даній схемі не повинна перевищувати $\delta_{\text{изм}} \leq 0,33T_{\text{ф}} = 0,33 \cdot 25 = 8,25$ мкм.

По формулі (2.1) допустима погрішність приладу

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{\delta_{\text{изм}}^2 - \Delta_{\text{шт}}^2 - \Delta_{\text{приз}}^2 - \Delta_{\text{пл}}^2} = \sqrt{8,25^2 - 2^2 - 4^2 - 6^2} = 3,5 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\text{шт}}$ – погрішність штатива 4 (для штативів з магнітною підставою типу ШМ-1 допустиме прогинання не перевищує 2 мкм); ($\Delta_{\text{приз}}$ – погрішність призми 2 (для призм класу 0 типу Ш-1 погрішність від непаралельності призматичних виїмок бічним граням не перевищує 4 мкм); ($\Delta_{\text{пл}}$ – погрішність перевірконої плити 0 – 400x400 ГОСТ 10905 - 64 (допуск плоскості перевірконої плити класу 0 складає 6 мкм).

Таким чином, для реєстрації допуску круглості, рівного 25 мкм, має бути вибране вимірювальний засіб, що має погрішність не більше 3,5 мкм. Такими засобами можуть бути головки зубчаті для важеля типу 2МИГП з ціною ділення 0,002 мм і межею вимірювання $\pm 0,050$ мм з налаштуванням по кінцевих заходах довжини. Гранична погрішність вимірювання зубчатими для важеля головками не перевищує 3,5 мкм.

Практичне завдання 3

Визначення параметрів і погрішностей приладу

Умови: Визначити ті, що не дістають в таблиці. 3.1 параметрів, зняти показання приладу і знайти погрішності вимірювань для свого варіанту.

Вказівки до рішення

При рішенні задачі необхідно враховувати, що чутливість є величиною, зворотній ціні ділення, і що клас точності приладу чисельно дорівнює граничному допустимому значенню приведеної погрішності.

Таблиця 3.1

Варіант	Найменування приладу	К-ть ділень шкали	Верхня межа вимірювань	Ціна ділення	Чутливість	Показання приладу в діленнях	Значення вимірюваної величини	Клас точності	Найбільша можлива абсолютна погрішність вимірювань	Найбільша можлива відносна погрішність вимірювань
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Амперметр	50	5А			37		1,5		
2	Манометр	100	0,4 Па			60		1,0		
3	Рівнемір	60		0,1 м		52			0,006м	
4	Тахометр	100	300 ¹ / _з			56		0,5		
5	Вольтметр	60			2	26			0,45 У	
6	Манометр	200	10 Па			150		0,4		
7	Амперметр		3 А		10		2 А		0,045 А	
8	Вольтметр		250 У		0,2		220 У	1,5		
9	Манометр	40	1,6 кПа			36			40 Па	
10	Вольтметр	150		0,1 У		48		0,5		
11	Термометр	100	100 ⁰ / ₃			62		0,2		
12	Тахометр	100			0,5	30			2 ¹ / _з	
13	Ватметр	150		0,1 кВт			3,8 кВт	0,5		
14	Расходомер		2 кг/с		10		0,8 кг/с	1		
15	Амперметр		20 А	0,1 А			15 А		0,05 А	
16	Напоромер		2 кПа	10 Па			0,8 кПа	4		
17	Плотномер	50	5 кг/м ³			23			0,01 кг/м ³	
18	Термометр		400 До	2 До		130			0,04 До	
19	Тягомір		20 кПа	0,2 кПа			17 кПа	0,5		
20	Термометр		350 ⁰ / ₃		0,2		250 ⁰ / ₃	1,5		
21	Вакуумметр	100		1 Па		12			0,02 Па	
22	Напоромер	300	30 кПа			117		5		
23	Плотномер	100		0,02 кг/м ³			1,5 кг/м ³	2		
24	Ватметр	100			2	42			0,05 Вт	
25	Расходомер	40	1,6 кг/с			30			0,08 кг/с	
26	Тягомір	150			5	85			1,5 кПа	
27	Вакуумметр		100 Па	2 Па			58 Па		0,4 Па	
28	Плотномер		0,5 г/см ³	0,01 г/см ³			0,2 г/см ³		0,005 г/см ³	
29	Манометр		20 кПа	0,1 кПа			15 кПа	0,2		
30	Рівнемір		0,05 м	0,1 мм			0,02 м	1,0		

Знаючи клас точності, можна знайти найбільшу можливу абсолютну погрішність і, навпаки.

Питання для самоконтролю

1. Метрологічні показники засобів вимірювань.
2. Класи точності засобів вимірювань.
3. Метрологічна надійність засобів вимірювань.
4. Що таке абсолютна і відносна погрішності вимірювань?

Практичне завдання № 4

Визначення систематичною погрішностей непрямих вимірювань

Умови: Визначити сумарну абсолютну і відносну погрішності непрямого вимірювання, якщо відомі розрахункова формула, значення величин, що входять у формулу, і систематичні погрішності прямих вимірювань цих величин. Дані, необхідні для розрахунку, приведені в таблиці.4.1 і таблиця. 4.2.

Вказівки до рішення

З математичного аналізу відомо, що якщо величина є функцією декілька змінних

$$Y = f(x_1, x_2, \dots),$$

то абсолютна погрішність величини «у» визначається по формулі

$$\Delta = \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 + \dots,$$

де $\Delta x_1, \Delta x_2$ - абсолютні погрішності прямих вимірювань;

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$ - значення приватних похідних від функції по відповідному

аргументу.

Після знаходження абсолютної погрішності непрямого вимірювання можна обчислити відносну погрішність непрямого вимірювання за формулою де у - іскома величина, яка визначається по розрахунковій формулі.

Питання для самоконтролю

1. Що таке погрішність вимірювань і її види?
2. Систематичні і випадкові погрішності.
3. Граничні погрішності і їх визначення.
4. У чому полягає визначення систематичною погрішностей непрямих вимірювань?
5. У чому полягає визначення випадкової погрішності непрямих вимірювань?

Таблиця 4.1

Варіант	Розраху нкова формула	U, В	I, А	R, Ом	P, Вт	Q, кг/с	ρ , кг/м ³	V, м/с	S, м ²	ΔU , В	ΔI , А	ΔR , Ом	ΔP , Вт	ΔQ , кг/с	$\Delta \rho$, кг/м ³	ΔV , м/с	ΔS , м ²
1	$Q = \rho \cdot V \cdot S$						800	1,5	$12 \cdot 10^{-4}$						+10	+0,05	$+0,2 \cdot 10^{-4}$
2	$R = U/I$	220	2							+5	+0,01						
3	$V = Q/\rho \cdot S$					1,2	800		$12 \cdot 10^{-4}$					+0,02	-10		$-0,1 \cdot 10^{-4}$
4	$P = U \cdot I$	220	8							+5	-0,01						
5	$\rho = Q/V \cdot S$					1		1,2	$10 \cdot 10^{-4}$					+0,02		-0,04	$+0,2 \cdot 10^{-4}$
6	$U = P/I$		1,2		1500						-0,02		+20				
7	$S = Q/V \cdot \rho$					0,8	800	1,2						+0,02	-12	-0,04	
8	$I = U/R$	220		1000						-3		+10					
9	$I = P/U$	220			1500					+5			-20				
10	$U = I \cdot R$		4,5	120							-0,1	-1,8					
11	$Q = \rho \cdot V \cdot S$						800	2,5	$8 \cdot 10^{-4}$						-15	+0,05	$+0,2 \cdot 10^{-4}$
12	$\rho = Q/V \cdot S$					1		0,8	$16 \cdot 10^{-4}$					+0,01		+0,02	$-0,1 \cdot 10^{-4}$
13	$U = I \cdot R$		3	120							+0,08	-1,2					
14	$I = P/U$	360			1200					+2			+15				
15	$S = Q/V \cdot \rho$					1,5	600	1,0						+0,02	+15	+0,04	
16	$R = U/I$	360	4							-5	-0,1						
17	$U = P/I$		10		1200						-0,05		+12				
18	$V = Q/\rho \cdot S$					0,85	800		$10 \cdot 10^{-4}$					+0,01	+12		$-0,2 \cdot 10^{-4}$
19	$I = U/R$	360		600						+3		-10					
20	$P = U \cdot I$	220	6,5							-2	+0,02						

Примітка. У формулах прийняті позначення: U - напруга; I - струм; R - опір; P - потужність;
Q - витрата палива; ρ - щільність палива; V - швидкість потоку палива; S - площа перетину трубопроводу.

Таблиця 4.2

Варіант	Розрахункова формула	Q мм ³	l мм	S мм	h мм	d мм	E $\frac{\text{кг}(\text{м}^2)}{\text{с}^2}$ (Дж)	m кг	V м/с	ΔQ мм ³	Δl мм	ΔS мм	Δh мм	Δd мм	ΔE $\frac{\text{кг}(\text{м}^2)}{\text{с}^2}$ (Дж)	Δm кг	ΔV м/с
21	$Q=l \cdot S \cdot h$		5	5	20						+0,05	+0,05	+0,05				
22	$l=Q/S \cdot h$	200		5	10					-0,4		-0,04	-0,04				
23	$S=Q/l \cdot h$	210	3		14					+4,5	+0,1		+0,1				
24	$h=Q/l \cdot S$	576	6	8						-2,4	-0,02	-0,02					
25	$Q=\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$				18	2,5							-0,05	+0,01			
26	$d=\sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot h}}$	600			10					+0,5			-0,01				
27	$h=4Q/\pi \cdot d^2$	250				4				+1,0				-0,04			
28	$E=0,5m \cdot V^2$							20	15							+0,3	-0,01
29	$m=2E/V^2$						6000		25						-2		+0,01
30	$V=\sqrt{\frac{2E}{m}}$						8000	40							+3	+0,04	

Примітка. У формулах прийняті позначення: Q - об'єм; l - довжина; S - ширина; h - висота; d - діаметр; E - кінетична енергія; V - швидкість; m - маса.

Практичне заняття №5

Взаємозамінність гладких циліндрових з'єднань

Умови. Для приведених в таблиці. 5.1 посадок, заданих в системі ЕСДП, визначити граничні розміри деталей, допуски розмірів, найбільший і найменший зазори (натяг), допуски посадок; для перехідних посадок розрахувати вірогідність отримання зазорів і натягу. Побудувати схему розташування полів допусків валу і отвору. Викреслити ескізи деталей, що сполучаються, і проставити на них позначення полів допусків і посадок всіма способами, передбаченими стандартом.

Таблиця 5.1

Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки
1	Ø40H8/s7	14	Ø100 H8/u8	27	Ø53 H8/js7	40	Ø20 H8/f8
2	Ø50 H8/u7	15	Ø110 H8/n7	28	Ø12 H8/e8	41	Ø75 H8/u8
3	Ø60 H8/n7	16	Ø75 H8/m7	29	Ø63M8/h7	42	Ø12 H8/k7
4	Ø30 H8/m7	17	Ø40 H8/k7	30	Ø70K8/h7	43	Ø18 H8/js7
5	Ø20 H8/k7	18	Ø15 N8/h7	31	Ø75 H8/d8	44	Ø25 H8/e8
6	Ø25 H8/js7	19	Ø20M8/h7	32	Ø80 H8/h8	45	Ø18 H8/d8
7	Ø45 H7/h7	20	Ø25K8/h7	33	Ø85 H8/f8	46	Ø60 H8/s7
8	Ø50 H8/e8	21	Ø30Js8/h7	34	Ø56 H8/x8	47	Ø95 H8/c8
9	Ø36 H8/c8	22	Ø100D8/h8	35	Ø95 H8/z8	48	Ø60 H8/d8
10	Ø65 H8/u7	23	Ø40F8/h8	36	Ø100 H8/k7	49	Ø67 H8/js7
11	Ø25 H8/x8	24	Ø50U8/h8	37	Ø110 H8/e8	50	Ø53 H8/s7
12	Ø85 H8/s7	25	Ø67 H8/s7	38	Ø16 H8/u7		
13	Ø45 H8/z8	26	Ø19 H8/c8	39	Ø25 H8/s7		

Вказівки до рішення

Рішення задачі ведеться в наступній послідовності.

1. Залежно від номінального значення діаметру і поля допуску по [8] або додатку І (табл.2) вибираються граничні відхилення отвору: ES - верхнє відхилення розміру отвору; EI - нижнє відхилення розміру отвору. Залежно від номінального значення діаметру і поля допуску вибирають також граничні відхилення валу (див. додаток І, таблиця. 1): es - верхнє відхилення розміру валу, ei – нижнє відхилення розміру валу.

2. Визначаються граничні розміри отвору і валу, допуски розміру отвору і валу.

Найбільший граничний розмір отвору

$$D_{\max} = D_H + ES$$

де D_H - номінальний діаметр отвору.

Найменший граничний розмір отвору

$$D_{\min} = D_H + EI.$$

Допуск отвору

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI.$$

Найбільший граничний розмір валу

$$d_{\max} = d_H + e_s,$$

де d_H - номінальний діаметр валу.

Найменший граничний розмір валу

$$d_{\min} = d_H + e_i.$$

Допуск валу

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = e_s - e_i.$$

3. Розраховуються найбільші і найменші зазори або натяг залежно від характеру посадки.

Найбільший і найменший зазор (для посадки із зазором)

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es.$$

Допуск посадки

$$T_s = S_{\max} - S_{\min} = TD + T_d.$$

Допуск будь-якої посадки дорівнює сумі допусків отвору і валу, складових з'єднання.

Найбільший і найменший натяг (для посадок з натягом)

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES.$$

При розрахунку перехідної посадки визначаються максимальний зазор і максимальний натяг.

У разі розрахунку тільки зазорів мінімальний зазор (для перехідної посадки) може вийти із знаком мінус, який указує на те, що це натяг; у перехідних посадках найменший зазор чисельно дорівнює найбільшому натягу.

Допуск перехідної посадки (допуск натягу T_N або допуск зазору T_s)

$$T_N = T_s = N_{\max} - N_{\min} = S_{\max} - S_{\min} = N_{\max} + S_{\max} = TD + T_d.$$

4. Для перехідних посадок проводиться розрахунок на вірогідність отримання натягу і зазорів.

Характер перехідних посадок, трудомісткість збірки і розбирання з'єднань визначаються вірогідністю отримання натягу і зазорів.

При розрахунку вірогідності зазорів і натягу зазвичай виходять з нормального закону розподілу розмірів деталей при виготовленні, що характеризується кривою, приведеною на рис. 5.1 і розташованою симетрично щодо центру групування. В цьому випадку розподіл натягу і зазорів також підкорятиметься закону нормального розподілу, а вірогідність їх отримання визначається за допомогою інтегральної функції вірогідності $\Phi(Z)$, значення якої приведені в таблиці. 1.2:

$$\Phi(Z) = \frac{1}{\sqrt{1\pi}} \int_0^Z \exp - \frac{Z^2}{2} dZ.$$

При виконанні розрахунку визначаються середній натяг або середній зазор як

$$N_c = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2}, \quad S_c = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}.$$

Вірогідність натягу $P_n = 0,5 + \Phi(Z)$.

Середній натяг (зазор) є центром групування кривої розподілу (див. рис. 5.1).

Середнє квадратичне відхилення натягу (зазору)

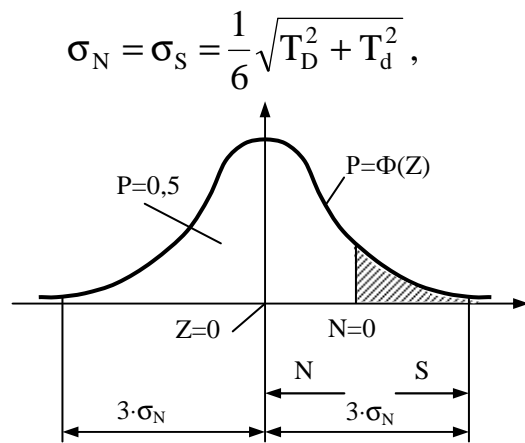


Рис. 1.1. Кривая закона

де T_D - допуск на розмір отвору;

T_d - допуск на розмір валу.

Зона розсіювання натягу і зазорів в посадці визначається величиною $6\sigma_N$.

Імовірнісний граничний натяг і зазори

$N_{\max} \text{ віри} = NC + 3(N; N_{\min} \text{ вер} = NC - 3(N;$

$S_{\max} \text{ вер} = SC + 3(S; S_{\min} \text{ віри} = SC - 3(S.$

Визначається межа інтеграції (при $N_i = 0$ або $S_i = 0$) як

$$Z = \frac{N_C}{\sigma_N} \text{ або } .$$

З таблиці. 1.2 по знайденому значенню Z визначається значення $\Phi(Z)$. Розраховуються вірогідність натягу (або відсоток натягу) і вірогідність зазорів (відсоток зазорів).

Якщо всю площу в межах $3\sigma_N$ прийняти за одиницю (або 100%), то вірогідність натягу і зазорів

$$P_N^I = 0,5 + \Phi(Z); \quad P_S^I = 0,5 - \Phi(Z).$$

Відсоток з'єднань з натягом

Відсоток з'єднань із зазором

На складальних кресленнях посадка вказується у вигляді дробу, в чисельнику якої - поле допуску отвору, в знаменнику - полі допуску валу. При позначенні посадки (мал. 1.2) замість умовних позначень полів допусків указуються граничні відхилення розмірів (мм) з вказівкою знаку відхилення або умовними позначеннями граничних відхилень з вказівкою справа в скобочках їх числових величин (мм).

Таблица 5.2 Значення $\Phi(Z)$

Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$
1	2		4	5	6	7	8
0,01	0,0040	0,29	0,1140	0,64	0,2389	1,50	0,4332
0,02	0,0080	0,30	0,1179	0,66	0,2454	1,55	0,4394
0,03	0,0120	0,31	0,1217	0,68	0,2517	1,60	0,4452
0,04	0,0160	0,32	0,1255	0,70	0,2580	1,65	0,4505
0,05	0,0199	0,33	0,1293	0,72	0,2642	1,70	0,4554
0,06	0,0239	0,34	0,1331	0,74	0,2703	1,75	0,4599
0,07	0,0279	0,35	0,1368	0,76	0,2764	1,80	0,4641
0,08	0,0319	0,36	0,1406	0,78	0,2823	1,85	0,4678
0,09	0,0369	0,37	0,1443	0,80	0,2881	1,90	0,4713
0,10	0,0398	0,38	0,1480	0,82	0,2939	1,95	0,4744
0,11	0,0438	0,39	0,1517	0,84	0,2995	2,00	0,4772

1	2	3	4	5	6	7	8
0,12	0,0478	0,40	0,1554	0,86	0,3051	2,10	0,4821
0,13	0,0517	0,41	0,1591	0,88	0,3106	2,20	0,4861
0,14	0,0557	0,42	0,1628	0,90	0,3159	2,30	0,4893
0,15	0,0596	0,43	0,1664	0,92	0,3212	2,40	0,4918
0,16	0,0636	0,44	0,1700	0,94	0,3264	2,50	0,4938
0,17	0,0675	0,45	0,1736	0,96	0,3315	2,60	0,4953
0,18	0,0714	0,46	0,1772	0,98	0,3365	2,70	0,4965
0,19	0,0753	0,47	0,1808	1,00	0,3413	2,80	0,4974
0,20	0,0793	0,48	0,1844	1,05	0,3531	2,90	0,4981
0,21	0,0832	0,49	0,1879	1,10	0,3643	3,00	0,49865
0,22	0,0871	0,50	0,1915	1,15	0,3749	3,20	0,49931
0,23	0,0910	0,52	0,1985	1,20	0,3849	3,40	0,49966
0,24	0,0948	0,54	0,2054	1,25	0,3944	3,60	0,49984
0,25	0,0987	0,56	0,2123	1,30	0,4032	3,80	0,499928
0,26	0,1020	0,58	0,2190	1,35	0,4115	4,00	0,499968
0,27	0,1064	0,60	0,2257	1,40	0,4192	4,50	0,499997
0,28	0,1103	0,62	0,324	1,45	0,4265	5,00	0,499997

Приклад. Для посадки $\varnothing 65\text{H7/p6}$ виконуємо необхідні розрахунки, вказані в умові завдання 1.

1. Відхилення отвору $\varnothing 65\text{H7}$ вибираємо по таблиці 5.2 застосування І або [8]. У інтервалі діаметрів 50 - 80 мм для поля допуску H7 основного отвору 7-го квалитета верхнє відхилення $ES = +30$ мкм, нижнє відхилення $EI = 0$.

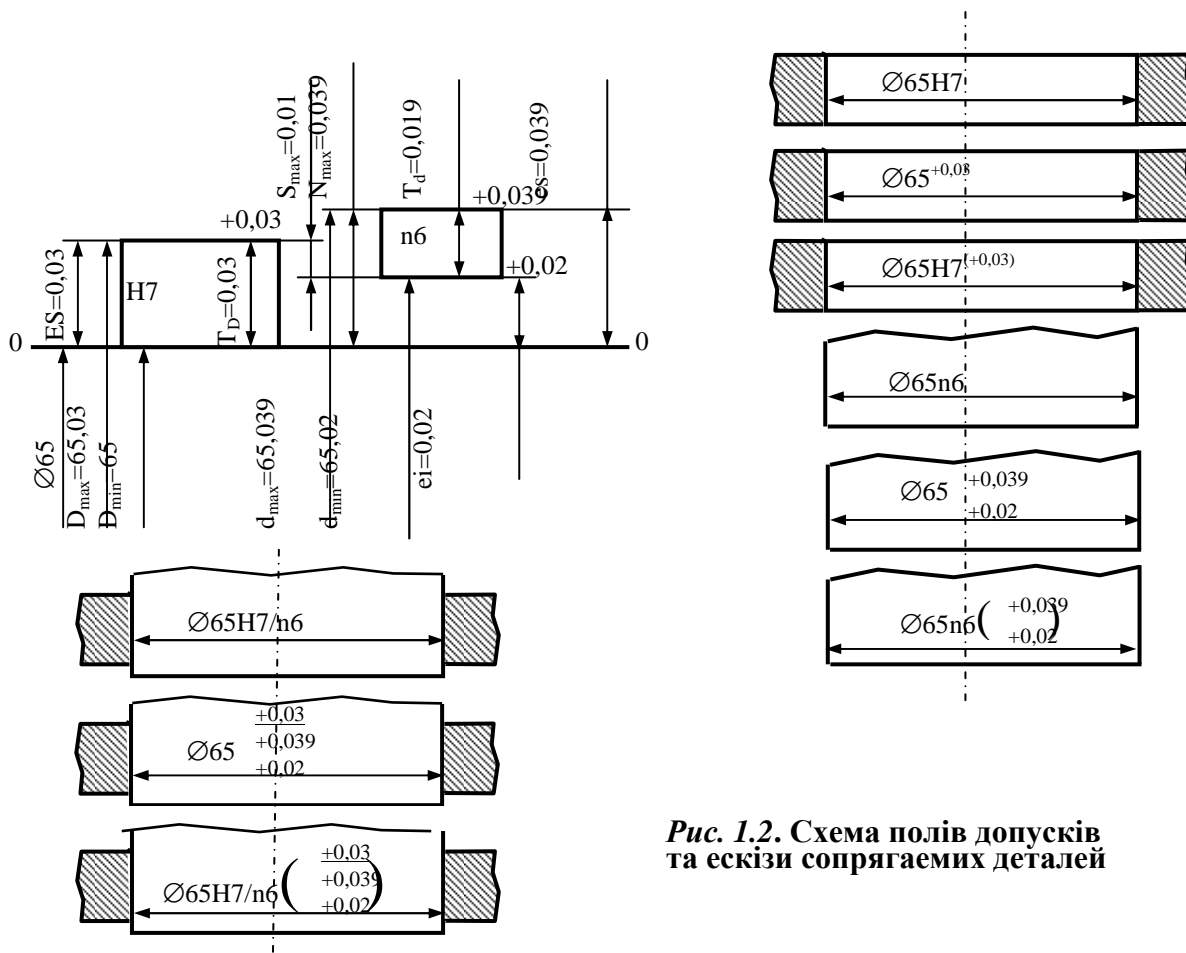


Рис. 1.2. Схема полів допусків та ескізи сопрягаемых деталей

2. Відхилення валу $\varnothing 65_{H6}$ вибираємо по таблиці 5.1 застосування І або [8]. Верхнє відхилення розміру валу $e_s = + 39$ мкм, нижнє відхилення розміру валу $e_i = +20$ мкм.

3. Визначаємо граничні розміри і допуски розміру отвору і валу. Отвір $D_{\max} = D_H + E_S = 65 + 0,03 = 65,03$ мм

$$D_{\min} = D_H + E_I = 65 + 0 = 65 \text{ мм}$$

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = E_S - E_I = 65,03 - 65 = 0,03 - 0 = 0,03 \text{ мм.}$$

$$\text{Вал } d_{\max} = d_H + e_s = 65 + 0,039 = 65,039 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d_H + e_i = 65 + 0,02 = 65,02 \text{ мм}$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = e_s - e_i = 65,039 - 65,02 = 0,039 - 0,02 = 0,019 \text{ мм.}$$

Найбільші і найменші табличні зазори

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 65,03 - 65,02 = 0,01 \text{ мм, } S_{\min} = 65 - 65,039 = - 0,039 \text{ мм.}$$

Знак мінус указує, що це натяг;

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,039 \text{ мм; } N_{\max} = 0,039 \text{ мм.}$$

Допуск посадки

$$T_{\text{пос}} = S_{\max} + N_{\max} = 0,01 + 0,039 = 0,049 \text{ мм.}$$

4. Оскільки посадка перехідна, то розрахуємо вірогідність появи при збірці натягу і зазорів.

Середній натяг

$$N_C = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{39 - 10}{2} = 14,5 \text{ мкм.}$$

5. Середнє квадратичне відхилення натягу

$$\sigma_N = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{30^2 + 19^2} \approx 5,9 \text{ мкм.}$$

6. Зона розсіювання натягу і зазорів

$$N_{\max} \text{ віри} = N_C + 3(N = 14,5 + 3(5,9 = 32,2 \text{ мкм.}$$

$$N_{\min} \text{ вер} = N_C - 3(N = 14,5 - 3(5,9 = -3,2 \text{ мкм (зазор).}$$

7. Межа інтеграції

$$Z = \frac{N_C}{\sigma_N} = \frac{14,5}{5,9} = 2,46.$$

З таблиці. 5.2 по $Z = 2,46$ визначається значення $\Phi(Z) = 0,493$.

$$\text{Вірогідність натягу } P1N = 0,5 + 0,493 = 0,993.$$

$$\text{Вероятность зазору } P1S = 0,5 - 0,493 = 0,007.$$

Отже, при збірці приблизно 99,30 % всіх з'єднань будуть з натягом, а 0,7 % з'єднань - із зазором.

Питання для самоконтролю

1. Зобразіть графічно, а також дайте визначення погрішностей форми циліндрових і плоских поверхонь.

2. Зобразіть графічно поля допусків на контрольовані розміри.

3. Що таке допуск, поле допуску і посадка?

4. Що таке система отвору і система валу? У якій системі виконаний контрольований розмір?

5. Зобразіть схему полів допусків в системі валу і в системі отвору.

Практичне заняття № 6. Взаємозамінність різьбових з'єднань

Умови. Для різьблення М (таблиця. 6.1) визначити номінальні і граничні розміри зовнішнього, середнього і внутрішнього діаметрів зовнішнього і внутрішнього різьблення. Встановити найбільший і найменший зазори (або натяг) по середньому діаметру. Накреслити схеми полів допусків по зовнішньому, середньому і внутрішньому діаметрах, позначивши величини відхилень.

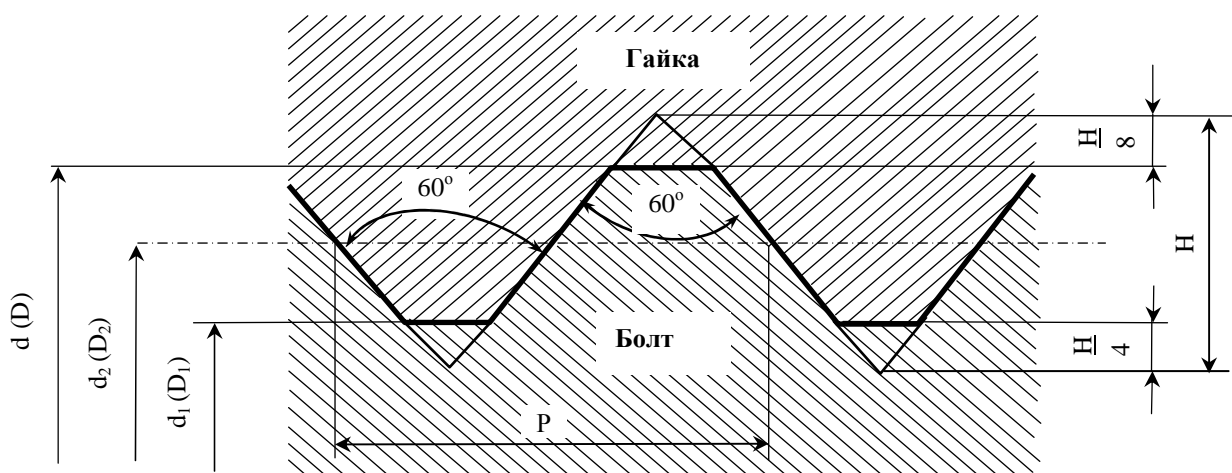


Рис. 6.1

Вказівки до рішення

Рішення задачі необхідно вести в наступній послідовності. Користуючись залежностями, приведеними в таблиці. 6.2, визначаємо номінальні розміри середнього діаметру болта d_2 і гайки D_2 , внутрішнього діаметру болта d_1 і гайки D_1 . При цьому зовнішній діаметр болта d приймаємо рівним номінальному, вказаному в завданні (рис. 6.1).

Визначаємо граничні розміри діаметрів наружного (d) для болта, внутрішнього (D_1) для гайки і середнього (d_2, D_2) для болта і гайки. При підрахунку діаметрів граничні відхилення беруться з табл.1 і 2 застосування III.

Таблиця 6.1

Варіант	Позначення різьблення М	Варіант	Позначення різьблення М	Варіант	Позначення різьблення М
1	2	3	4	5	6
1	M2,5 x 0,25	18	M10 x 1,5	35	M16 x 1,5
2	M3 x 0,5	19	M12 x 1,75	36	M20 x 2
3	M4 x 0,7	20	M16 x 2	37	M14 x 1
4	M5 x 0,8	21	M18 x 2, 5	38	M10 x 1,5
5	M6 x 1	22	M20 x 2,5	39	M5 x 0,5
6	M8 x 1,25	23	M22 x 2	40	M8 x 1
7	M10 x 1,5	24	M22 x 2,5	41	M12 x 1,75

1	2	3	4	5	6
8	M12 x 1,25	25	M20 x 1,5	42	M6 x 0,5
9	M14 x 2	26	M10 x 0,5	43	M10 x 0,75
10	M16 x 2	27	M8 x 1	44	M14 x 1
11	M6 x 1	28	M16 x 0,75	45	M18 x 1, 5
12	M8 x 1,25	29	M16 x 1	46	M16 x 0,75
13	M12 x 1,5	30	M4 x 0,5	47	M4 x 0,5
14	M16 x 2	31	M5 x 0,8	48	M14 x 2
15	M12 x 1,25	32	M6 x 1	49	M18 x 1,5
16	M6 x 1	33	M8 x 1	50	M22 x 2,5
17	M8 x 1,25	34	M12 x 1,25		

Таблиця 6.2

Розміри середнього і внутрішнього діаметрів метричного різьблення

Крок різьблення Р, мм	Діаметр різьблення (болт і гайка)		Крок різьблення Р, мм	Діаметр різьблення (болт і гайка)	
	Середній d2, D2	Внутрішній d1, D1		Середній d2, D2	Внутрішній d1, D1
0,25	$d - 1 + 0,838$	$d - 1 + 0,729$	0,75	$d - 1 + 0,513$	$d - 1 + 0,188$
0,3	$d - 1 + 0,805$	$d - 1 + 0,675$	0,8	$d - 1 + 0,480$	$d - 1 + 0,134$
0,35	$d - 1 + 0,773$	$d - 1 + 0,621$	1	$d - 1 + 0,350$	$d - 2 + 0,917$
0,4	$d - 1 + 0,740$	$d - 1 + 0,567$	1,25	$d - 1 + 0,188$	$d - 2 + 0,647$
0,45	$d - 1 + 0,708$	$d - 1 + 0,513$	1,5	$d - 1 + 0,026$	$d - 2 + 0,376$
0,5	$d - 1 + 0,675$	$d - 1 + 0,459$	1,75	$d - 2 + 0,863$	$d - 2 + 0,106$
0,6	$d - 1 + 0,610$	$d - 1 + 0,350$	2	$d - 2 + 0,701$	$d - 3 + 0,835$
0,7	$d - 1 + 0,545$	$d - 1 + 0,242$	2,5	$d - 2 + 0,376$	$d - 3 + 0,294$

Слід мати на увазі, що для різьб із зазором верхнє відхилення зовнішнього діаметру гайки і нижнє відхилення внутрішнього діаметру болта не нормуються. Розраховуємо найбільші і найменші зазори або натяг по середньому діаметру. Найбільший і найменший зазори

$$S_{\max} = D2_{\max} - d2_{\min} = ES2 - ei2 ;$$

$$S_{\min} = D2_{\min} - d2_{\max} = EI2 - es2$$

де ES2 ; EI2 ; es2; ei2 – відповідно верхнє і нижнє відхилення по середньому діаметру різьблення гайки і болта.

Для різьблення з натягом

$$N_{\max} = d2_{\max} - D2_{\min} = es2 - EI2;$$

$$N_{\min} = d2_{\min} - D2_{\max} = ei2 - ES2 .$$

Викреслюємо схеми полів допусків по всіх трьох діаметрах і проставляємо на них величини відхилень.

Приклад. Для різьблення M20 x 2,5 виконуємо необхідні розрахунки. Номінальне значення зовнішнього діаметру d (D) = 20 мм.

1. Визначаємо значення зовнішнього і внутрішнього діаметрів по таблиці. 6.2:

$$d2 = D2 = d - 2 + 0,376 = 20 - 2 + 0,376 = 18,376 \text{ мм};$$

$$d1 = D1 = d - 3 + 0,294 = 20 - 3 + 0,294 = 17,294 \text{ мм}.$$

2. Знаходимо по таблиці. 1 застосування III граничні розміри болта.

Зовнішній діаметр болта

$$d_{\max} = d_{\text{ном}} + (-0,042) = 20 - 0,042 = 19,958 \text{ мм}; \quad d_{\min} = 20 - 0,377 = 19,623 \text{ мм}.$$

Середній діаметр болта

$$d_{2\max} = 18,376 - 0,042 = 18,334 \text{ мм}; \quad d_{2\min} = 18,376 - 0,212 = 18,176 \text{ мм}.$$

Внутрішній діаметр болта

$$d_{1\max} = 17,294 - 0,042 = 17,252 \text{ мм}; \quad d_{1\min} \text{ не нормується}.$$

3. Граничні розміри гайки по таблиці. 2 застосування III

$$D_{2\max} = 18,376 + 0,224 = 18,600 \text{ мм}; \quad D_{2\min} = 18,376 \text{ мм};$$

$$D_{1\max} = 17,294 + 0,450 = 17,744 \text{ мм};$$

$$D_{1\min} = 17,294 \text{ мм}; \quad D_{\max} - \text{не нормується}; \quad D_{\min} = 20 \text{ мм}.$$

5. Визначаємо найбільші і найменші зазори по середньому діаметру:

$$S_{\max} = D_{2\max} - d_{2\min} = 18,600 - 18,176 = 0,436 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{2\min} - d_{2\max} = 18,376 - 18,334 = 0,042 \text{ мм}.$$

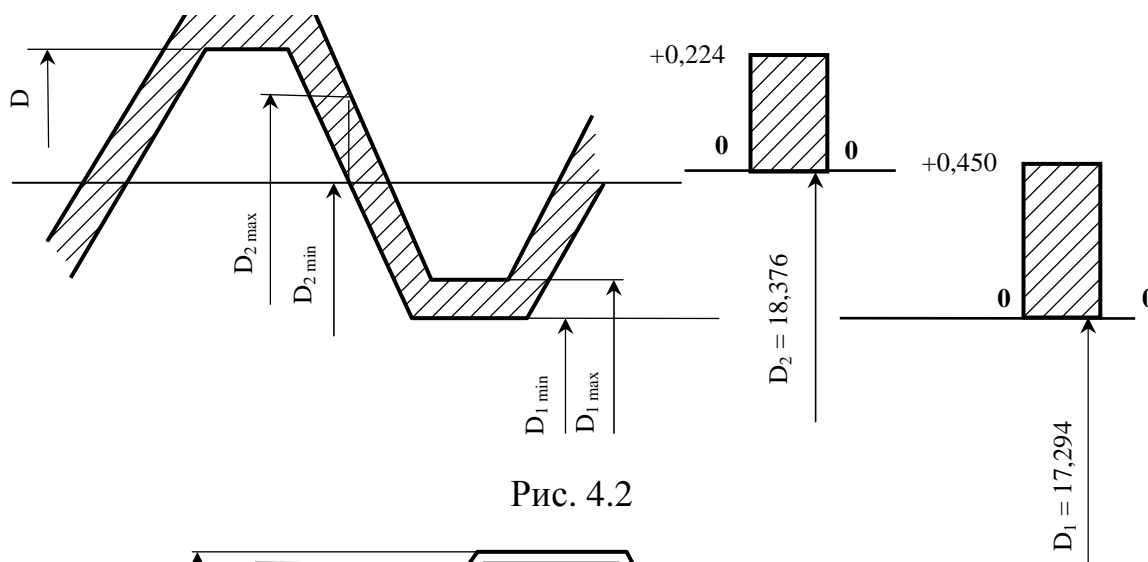


Рис. 4.2

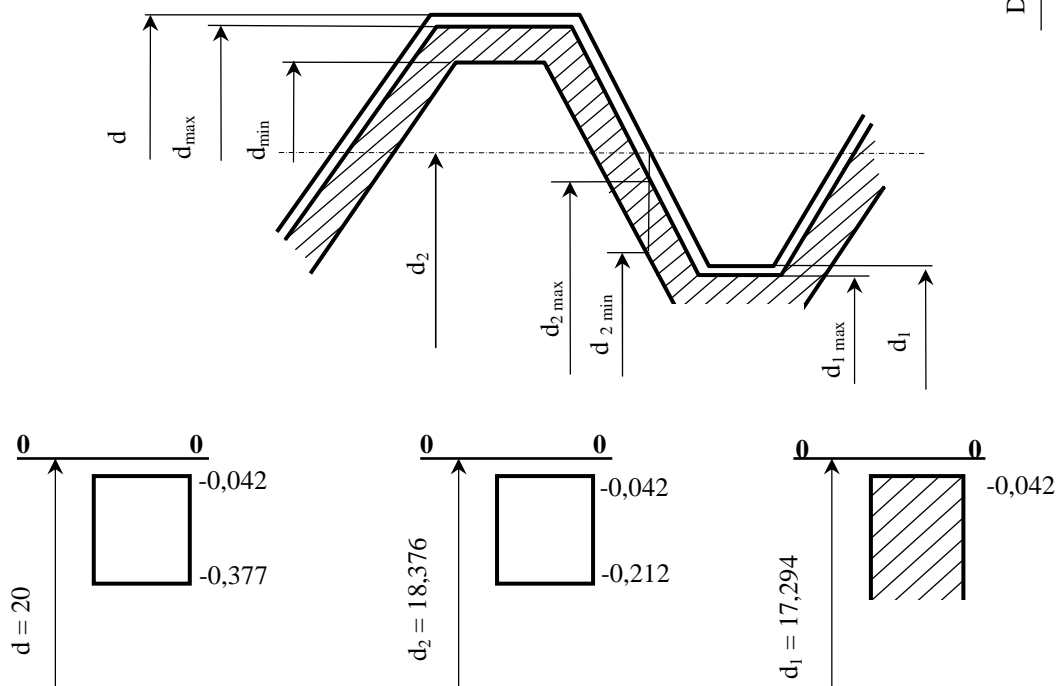


Рис. 6.3

6. За наслідками розрахунків будуємо схему полів допусків різьблення гайки (мал. 6.2) і болта (рис. 6.3).

Питання для самоконтролю

1. Що таке граничні контури різьблення?
2. На які розміри різьблення болта і гайки стандартами передбачені допуски?
3. Що таке сумарний допуск на середній діаметр різьблення?
4. Розподілення різьблення із зазором на групи по довжині згвинчення.
5. Позначення на кресленнях різьби із зазором, з натягом і перехідних.

Практичне заняття № 7.

Визначення параметрів і похибок приладу

Умови: Визначити невідомі параметри в таблиці. 7.1 , зняти показання приладу і знайти похибки вимірювань для свого варіанту.

Вказівки до рішення

При рішенні задачі необхідно враховувати, що чутливість є величиною, зворотній ціні ділення, і що клас точності приладу чисельно дорівнює гранично допустимому значенню приведеної похибки.

Таблиця 7.1

Ва-ріант	Найменування приладу	К-ть ділень шкали	Верхня межа вимірювань	Ціна ділення	Чутливість	Показання приладу в діленнях	Значення вимірюваної величини	Клас точності	Найбільша можлива абсолютна погрішність вимірювань	Найбільша можлива відносна погрішність вимірювань
1	Амперметр	50	5А			37		1,5		
2	Манометр	100	0,4 Па			60		1,0		
3	Рівнемір	60		0,1 м		52			0,006м	
4	Тахометр	100	300 ¹ / _з			56		0,5		
5	Вольтметр	60			2	26			0,45 У	
6	Манометр	200	10 Па			150		0,4		
7	Амперметр		3 А		10		2 А		0,045 А	
8	Вольтметр		250 У		0,2		220 У	1,5		
9	Манометр	40	1,6 кПа			36			40 Па	
10	Вольтметр	150		0,1 У		48		0,5		
11	Термометр	100	100 ⁰ / _з			62		0,2		
12	Тахометр	100			0,5	30			2 ¹ / _з	
13	Ватметр	150		0,1 кВт			3,8 кВт	0,5		
14	Расходомер		2 кг/с		10		0,8 кг/с	1		
15	Амперметр		20 А	0,1 А			15 А		0,05 А	
16	Напоромер		2 кПа	10 Па			0,8 кПа	4		
17	Плотномер	50	5 кг/м3			23			0,01 кг/м3	
18	Термометр		400 До	2 До		130			0,04 До	
19	Тягомір		20 кПа	0,2 кПа			17 кПа	0,5		
20	Термометр		350 ⁰ / _з		0,2		250 ⁰ / _з	1,5		
21	Вакуумметр	100		1 Па		12			0,02 Па	
22	Напоромер	300	30 кПа			117		5		
23	Плотномер	100		0,02 кг/м3			1,5 кг/м3	2		
24	Ватметр	100			2	42			0,05 Вт	
25	Расходомер	40	1,6 кг/с			30			0,08 кг/с	
26	Тягомір	150			5	85			1,5 кПа	
27	Вакуумметр		100 Па	2 Па			58 Па		0,4 Па	
28	Плотномер		0,5 г/см3	0,01 г/см3			0,2 г/см3		0,005 г/см3	
29	Манометр		20 кПа	0,1 кПа			15 кПа	0,2		
30	Рівнемір		0,05 м	0,1 мм			0,02 м	1,0		

Знаючи клас точності, можна знайти найбільшу можливу абсолютну погрішність і, навпаки.

Питання для самоконтролю

5. Метрологічні показники засобів вимірювань.
6. Класи точності засобів вимірювань.
7. Метрологічна надійність засобів вимірювань.
8. Що таке абсолютна і відносна погрішності вимірювань?

Практичне заняття № 8.

Розрахунок і проектування калібрів для контролю гладких циліндрових з'єднань

Умова: визначити виконавчі розміри робочих і контрольних калібрів. Накреслити схеми розташування полів допусків калібрів. Викреслити ескізи робочих калібрів, проставивши виконавчі розміри і шорсткість вимірювальних поверхонь.

Вказівки до рішення

При контролі виробу використовуються робочі прохідні і непрохідні калібри (Р-ПР і Р-НІ): для отворів – пробки, для валів – скоби. Для контролю робочих калібрів-скоб передбачені контрольні калібри: К-ПР – для контролю нових прохідних калібрів; К-НЕ – для контролю нових непрохідних калібрів; К-І – для контролю зносу в процесі експлуатації робочих прохідних калібрів.

Схеми розташування полів допусків калібрів приведені на рис. 8.1 і 8.2.

Позначення на ілюстраціях наступні: d_{\min} (D_{\min}) – найменший граничний розмір виробу; d_{\max} (D_{\max}) – найбільший граничний розмір виробу; Td (TD) – допуск виробу; H – допуск на виготовлення калібрів для отвору (за винятком калібрів з сферичними вимірювальними поверхнями); H_s – допуск на виготовлення калібрів з сферичними вимірювальними поверхнями для отвору; H_1 – допуск на виготовлення калібрів для валу; HP – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби; Z – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору щодо найменшого граничного розміру виробу; $Z1$ – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для валу щодо найбільшого граничного розміру виробу; y – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для отвору за межу поля допуску виробу; $y1$ – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для валу за межу поля допуску виробу; (α) – величина для компенсації погрішності контролю калібрами отворів з розмірами понад 180 мм; (1) – величина для компенсації погрішності контролю калібрами валів з розмірами понад 180 мм.

При виконанні завдання слід викреслити схему розташування полів допусків робочих і контрольних калібрів для отвору і валу відповідно до рис. 8.1 і 8.2; розрахувати виконавчі розміри калібрів (найбільші для пробок і найменші - для скоб) по формулах, приведених в таблиці. 8.1.

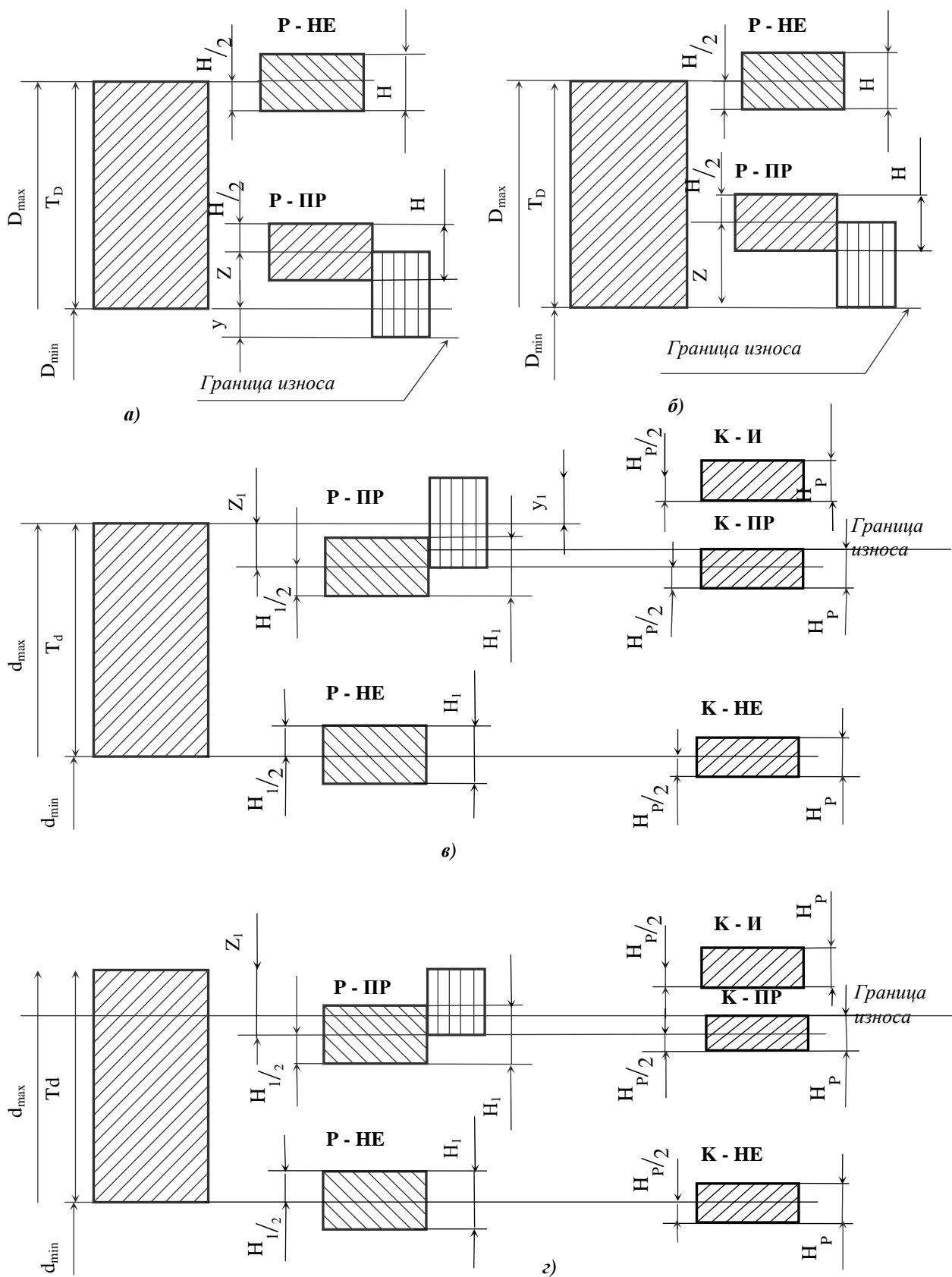


Рис. 8.1. Схеми розташування полів допусків калібрів для номінальних розмірів до 180 мм: а- для отворів ІТ6 – ІТ8; б - для отворів ІТ9 – ІТ17; в - для валів ІТ6-ІТ8; г - для валів ІТ9-ІТ17

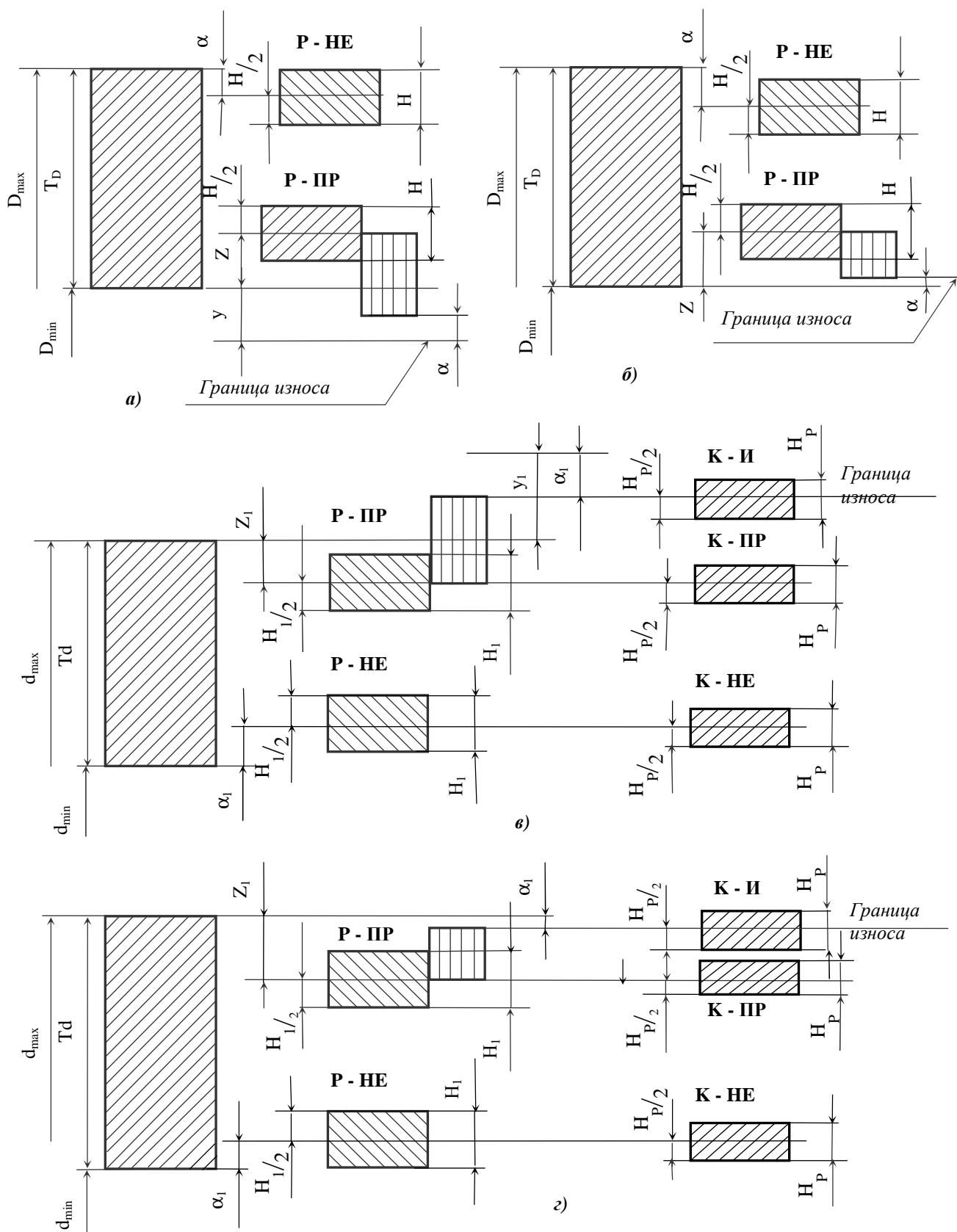


Рис. 8.2. Схеми розташування полів допусків калібрів для номінальних розмірів с 180 до 500 мм: а - для отворів IT6 – IT8; б - для отворів IT9 – IT17; в - для валів IT6-IT8; г - для валів IT9-IT17

Таблица 8.1

Виконавчі розміри калібрів

Калібр		Номинальні розміри калібрів, мм					
		до 180			понад 180 до 500		
		Розмір калібру	Відхилення		Розмір калібру	Відхилення	
			верхнє	нижнє		верхнє	нижнє
Для отвору	Р-ПР	$D_{\min} + Z + \frac{H}{2}$	0	-H	$D_{\min} + Z + \frac{H}{2}$ (или $\frac{H_S}{2}$)	0	-H або -HS
	Р-ПР изнош	$D_{\min} - y$	-	-	$D_{\min} - y + \alpha$	-	-
	Р-НІ	$D_{\max} + \frac{H}{2}$ (или $\frac{H_S}{2}$)	0	-H або -HS	$D_{\max} - \alpha + \frac{H}{2}$ (или $\frac{H_S}{2}$)	0	-H або -HS
Для валу	Р-ПР	$d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}$	+H1	0	$d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}$	+H1	0
	Р-ПР изнош	$d_{\max} + y_1$	-	-	$d_{\max} + y_1 - \alpha_1$	-	-
	Р-НІ	$d_{\min} - \frac{H_1}{2}$	+H1	0	$d_{\min} + \alpha_1 - \frac{H_1}{2}$	+H1	0
	К-ПР	$d_{\max} - Z_1 + \frac{H_p}{2}$	0	-HP	$d_{\max} - Z_1 + \frac{H_p}{2}$	0	-HP
	К-НЕ	$d_{\min} + \frac{H_p}{2}$	0	-HP	$d_{\min} + \alpha_1 + \frac{H_p}{2}$	0	-HP
	К-І	$d_{\max} + y_1 + \frac{H_p}{2}$	0	-HP	$d_{\max} + y_1 - \alpha_1 + \frac{H_p}{2}$	0	-HP

Таблиця 8.2

Допуски і відхилення калібрів по ГОСТ 24853-81

Квалітети допусків виробів	Позначення	Інтервали розмірів, мм													
		до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 10	понад 10 до 18	понад 18 до 30	понад 30 до 50	понад 50 до 80	понад 80 до 120	понад 120 до 180	понад 180 до 250	понад 250 до 315	понад 315 до 400	понад 400 до 500	Допуск на форму калібру
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	
	y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	
	Z1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	y1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7	
	H, HS	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
HP	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1	
7	Z, Z1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	y, y1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	
	H, H1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	HS	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	HP	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1
8	Z, Z1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	
	y, y1	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	HS,HP	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
9	Z, Z1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	
	y, y1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	HS,HP	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1

Продовження табл.8.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	Z, Z1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	
	y, y1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	HS,HP	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
11	Z, Z1	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	
	y, y1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	15	20	
	H, H1	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	IT4
	HS	-	-	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	HP	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
12	Z, Z1	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70	
	y, y1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35	
	H, H1	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	IT4
	HS	-	-	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	HP	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1

Скориставшись таблицею 8.2 або ГОСТ 24853-81, підставити числові значення величин, вказаних на рис. 8.1 і 8.2 (граничні розміри, відхилення і допуски) на викреслену схему (рис 8.3).

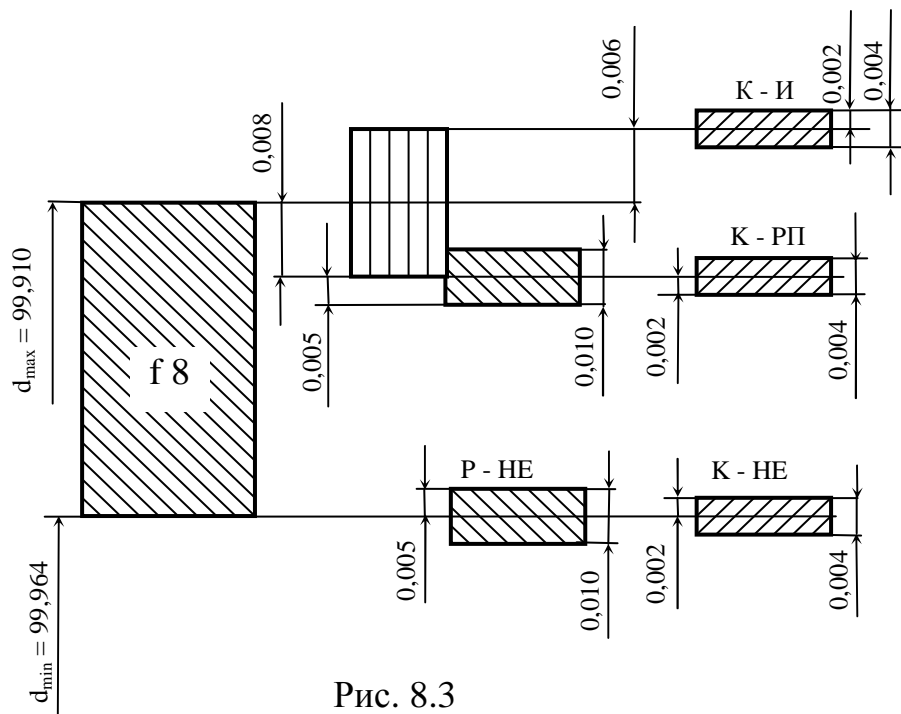


Рис. 8.3

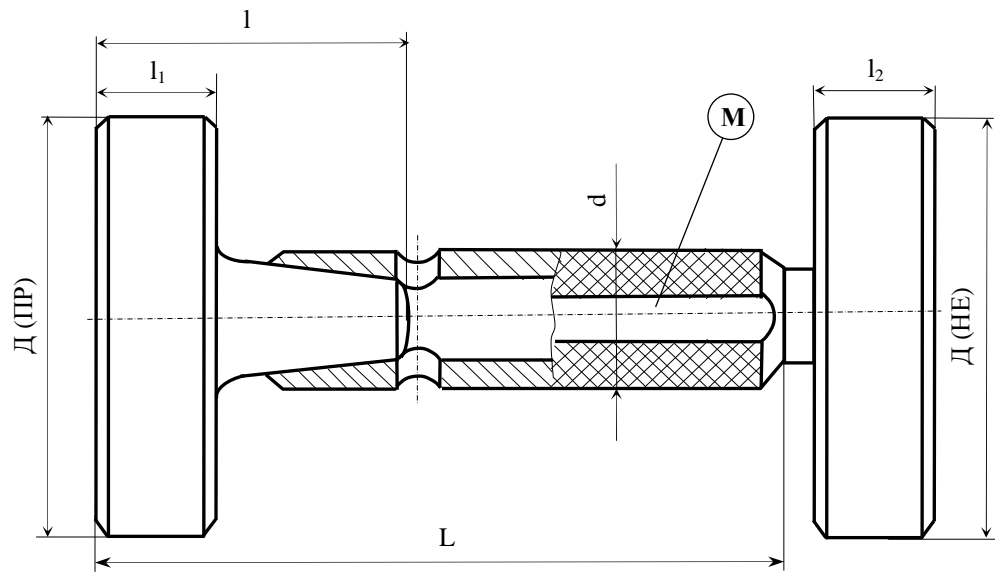
Таблица 8.3

Шорсткість вимірювальних поверхонь калібрів

Калібри	Контркалібри	Інтервал розмірів, мм		
для виробів квалитетов точності		0,1-100	100-360	360-500
		Шорсткість Ra, мкм		
IT6	IT6-IT9	0,04	0,08	0,16
IT7	IT10 і грубіше	0,08	0,16	
IT8-IT9				
IT10-IT11		0,16	0,16	0,25
IT12				
IT13 і грубіше		0,32	0,32	0,63

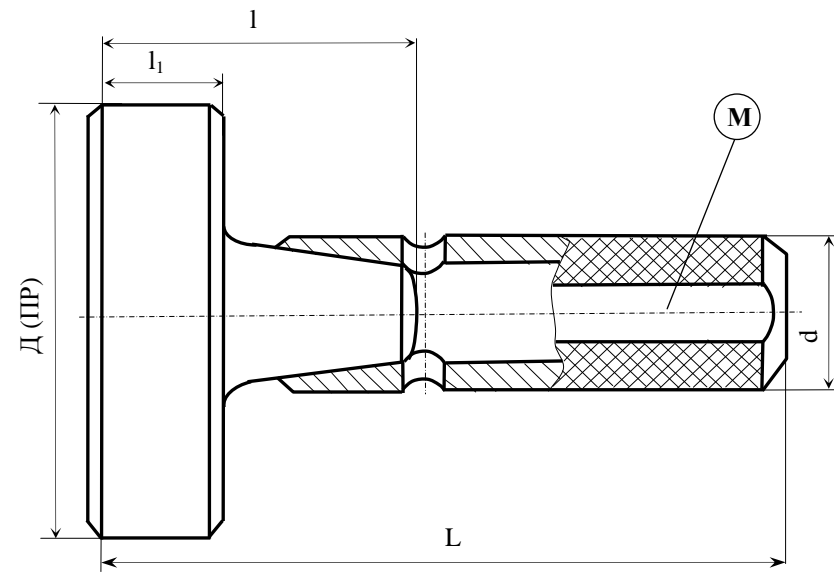
Прийняти конструкцію калібрів по ГОСТ 14810-69*, ГОСТ 14825-69*, ГОСТ 18362-73* і ГОСТ 18368-73* або по рис. 8.4 - 8.12 і викреслити на листі формату А4. Проставити на кресленні виконавчі розміри калібрів і шорсткість на вимірювальній поверхні по таблиці. 8.3 (ГОСТ 2015-83).

Приклад. Визначити виконавчі розміри робочих і контрольних калібрів для валу Ø100 f8 і отвори Ø100 Н8.



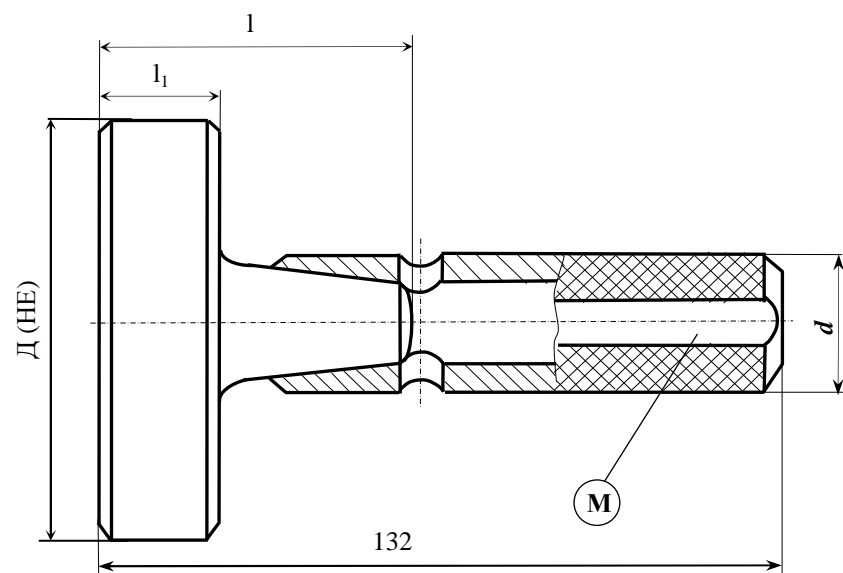
$D_{\text{НОМ}}$	L	d	l_1	l	l_2
20-24	114	16	12	35	8
25-30	132	20	16	43	10
31-40	140	24	20	50	12
41-50	161	28	21	59	16

Рис. 8.4



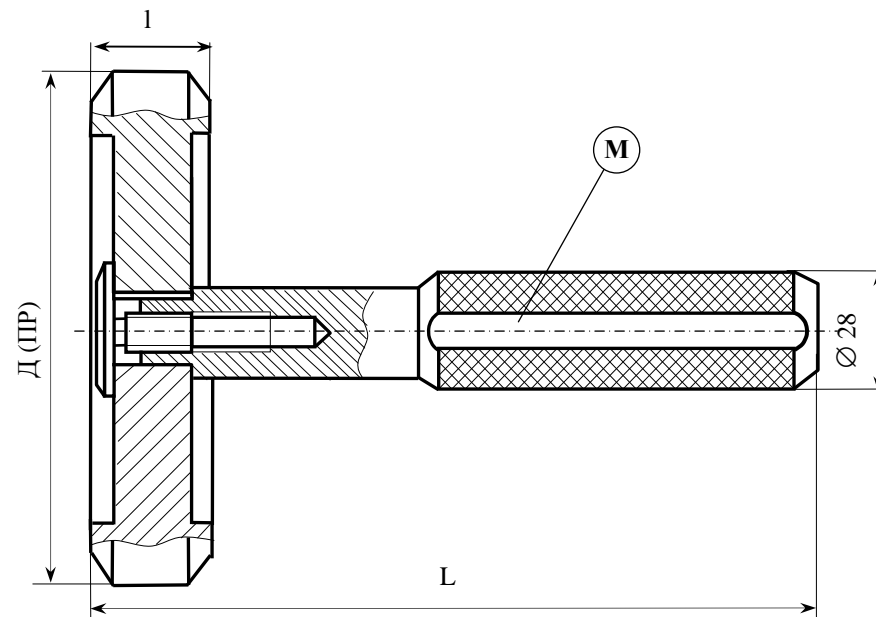
$D_{\text{НОМ}}$	l	l_1	d
50-70	66	32	28
71-75	72	32	32

Рис. 8.5



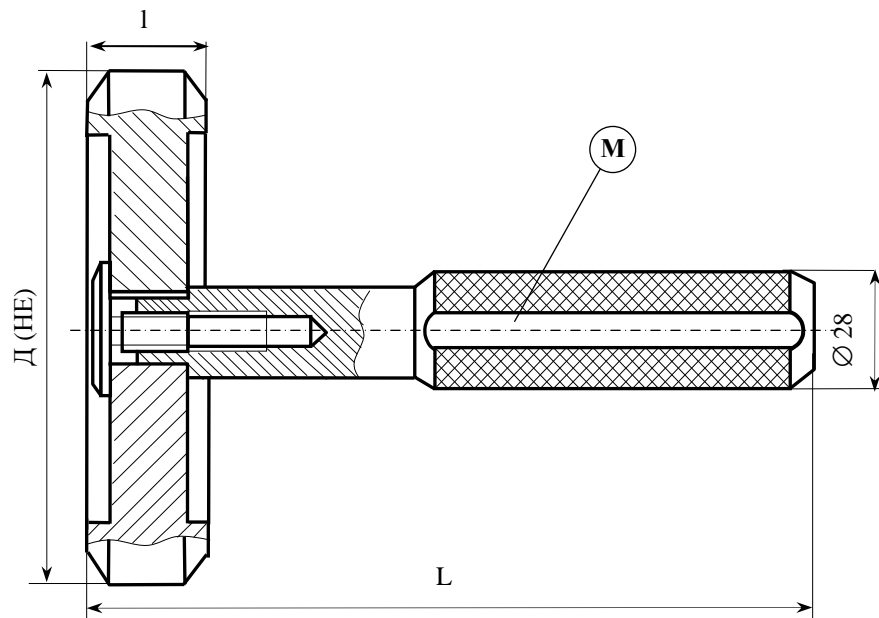
$D_{\text{НОМ}}$	l	l_1	d
50-60	54	20	28
61-70	55	21	28
71-75	62	22	32

Рис. 8.6



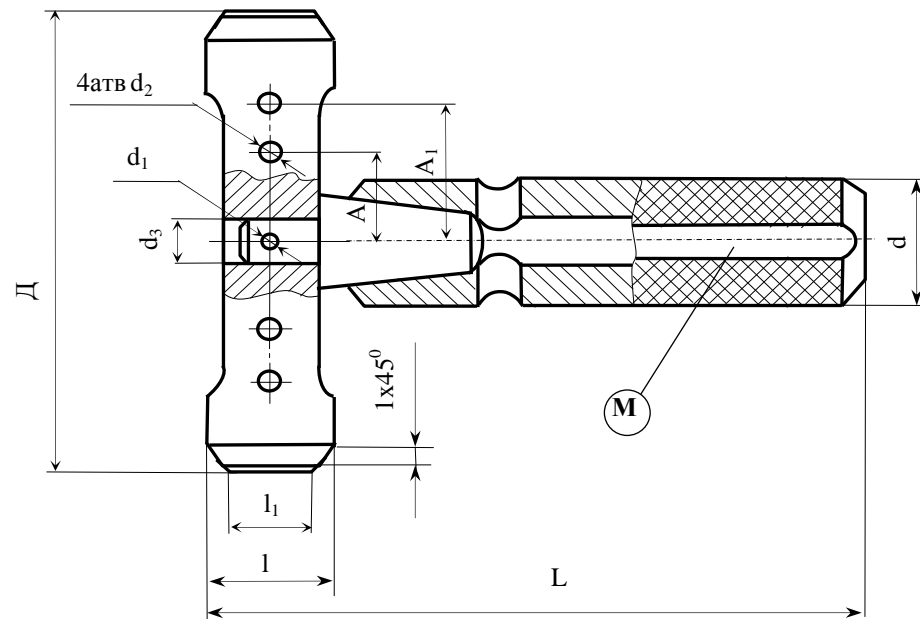
$D_{\text{НОМ}}$	L	l
50-70	137	22
70-100	141	26

Рис. 8.7



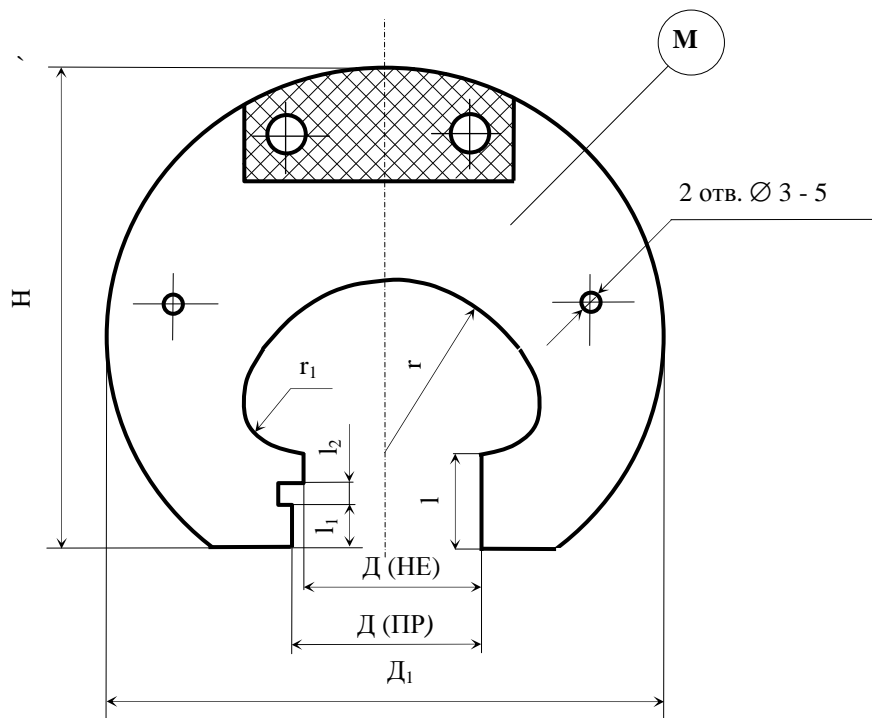
$D_{\text{ном}}$	L	l
50-70	137	22
70-100	141	26

Рис. 8.8



$D_{\text{ном}}$	L	d	d_1	d_2	d_3	l	l_1	A	A_1	B
100-110	126	20	3	16	10	32	24	20	36	16
111-160	132	20	3	16	12	38	30	20	44	18
161-175	136	20	3	16	12	48	30	20	58	18
176-200	137	20	3	18	12	48	30	40	65	22
201-260	143	24	3	22	14	52	36	48	85	24
261-300	158	28	3	22	14	58	40	50	90	28

Рис. 8.9

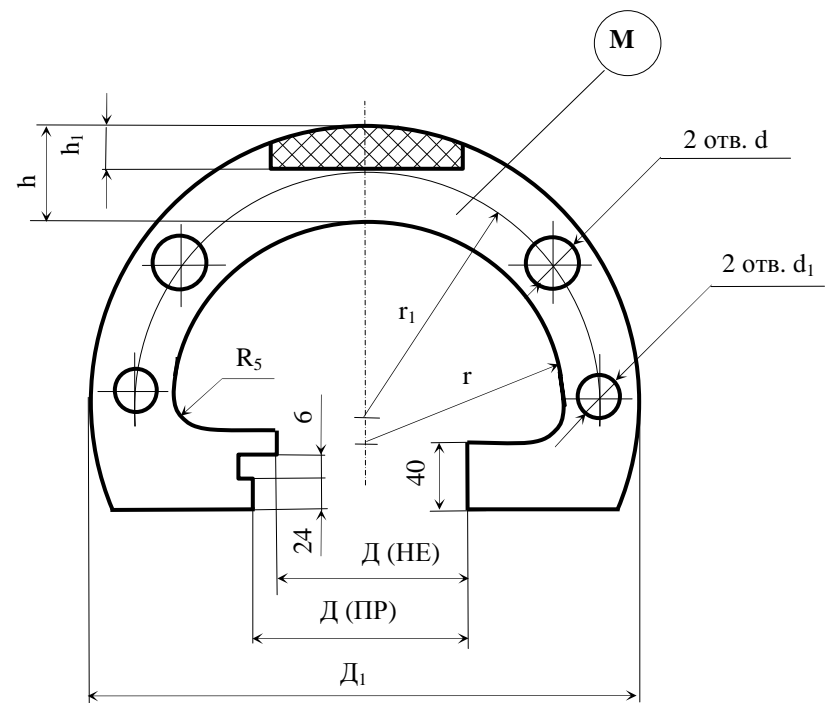


$D_{\text{ном}}$	D_1	H	h	B	S	l	l_1	l_2
10,5-20	60	55	24	17	5	18	11	2
21-30	75	68	30	17	5	20	13	2
31-40	95	82	37	17	5	22	13	3
41-56	120	100	44	18	6	25	13	3
57-70	140	118	50	18	8	28	17	4
71-85	160	135	55	18	6	32	20	4
86-100	180	150	59	18	6	36	21	6

Маркировать, например: $\varnothing 20 \text{ h } 7$

Рис. 8.10

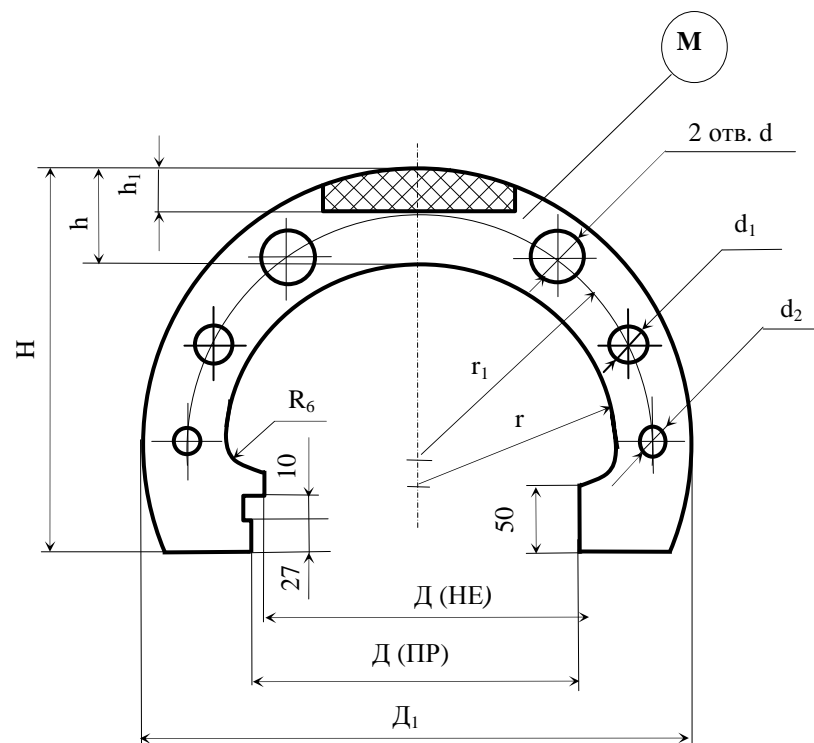
М



М - Маркировать, например: $\varnothing 150 \text{ h } 12$

$D_{\text{ном}}$	D_1	h	B	S	r	r_1	d	d_1	h_1	H
101-120	215	65	19	7	70	86	30	22	32,5	170
121-140	240	70	19	7	80	98	36	22	35	185
141-160	265	75	20	8	90	109	36	25	37,5	200
161-180	285	80	20	8	100	119	40	30	40,0	215

Рис. 8.11



$D_{\text{НОМ}}$	D_1	h	H	r	r_1	h_1	d	d_1	d_2
185-205	320	85	245	115	137	42,5	40	32	22
206-230	350	90	255	130	151	45	45	35	25
231-260	380	95	280	145	166	47,5	48	38	28

Рис. 8.12

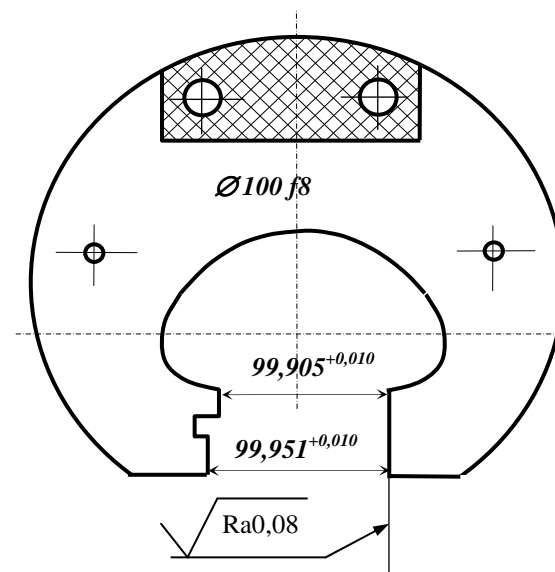


Рис. 8.13

Рішення

Розрахуємо граничні розміри валу Ø100f8:

По таблиці. 1 застосування І або по ГОСТ 25347-82* [8] визначуваний $es = -0,036$ мм і $ei = -0,090$ мм і підраховуємо $d_{\max} = 99,964$ мм і $d_{\min} = 99,910$ мм. Будуємо схему розташування полів допусків (див. рис. 8.3). По таблиці. 8.2 визначаємо числові значення відхилень і допусків ($Z_1 = 8$ мкм, $H_1 = 10$ мкм, $Y_1 = 6$ мкм, $H_p = 4$ мкм) і проставляємо їх на схемі.

Розраховуємо виконавчі розміри калібрів і контркалибрів:

$$D_{P-PP} = \left(d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} \right)^{+H_1} = \left(99,964 - 0,008 - \frac{0,010}{2} \right)^{+0,010} = 99,951^{+0,010} \text{ мм};$$

$$D_{P-PP_{\text{изн}}} = d_{\max} + y_1 = 99,964 + 0,006 = 99,970 \text{ мм};$$

$$D_{P-HE} = \left(d_{\min} - \frac{H_1}{2} \right)^{+H_1} = \left(99,910 - \frac{0,010}{2} \right)^{+0,010} = 99,905^{+0,010} \text{ мм};$$

$$d_{K-PP} = \left(d_{\max} - Z_1 + \frac{H_p}{2} \right)_{-H_p} = \left(99,964 - 0,008 + \frac{0,004}{2} \right)_{-0,004} = 99,958_{-0,004} \text{ мм};$$

$$d_{K-HE} = \left(d_{\min} + \frac{H_p}{2} \right)_{-H_p} = \left(99,910 + \frac{0,004}{2} \right)_{-0,004} = 99,912_{-0,004} \text{ мм};$$

$$d_{K-И} = \left(d_{\max} + y_1 + \frac{H_p}{2} \right)_{-H_p} = \left(99,964 + 0,006 + \frac{0,004}{2} \right)_{-0,004} = 99,972_{-0,004} \text{ мм}.$$

Використовуючи рис. 8.10, креслимо робочий калібр і проставляємо виконавчі розміри і шорсткість на вимірювальні поверхні (рис. 8.13).

Розрахуємо граничні розміри отвору (100H8):

По таблиці. 2 застосування І або по ГОСТ 25347-82* [8] визначуваний $ES = +0,054$ мм; $EI = 0$. Підраховуємо $D_{\max} = 100,054$ мм; $D_{\min} = 100$ мм.

Будуємо схему розташування полів допусків (див. рис. 8.1, а). По таблиці. 8.2 визначаємо числові значення відхилень допусків ($Z = 8$ мкм; $y = 6$ мкм; $H = 6$ мкм) і проставляємо на схемі.

Розраховуємо виконавчі розміри калібрів:

$$d_{P-PP} = \left(D_{\min} + Z + \frac{H}{2} \right)_{-H} = \left(100 + 0,008 + \frac{0,006}{2} \right)_{-0,006} = 100,011_{-0,006} \text{ мм};$$

$$d_{P-PP_{\text{изн}}} = D_{\min} - y = 100 - 0,006 = 99,994 \text{ мм};$$

$$D_{P-HE} = \left(D_{\max} + \frac{H}{2} \right)_{-H} = \left(100,054 + \frac{0,006}{2} \right)_{-0,006} = 100,057_{-0,006} \text{ мм}.$$

Використовуючи рис. 8.7, 8.8, креслимо робочий калібр і проставляємо виконавчі розміри і шорсткість на вимірювальні поверхні.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для практичних занять
з дисципліни
**«МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА СЕРТИФІКАЦІЯ»**

*(для студентів 2 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки
6.170202 «Охорона праці»)*

Укладач: **Чеботарьова** Олександра Вячеславівна
Мікуліна Ірина Олексіївна

Відповідальний за випуск *В. І. Заїченко*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *О. В. Чеботарьова*

Комп'ютерне верстання *О. А. Балашова*

План 2012, поз. 267 М

Підп. до друку 21.06.2012
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 2,47
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.