

Міністерство освіти і науки України  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Любешівський технічний фаховий коледж  
Луцького національного технічного університету»



## **Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання**

Методичні вказівки до практичних занять  
для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр  
ОПП «Галузеве машинобудування»  
спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування»  
денної форми навчання

Любешів 2021

До друку

Голова методичної ради ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ»

Герасимик-Чернова Т.П.

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій коледжу Бібліотекар

М.М. Деміх

Затверджено методичною радою ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ»

протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_\_\_» 2021 р.

Рекомендовано до видання на засіданні циклової методичної комісії викладачів харчового виробництва

протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_\_\_» 2021 р.

Голова циклової методичної комісії \_\_\_\_\_ Кравченко Т.Ф.

Укладач: \_\_\_\_\_ I.В. Деміх, викладач другої категорії

Рецензент: \_\_\_\_\_

Відповідальний за випуск: \_\_\_\_\_ Кравченко Т.Ф., голова циклової методичної комісії викладачів харчового виробництва.

ВСТВ [Текст]: методичні вказівки до практичних занять для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр ОПП «Галузеве машинобудування» спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування» денної форми навчання/уклад. І.В. Деміх. – Любешів: ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ», 2021. – 49 с

Методичне видання складене відповідно до діючої програми курсу «ВСТВ» з метою вдосконалення теоретичного матеріалу та його застосування, містить завдання та приклади з методикою розв'язку задач та перелік рекомендованої літератури.

©Деміх І.В., 2021

## **ЗМІСТ**

Вступ	4
ПЗ №1 Розрахунок граничних відхилень розмірів деталей	5
ПЗ №2 Розрахунок параметрів посадок гладких циліндричних спряжень	13
ПЗ №3 Визначення допусків відхилення форми, розташування та шорсткості поверхонь	
	21
ПЗ №4 Розрахунок та вибір підшипників кочення	32
Додатки	38
Література	46

## **ВСТУП**

Проектування і виробництво нових машин і механізмів, технічне обслуговування і ремонт базуються на принципі функціональної взаємозамінності, для забезпечення якої необхідно враховувати умови роботи складальної одиниці і механізму в цілому, тобто фактори, що впливають на величину і точність функціональних параметрів.

Функціональна взаємозамінність за геометричними параметрами потребує обумовленої методики розрахунку допусків і посадок.

Основна мета практичних занять по курсу ВСТВ – навчити студентів користуватися стандартами, правильно визначати граничні відхилення, допуски і посадки на деталі машин у відповідності з їх службовим призначенням. Практичні заняття допомагають студентам засвоїти теоретичний матеріал і виробити практичні навики, необхідні для наступної професійної діяльності.

### ***Вказівки до виконання практичних робіт***

Використання методичних вказівок має сприяти закріпленню та доповненню теоретичних знань, отриманих на лекціях, застосуванню цих знань для вирішення конкретних практичних задач, прищепленню навичок виконання необхідних розрахунків та використовування довідкових матеріалів.

Методичні вказівки розроблені до розв'язання практичних задач з основних тем дисципліни. Методичні вказівки містять: мету заняття, завдання, короткі методичні вказівки, приклад виконання завдання, контрольні запитання з теми, перелік рекомендованої літератури.

На практичних заняттях обов'язковим є самостійне виконання індивідуальних завдань.

Перед кожним практичним заняттям студент повинен опрацювати теоретичний матеріал до заняття, що поданий в лекціях та в рекомендованій літературі.

Звіт за кожне практичне заняття складається з розв'язку відповідного індивідуального завдання і оформлюється згідно вимогам в зошиті для практичних занять.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

### **РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ**

**Мета роботи:** закріпити знання та практичні навички:

- з використання таблиць рядів переважних чисел та лінійних розмірів для призначення номінальних розмірів;
- про системи допусків на гладкі циліндричні поверхні;
- користування стандартами, зокрема ГОСТ 8032-84, ГОСТ 25347-82;
- про способи позначення допусків на кресленнях;
- визначення граничних розмірів деталей;
- визначення придатності та види браку деталей;
- визначення точності виготовлення деталей та призначення якітетів по заданому допуску.

#### **Теоретичні відомості.**

На кресленні деталі проставляються розміри, які називають **номінальними** та **граничні відхилення** розмірів чи умовні позначення **допусків**.

**Номінальний розмір** – це розмір, який визначають конструктори в результаті розрахунку елементу деталі на міцність і жорсткість з урахуванням технологічних особливостей і округлюють до **більшого** цілого значення згідно вимог щодо точності з **рядів переважних чисел**. Цей розмір слугує початком відліку граничних відхилень.

**Ряди переважних чисел** будуються за геометричною прогресією, якою є ряд чисел з постійним відношенням двох сусідніх чисел (зnamенник прогресії  $q$ )

У відповідності до рекомендацій Міжнародної організації зі стандартів **ISO**, передбачені 4 основні і один додатковий ряди переважних чисел за ГОСТ 8032-84:

**Таблиця 1.1 – Ряди переважних чисел**

Позначення ряду	Показник прогресії	Кількість членів прогресії
R5	$\sqrt[5]{10} = 1,6$	5
R10	$\sqrt[10]{10} = 1,25$	10
R20	$\sqrt[20]{10} = 1,12$	20
R40	$\sqrt[40]{10} = 1,059$	40
R80	$\sqrt[80]{10} = 1,029$	80

При цьому слід вживати з пріоритетом ряди з більш крупною градацією розмірів (з великим знаменником прогресії), тобто ряду R5 слід надавати перевагу перед рядом R10 тощо.

Степінь кореня входить в умовне позначення рядів. При цьому:

- числа, що складають ряд лінійних розмірів, округлені;
- ряди номінальних розмірів не поширюються на технологічні міжопераційні розміри, діаметри підшипників кочення, діаметри різьб.

Приклади рядів для номінального розміру 1,0 мм дані в табл.1.2.

**Таблиця 1.2 - Приклади рядів для номінального розміру 1,0 мм**

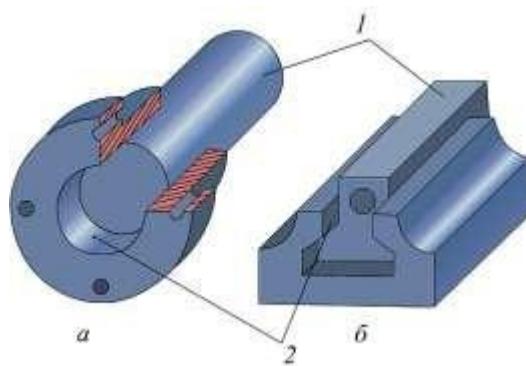
R 5	R 10	R 20	R 40
1,0	1,0	1,0	1,0
		1,1	1,05
			1,1
	1,2		1,15
		1,2	1,2
		1,4	1,3
1,6	1,6	1,6	1,4
			1,5
			1,6

Розміри поверхонь обробленої деталі відрізняються від заданих номінальних розмірів цих поверхонь через численні похибки (помилки), що мають місце в процесі обробки.

У процесі виготовлення будь-якого виробу завжди користуються кресленням, на якому позначають усі його розміри.

**Лінійний розмір** — це числове значення лінійної величини (діаметра, довжини) в обраних одиницях вимірювання. Лінійні розміри на кресленнях проставляються в міліметрах (мм).

Будь-яка машина або прилад складаються з окремих вузлів і деталей. У з'єднанні двох деталей, що входять одна в одну, розрізняють охоплюючі й охоплювані поверхні з'єднання.



**Рис. 1.1. З'єднання деталей:**

**1 — охоплювані поверхні (вали); 2 — охоплюючі поверхні (отвори)**

Охоплююча поверхня циліндричних з'єднань (рис. 1.1, а) має загальну назву **отвір**, а охоплювана — **вал**. Назви отвір і вал умовно можуть застосовуватися також до інших поверхонь, наприклад плоских з'єднань (рис. 1.1, б) з паралельними площинами.

Розмір, отриманий у результаті обробки деталі, відрізняється від номінального, і значення цього розміру стає відомим лише в результаті вимірювання, а воно, в свою чергу, також може виконуватися з похибкою. Тому в подальшому буде йтися про **дійсний (істинний) розмір  $D_d$  ( $d_d$ )** — розмір, установлений вимірюванням із допустимою похибкою.

Для того щоб дійсний розмір забезпечував функціональну придатність деталі, конструктор, виходячи з цілого ряду факторів, має встановити після розрахунку номінального розміру два **границьких розміри** — найбільший  **$D_{max}$  ( $d_{max}$ )** і найменший  **$D_{min}$  ( $d_{min}$ )**. Це гранично допустимі розміри, між якими має знаходитися або яким може бути дійсний розмір придатної деталі.

Однак задавати на кресленні два розміри незручно, тому роблять так: як додаток до номінального розміру на кресленні проставляють його **границі відхилення** — верхнє  **$ES$  ( $es$ )** та нижнє  **$EI$  ( $ei$ )**.

**Верхнє відхилення  $ES$  ( $es$ )** — це алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами.

**Нижнє відхилення  $EI$  ( $ei$ )** — це алгебраїчна різниця між найменшим граничним і номінальним розмірами.

Визначення відхилень як алгебраїчної різниці числових величин означає, що вони завжди мають знак: плюс (+) або мінус (-).

Тепер **номінальний розмір** можна визначити як розмір, відносно якого визначаються граничні розміри і який служить початком відліку всіх відхилень, як граничних (верхнього та нижнього), так і дійсних.

**Дійсне відхилення** — це алгебраїчна різниця між дійсним і номінальним розмірами.

Зона значень розмірів, між якими має знаходитися дійсний розмір придатної деталі, характеризує точність розміру і називається, він позначається літерою  **$T$** . Іншими словами, **допуск** — це різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами, або алгебраїчна різниця між верхнім і нижнім відхиленнями. Допуск, на відміну від відхилень, знаку не має.

Усі розглянуті поняття — номінальний розмір, дійсний розмір, граничні розміри (найбільший і найменший), граничні відхилення (верхнє та нижнє), допуск — можна подати графічно у вигляді полів допусків. При цьому вісь виробу завжди розташовують під схемою.

**Поле допуску** визначається:

- величиною допуску;
- його положенням відносно номінального розміру.

При графічному зображенні поле допуску розташоване між двома прямими лініями, які відповідають верхньому та нижньому відхиленням відносно так званої нульової лінії.

Під нульовою лінією розуміють лінію, що відповідає номінальному розміру, від якого відкладаються відхилення розмірів при графічному зображенні допусків. У разі горизонтального розташування нульової лінії додатні відхилення відкладаються від неї вгору, а від'ємні — донизу. Границі відхилення та їх знаки (+ або -) зазначаються безпосередньо після номінального розміру. Позначення верхнього граничного відхилення зазначається над ними. Границі відхилення, які дорівнюють нулю, не зазначаються.

За заданими граничними відхиленнями номінальних розмірів можна визначити підрахунком граничні розміри, допуск і поле допуску.

Одного вміння правильно прочитати розмір на кресленні замало, необхідно вміти враховувати вимоги, задані на кресленні, у процесі виготовлення виробу, в першу чергу — визначати придатність дійсного розміру.

Дійсний розмір ( $D\delta$ ), тобто розмір, встановлений вимірюванням, буде придатним, якщо він не перевищуватиме найбільший граничний розмір і не буде меншим від найменшого граничного розміру або дорівнюватиме їм. Це і є умовою придатності дійсного розміру.

$$D_{min} \leq D\delta \leq D_{max} \quad (1.1)$$

$$d_{min} \leq d\delta \leq d_{max} \quad (1.2)$$

Введення термінів «вал» і «отвір» (тобто прив'язка розміру до креслення деталі) дозволяє уточнити умову придатності дійсного розміру. Якщо розмір — брак, то необхідно надати характеристику браку: брак виправний, брак невиправний.

Якщо елемент деталі є зовнішнім, тобто валом, то завищений дійсний розмір (більше найбільшого граничного) можна виправити додатковою обробкою — брак є виправним.

Якщо елемент деталі є внутрішнім, тобто отвором, то завищений дійсний розмір (більше найбільшого граничного) виправити обробкою (зробити менше) вже не можна, отже, в цьому випадку брак невиправний.

## ЗАВДАННЯ 1.1

Вибрати номінальні значення діаметрів та довжин валу згідно індивідуального завдання з таблиці 1.3.

**Таблиця 1.3 – Варіанти завдань**

Розрахункові розміри, мм	Варіанти														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ряди переважних чисел по ГОСТ8032-80															
$d_1$	37,5	11,5	177	70	2,4	391	78	243	318	15	4,15	98	395	478	123
$d_2$	23	4,8	108	47	1,5	237	49	157	235	6,2	2,25	61	97	318	78
$l_1$	98	29,5	218	103	3,9	625	123	395	498	23,5	5,3	78	177	625	70
$l_2$	61	14,6	87	21,8	1,4	246	58	97	255	15,7	1,7	49	108	246	47

**ПРИКЛАД:** У результаті розрахунків на міцність отримали значення:

$$d_1=38,6 \text{ мм}; \quad d_2=15,1 \text{ мм}; \quad l_1=61,5 \text{ мм}; \quad l_2=24,2 \text{ мм}.$$

**РІШЕННЯ:** згідно ГОСТ 8032-80 (ДОДАТОК 1) для ряду  $Ra5$  приймаємо:

$d_1=40$  мм;  $d_2=16$  мм;  $l_1=63$  мм;  $l_2=25$  мм. Аналогічно приймаємо значення для інших рядів і заповнюємо таблицю 1.4.

**Таблиця 1.4**

Розрахункові розміри, мм	Прийняті значення номінальних розмірів, мм			
	<b>R5</b>	<b>R10</b>	<b>R20</b>	<b>R40</b>
$d_1=38,6$	40	40	40	40
$d_2=15,1$	16	16	16	16
$l_1=61,5$	63	63	63	63
$l_2=23,2$	25	25	25	24

## ЗАВДАННЯ 1.2

На кресленні задано лише значення номінального розміру та умовне позначення поля допуску. Необхідно:

- по стандарту вибрати граничні відхилення (ДОДАТОК 2);
- записати значення верхнього та нижнього відхилень;
- побудувати графічне зображення поля допуску;
- визначити найбільший та найменший граничний розміри деталі;
- відмітити основне відхилення на графічному зображені поліа допуску;
- записати поле допуску в змішаному вигляді, тобто написати поле допуску, як умовними позначеннями, так і з позначенням граничних відхилень;

Дані для виконання завдання вибрати згідно варіанту з таблиці 1.5.

## ПРИКЛАДИ:

1)  $\varnothing 58^{+0,05}_{+0,01}$

$d_{hom} = 58 \text{ мм};$

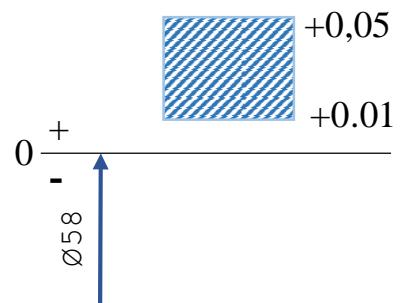
$ES = +0,05 \text{ мм}; \quad EI = +0,01 \text{ мм};$

$d_{max} = d_{hom} + ES = 58 + 0,05 = 58,05 \text{ мм};$

$d_{min} = d_{hom} + EI = 58 + 0,01 = 58,01 \text{ мм};$

$IT = d_{max} - d_{min} = 58,05 - 58,01 = 0,04 \text{ мм};$

$IT = ES - EI = 0,05 - 0,01 = 0,04 \text{ мм.}$



2)  $\varnothing 49^{+0,06}$

$d_{hom} = 49 \text{ мм};$

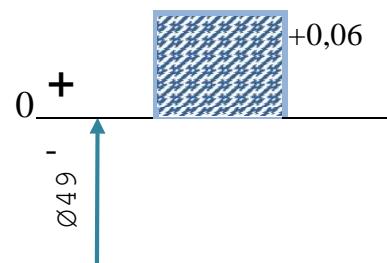
$ES = +0,06 \text{ мм}; \quad EI = 0.$

$d_{max} = d_{hom} + ES = 49 + 0,06 = 49,06 \text{ мм};$

$d_{min} = d_{hom} + EI = 49 + 0 = 49,0 \text{ мм};$

$IT = d_{max} - d_{min} = 49,06 - 49,0 = 0,06 \text{ мм};$

$IT = ES - EI = 0,06 - 0 = 0,06 \text{ мм.}$



3)  $\varnothing 27^{+0,04}_{-0,02}$

$d_{hom} = 27 \text{ мм};$

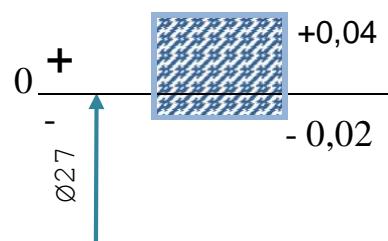
$ES = +0,04 \text{ мм}; \quad EI = -0,02 \text{ мм};$

$d_{max} = d_{hom} + ES = 27 + 0,04 = 27,04 \text{ мм};$

$d_{min} = d_{hom} + EI = 27 + (-0,02) = 26,98 \text{ мм};$

$IT = d_{max} - d_{min} = 27,04 - 26,98 = 0,06 \text{ мм};$

$IT = ES - EI = 0,04 - (-0,02) = 0,06 \text{ мм.}$



4)  $\varnothing 14^{-0,28}_{-0,32} \quad d_{hom} = 14 \text{ мм};$

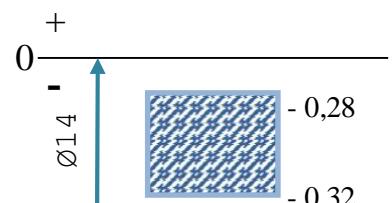
$ES = -0,28 \text{ мм}; \quad EI = -0,32 \text{ мм};$

$d_{max} = d_{hom} - (-ES) = 14 + (-0,28) = 13,72 \text{ мм};$

$d_{min} = d_{hom} - (-EI) = 14 + (-0,32) = 13,68 \text{ мм};$

$IT = d_{max} - d_{min} = 13,72 - 13,68 = 0,04 \text{ мм};$

$IT = ES - EI = 0,28 - 0,32 = 0,04 \text{ мм.}$



5)  $\varnothing 38_{-0,04} \quad d_{hom} = 38 \text{ мм};$

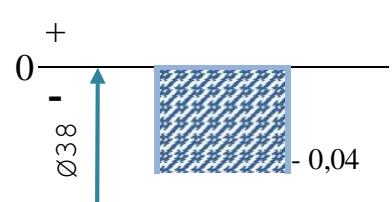
$ES = 0; \quad EI = -0,04 \text{ мм};$

$d_{max} = d_{hom} + ES = 38 \text{ мм};$

$d_{min} = d_{hom} + EI = 38 + (-0,04) = 37,96 \text{ мм};$

$IT = d_{max} - d_{min} = 38 - 37,96 = 0,04 \text{ мм};$

$IT = ES - EI = 0,04 - 0,04 = 0,04 \text{ мм.}$



**Таблиця 1.5 – вихідні дані**

№ варіанту	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Номінальний розділ і границі відхилення, <i>мм</i>	25H8	120H7	110G7	130K7	18H9	20K6	32H8	55E9	85H9	8Is7
	40h7	70n8	150u8	75e8	80f7	50s7	10h6	16s7	40u8	75h8
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
	5G6	42E9	78K7	30T7	40F8	25M8	120P8	110K9	130E9	18H7
	10d11	150c8	22u8	70x8	12z8	40d11	15c8	82u8	135x8	68z8
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
	20 G7	32 E9	55 H8	85H7	65Is7	5G9	42E6	72K8	39T8	45F6
	80h7	27n8	53u8	140e8	34f7	80s7	16h6	24s7	160u8	95h8

**ЗАВДАННЯ 1.3**

Необхідно визначити придатність деталі шляхом порівняння дійсного розміру з вказаними на кресленні номінальним розміром і границями відхиленнями (табл.1.6).

**ПРИКЛАД:** на кресленні валу вказано:  $\varnothing 32^{-0,17}_{-0,5}$

після вимірювання встановлено дійсний розмір валу  $d_d = 31,73$  мм.

**РІШЕННЯ:** вал вважають придатним, якщо виконується умова

$$d_{\max} \geq d_d \geq d_{\min}.$$

$$d_{\max} = 32 - 0,17 = 31,83 \text{ мм}; \quad d_{\min} = 32 - 0,5 = 31,5 \text{ мм};$$

оскільки  $31,83 > 31,73 > 31,5$ , то деталь придатна.

**Таблиця 1.6 – вихідні дані**

№ вар	Номінальний розмір валу і граничні відхилення, мм	Дійсний розмір валу, мм	Номінальний розмір Отвору і граничні відхилення, мм	Дійсний розмір отвору, мм
1	2	3	4	5
1	$\varnothing 110^{-0,040}_{-0,075}$	$\varnothing 99,958$	$\varnothing 2^{+0,12}$	$\varnothing 1,95$
2	$\varnothing 105^{-0,023}$	$\varnothing 105,002$	$\varnothing 40^{+0,060}$	$\varnothing 40,038$
3	$\varnothing 125^{-0,030}_{-0,004}$	$\varnothing 125,005$	$\varnothing 71_{-0,03}$	$\varnothing 71,002$
4	$\varnothing 100^{+0,012}$	$\varnothing 100,009$	$\varnothing 4^{-0,009}_{-0,004}$	$\varnothing 3,996$
5	$\varnothing 85^{-0,260}_{-0,190}$	$\varnothing 85,2$	$\varnothing 85^{-0,07}$	$\varnothing 85$

## ЗАВДАННЯ 1.4

Визначіть квалітет, по якому призначено допуск на виготовлення деталей. Вихідні дані згідно варіантів подано в таблиці 1.7.

**ПРИКЛАД:** заданий номінальний діаметр валу  $d_{\text{ном}} = 60$  мм і величина допуску  $ITd = 30$  мкм.

**РІШЕННЯ:** згідно ГОСТ 25347 -82 (СТ СЭВ 144-75) визначаємо, що  $\varnothing 60$  належить інтервалу від 50 до 65 мм. Оскільки величина поля допуску будь-якого інтервалу розмірів для кожного квалітету є величина постійна, то визначаємо, що для заданого інтервалу:

у 6-тому квалітеті  $ITd = 19$  мкм;

у 7-му –  $ITd = 30$  мкм;

у 8-му –  $ITd = 46$  мкм.

Таким чином визначаємо, що допуск призначено у 7-му квалітеті і переважними є  $\varnothing 60 f7$  та  $\varnothing 60 h7$ .

**Таблиця 1.7 – вихідні дані**

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номінальний діаметр валу, мм	8	40	320	25	32	16	50	250	80	400
Величина допуску, мкм	4	16	89	9	160	27	7	46	190	140
Номінальний діаметр отвору, мм	1,6	12	63	280	2,5	360	20	125	4	80
Величина допуску, мкм	1	43	30	52	6	140	21	250	18	19

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1 У чому полягає різниця між номінальним і дійсним розмірами?
- 2 Які розміри називають граничними?
- 3 Як пов'язані між собою граничний розмір, номінальний розмір і граничне відхилення?
- 4 Що визначає допуск?
- 5 Як пов'язані між собою граничні розміри, відхилення та допуск?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

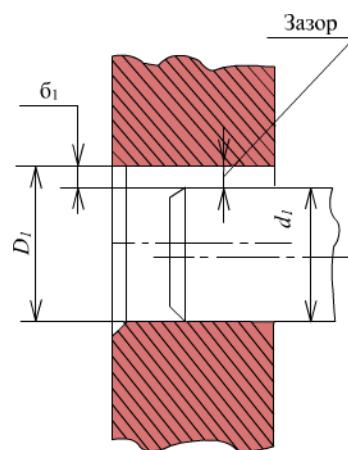
### РОЗРАХУНОК ДОПУСКІВ І ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ СПРЯЖЕНЬ

**Мета роботи:** закріпити знання та практичні навички з використання стандартів єдиної системи допусків та посадок гладких з'єднань для розрахунків посадок різного призначення: вміти користуватися стандартами, зокрема ГОСТом 25347-82; закріпити способи позначення допусків і посадок на кресленнях; вміти читати умовні позначення допусків і посадок; вміти записувати позначення посадок в системі отвору і в системі валу; визначати граничні розміри деталей, зазори, натяги та допуск посадки за визначеними відхиленнями; навчитися призначати посадки по заданим зазорам і натягам.

**Теоретичні відомості:** Усі машини, верстати, пристрої, механізми складаються з взаємоз'єднуваних деталей. Конструкції з'єднань і вимоги до них можуть бути різними. Залежно від призначення з'єднання сполучувані деталі машин і механізмів під час роботи або мають здійснювати один відносно одного той чи інший рух, або, навпаки, зберігати один відносно одного повну нерухомість.

Для забезпечення рухомості з'єднання потрібно, щоб дійсний розмір охоплюваного елемента однієї деталі (отвору) був більше дійсного розміру охоплюваного елемента іншої деталі (вала).

Різниця дійсних розмірів отвору і вала, якщо розмір отвору більше розміру вала, називається зазором.

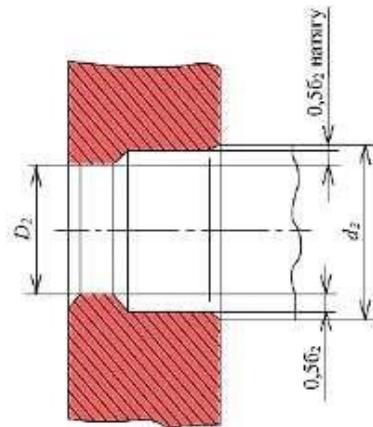


**Рис. 2.1. Посадка із зазором:**  
***б1 — величина зазору; D1 — діаметр отвору; d1 — діаметр вала***

Для отримання нерухомого з'єднання потрібно, щоб дійсний розмір охоплюваного елемента однієї деталі (вала) був більше дійсного розміру охоплюючого елемента іншої деталі (отвору).

Різниця дійсних розмірів вала й отвору до складання, якщо розмір вала більше розмірів отвору, називається натягом.

Слід мати на увазі, що після складання розміри вала й отвору при створенні натягу будуть одинакові, оскільки при складанні деталі деформуються, чим і забезпечується нерухомість з'єднання.



*Rис. 2.2. Посадка з натягом:  
b2 — величина натягу; D2 — діаметр отвору; d2 — діаметр вала*

Технологічний процес складання з'єднання з натягом виконується або запресуванням із зусиллям вала в отвір (при малих натягах), або за рахунок збільшення безпосередньо перед складанням розміру отвору шляхом нагрівання (при великих натягах).

Сполучення, створене в результаті з'єднання отворів і валів (охоплюючих і охоплюваних елементів деталей) з одинаковими номінальними розмірами, зазвичай називають **посадкою**. Точнішим є таке визначення: *посадка — це характер з'єднання деталей, визначений величиною отримуваних у ньому зазорів або натягів*.

Слід звернути особливу увагу на таке: характер з'єднання залежить від дійсних розмірів сполучуваних деталей перед складанням, а номінальні розміри отвору і валу, які складають з'єднання, є одинаковими.

Оскільки дійсні розміри придатних отворів і валів у партії деталей, виготовлених за одними і тими самими кресленнями, можуть коливатися між заданими граничними розмірами, отже, і величина зазорів і натягів може коливатися залежно від дійсних розмірів сполучуваних деталей. Тому розрізняють найбільший і найменший зазори і відповідно найбільший і найменший натяги.

**Найбільший зазор**  $S_{max}$  дорівнює різниці між найбільшим граничним розміром отвору  $D_{max}$  і найменшим граничним розміром вала  $d_{min}$ :

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} \quad (2.1)$$

**Найменший зазор**  $S_{min}$  дорівнює різниці між найменшим граничним розміром отвору  $D_{min}$  і найбільшим граничним розміром вала  $d_{max}$ :

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} \quad (2.2)$$

**Найбільший натяг**  $N_{max}$  дорівнює різниці між найбільшим граничним розміром вала  $d_{max}$  і найменшим граничним розміром отвору  $D_{min}$ :

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} \quad (2.3)$$

**Найменший натяг**  $N_{min}$  дорівнює різниці між найменшим граничним розміром вала  $d_{min}$  і найбільшим граничним розміром отвору  $D_{max}$ :

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} \quad (2.4)$$

## ЗАВДАННЯ 2.1

Визначення граничних зазорів та натягів для заданої посадки.

1. Для заданих посадок (таблиця 2.1) зобразити схеми розташування полів допусків отвору та вала, вказати на схемах граничні відхилення.
2. Розрахувати найбільші та найменші розміри отворів та валів, найбільші та найменші зазори або натяги, а також допуск посадки.
3. Дати характеристики заданих посадок, вказати, чи є вони посадками переважного використання.

**ПРИКЛАД 1:** Визначити граничні розміри отвору та валу, найбільший та найменший зазори (натяги), а також допуск для посадки:

**Ø45H7/f7**

**РІШЕННЯ:** За ГОСТ 25347-89 знаходимо граничні відхилення для:

– отвору Ø45H7:  $EI = 0$ ,  $ES = +25 \text{ мкм} = +0,025 \text{ мм}$ ;

– вала Ø45f7:  $ei = -50 \text{ мкм} = -0,05 \text{ мм}$ ,  $es = -25 \text{ мкм} = -0,025 \text{ мм}$ ;

Номінальний розмір з'єднання  $D_{nom} = d_{nom} = 45 \text{ мм}$ .

Граничні розміри отвору та вала визначаємо за формулами:

$$D_{max} = D_{nom} + ES = 45,000 + 0,025 = 45,025 \text{ мм};$$

$$D_{min} = D_{nom} + EI = 45,000 + 0 = 45,000 \text{ мм};$$

$$d_{max} = d_{nom} + es = 45,000 + (-0,025) = 44,975 \text{ мм};$$

$$d_{min} = d_{nom} + ei = 45,000 + (-0,050) = 44,950 \text{ мм}.$$

Допуски отвору та вала:

$$T_D = D_{max} - D_{min} = ES - EI = 45,025 - 45,000 = 0,025 - 0 = 0,025 \text{ мм};$$

$$T_d = d_{max} - d_{min} = es - ei = 44,975 - 44,950 = -0,025 - (-0,050) = 0,025 \text{ мм}.$$

Граничні зазори посадки знаходимо за формулами:

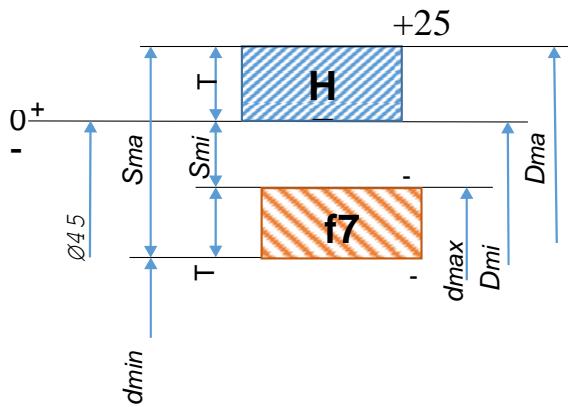
$$S_{max} = ES - ei = 25 - (-50) = 75 \text{ мкм} = 0,075 \text{ мм};$$

$$S_{min} = EI - es = 0 - (-25) = 25 \text{ мкм} = 0,025 \text{ мм}.$$

Допуск посадки :

$$T_P = T_s = S_{max} - S_{min} = 0,075 - 0,025 = T_D + T_d = 0,025 + 0,025 = 0,050 \text{ мм}$$

Схема полів допусків посадки Ø45H7/f7 зображена на рис. 2.3.



**Рис. 2.3 - Схема полів допусків посадки Ø45H7/f7**

**ПРИКЛАД 2:** Для з'єднання отвору розміром  $\varnothing 50^{+0.02}$  і валу розміром  $\varnothing 50_{-0.03}^{+0.05}$  проведемо необхідні розрахунки. Границі розміри отвору і валу:

$$D_{max} = 50,00 + 0,02 = 50,02 \text{мм};$$

$$D_{min} = 50,00 \text{мм}.$$

$$d_{max} = 50,00 + 0,05 = 50,05 \text{мм};$$

$$d_{min} = 50,00 + 0,03 = 50,03 \text{мм}.$$

Допуски отвору та вала:

$$T_D = D_{max} - D_{min} = ES - EI = 50,02 - 50 = 0,02 - 0 = 0,02 \text{мм};$$

$$T_d = d_{max} - d_{min} = es - ei = 50,05 - 50,03 = 0,05 - 0,03 = 0,02 \text{мм}.$$

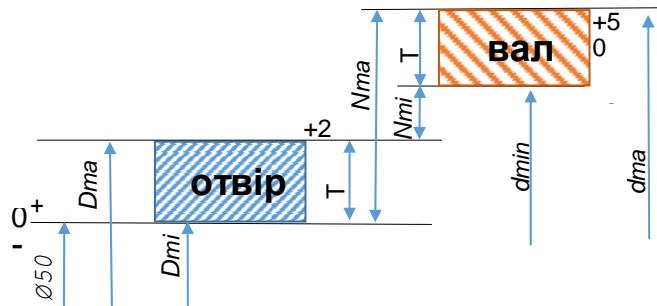
Границі натяги, мм:

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = 50,05 - 50,00 = 0,05 \text{мм};$$

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = 50,03 - 50,02 = 0,01 \text{мм}.$$

Допуск посадки :

$$T\Pi = T_N = N_{max} - N_{min} = 0,05 - 0,01 = T_D + T_d = 0,02 + 0,02 = 0,040 \text{мм}$$



**Рис. 2.4. Графічне зображення посадки з натягом:**

**1 — найбільший натяг  $N_{max}$ ; 2 — найменший натяг  $N_{min}$**

**ПРИКЛАД 3:** Для з'єднання отвору розміром  $\varnothing 50^{+0.02}$  і вала  $\varnothing 50_{-0.01}^{+0.03}$  здійснимо необхідні розрахунки. Границі розміри отвору і валу:

$$D_{max} = 50,00 + 0,02 = 50,02 \text{мм};$$

$$D_{min} = 50,00 \text{мм}.$$

$$d_{max} = 50,00 + 0,03 = 50,03 \text{мм};$$

$$d_{min} = 50,00 + 0,01 = 50,01 \text{мм}.$$

Допуски отвору та вала:

$$T_D = D_{max} - D_{min} = ES - EI = 50,02 - 50 = 0,02 - 0 = 0,02 \text{мм};$$

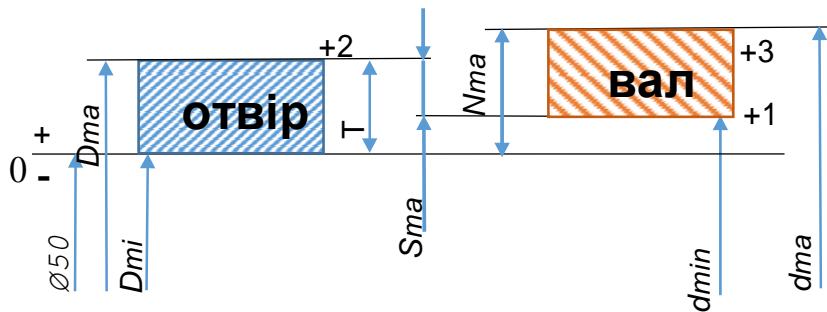
$$T_d = d_{max} - d_{min} = es - ei = 50,03 - 50,01 = 0,03 - 0,01 = 0,02 \text{мм}.$$

З'єднання отвору, що має найбільший граничний розмір, з валом, що має найменший граничний розмір, створює посадку із зазором, оскільки отвір більше валу, при цьому зазор буде найбільшим і дорівнюватиме:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 50,02 - 50,01 = 0,01 \text{ мм.}$$

З'єднання отвору, що має найменший граничний розмір, із валом, що має найбільший граничний розмір, створює посадку з натягом, оскільки вал більше отвору, при цьому натяг буде найбільшим і дорівнюватиме:

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = 50,03 - 50,00 = 0,03 \text{ мм.}$$



**Рис. 2.5 - Графічне зображення переходної посадки:**  
**1 — найбільший зазор  $S_{max}$ ; 2 — найбільший натяг  $N_{max}$**

Допуск посадки :

$$TPI = S_{max} + N_{min} = 0,01 + 0,03 = T_D + T_d = 0,02 + 0,02 = 0,040 \text{ мм}$$

**Таблиця 2.1 – Вихідні дані**

Варіанти	Спряження		
1, 16	$\varnothing 10 H6/g5$ (G6/h5)	$\varnothing 6 H5/j_54$	$\varnothing 70 H5/n4$
2, 17	$\varnothing 10 H7/d8$	$\varnothing 6 H5/m4$	$\varnothing 70 H6/p5$
3, 18	$\varnothing 10 H7/e8$	$\varnothing 6 H6/m5$	$\varnothing 70 H6/s5$
4, 19	$\varnothing 10 H7/f7$	$\varnothing 6 H6/n5$	$\varnothing 70 H7/r6$
5, 20	$\varnothing 10 G7/h6$	$\varnothing 6 H7/k6$	$\varnothing 70 H7/u7$
6, 21	$\varnothing 30 H6/g5$	$\varnothing 18 H6/m5$	$\varnothing 150 H6/p5$
7, 22	$\varnothing 30 H7/d8$	$\varnothing 18 H5/j_54$	$\varnothing 150 H6/s5$
8, 23	$\varnothing 30 H7/e8$	$\varnothing 18 H6/n5$	$\varnothing 150 H7/r6$
9, 24	$\varnothing 30 H7/f7$	$\varnothing 18 H7/k6$	$\varnothing 150 H7/u7$
10, 25	$\varnothing 30 H7/g6$	$\varnothing 18 H8/j_57$	$\varnothing 150 H8/x8$
11, 26	$\varnothing 80 H8/d9$	$\varnothing 120 H6/m5$	$\varnothing 250 H5/n4$
12, 27	$\varnothing 80 H9/f8$	$\varnothing 120 H6/j_55$	$\varnothing 250 H6/s5$
13, 28	$\varnothing 80 H11/a11$	$\varnothing 120 H7/k6$	$\varnothing 250 H7/p6$
14, 29	$\varnothing 80 H11/d11$	$\varnothing 120 H7/n6$	$\varnothing 250 H7/r6$
15, 30	$\varnothing 80 H12/b12$	$\varnothing 120 H8/j_57$	$\varnothing 250 H8/u8$

## ЗАВДАННЯ 2.2

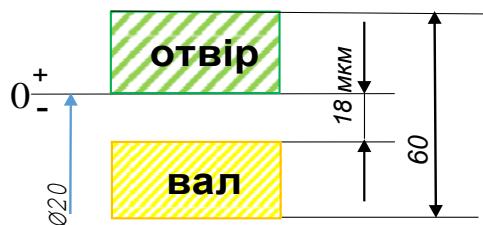
Вибір посадок по заданим зазорам і натягам.

Для заданих вихідних даних (таблиця 2.2), в яких вказані номінальні розміри і можливі граничні значення зазорів і натягів, введені обмеження:

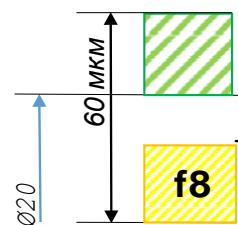
- 1) посадки повинні бути лише в системі *отвору*;
- 2) точність отвору, як правило, не повинна бути вище точності валу;
- 3) точність валу не повинна перевищувати точність отвору більше, ніж на 1 квалітет;
- 4) допустимо використовувати лише *переважні* поля допусків;
- 5) можна використовувати поля допусків не точніші 4-го і не грубіші 11-го;
- 6) дійсне значення зазорів і натягів не повинне відрізнятись від необхідного більше, ніж на 10-20%.

**ПРИКЛАД:** Вибір посадки з зазором. Номінальний розмір  $\varnothing 20$  мм. Вимагається вибрати посадку, в якій забезпечується найбільший зазор – 0,060 мм, і найменший зазор – 0,018 мм.

а) з урахуванням вказаних обмежень графічне зображення посадки в загальному випадку може бути представлене у вигляді рисунку 2.6:



*Рисунок 2.6*



*Рисунок 2.7*

-53

б) з цього графічного зображення видно, що значення найменшого зазору співпадає з верхнім відхиленням валу, таким чином, в таблиці стандарту необхідно знайти для валу розміром 20 мм поле допуску, у якого верхнє відхилення дорівнює 0,018 мм;

в) необхідно звернути увагу на те, що це відхилення є основним, і, таким чином, в таблицях стандарту таких значень знайдеться багато;

г) з таблиць граничних відхилень видно, що більше основне відхилення (-0,020). Таким чином можемо обрати поле допуску *f8* або *f7*.

д) хоча поле допуску *f8* не є переважного використання, спробуємо для порівняння (рис.2.7);

е) тоді верхнє відхилення для основного отвору повинне бути:

$$ES = 60 - 53 = 7 \text{ мкм};$$

з таблиці ГОСТ25347-82 знаходимо, що цьому відхиленню відповідає поле допуску  $H5$ ;

ж) співставлення полів допусків валу і отвору показує, що отвір на три квалітети точніше, тобто порушене вимогу п.3 завдання 2.2 – це поле не підходить;

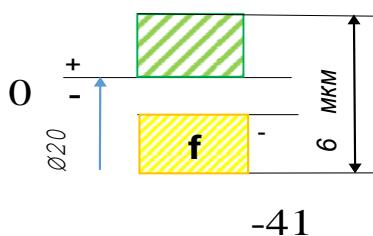
з) пробуємо використати поле допуску більш точного квалітету для валу з числа переважних з основним відхиленням  $f7$  і зображаємо схему на рисунку 2.8;

і) в цьому випадку верхнє відхилення отвору повинно бути:

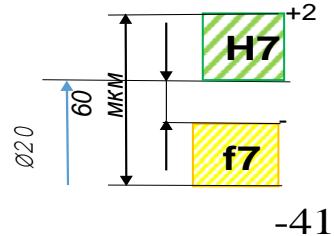
$$ES = 60 - 41 = +19 \text{ мкм};$$

к) в таблиці ГОСТ25347-82 знаходимо, що найближче всього до заданої умови підходить поле допуску  $H7$  з верхнім відхиленням  $+0,021 \text{ мм}$ ;

л) зображаємо графічно посадки на рисунку 2.9 і визначаємо всі дані, як в попередніх завданнях:



*Рисунок 2.8*



*Рисунок 2.9*

Отвір: найбільший  $\varnothing 20,021 \text{ мм}$ ; найменший  $\varnothing 20 \text{ мм}$ .

Вал: найбільший  $\varnothing 19,980 \text{ мм}$ , найменший  $\varnothing 19,959 \text{ мм}$ .

Допуск валу і отвору  $0,021 \text{ мм}$ .

Можливий найменший зазор  $20 \text{ мкм}$  (задано  $18 \text{ мкм}$ ).

Можливий найбільший зазор  $62 \text{ мкм}$  (задано  $60 \text{ мкм}$ ).

м) обирається посадка відповідно заданим вимогам:  $\varnothing 20$

*Таблиця 2.2 – Вихідні дані*

Варіант	Номінальний розмір, мм	Зазор, мм		Номінальний розмір, мм	Найбільший, мм		Номінальний розмір, мм	Натяг, мм	
		max	min		натяг	зазор		max	min
1	$\varnothing 12$	50	15	$\varnothing 10$	2	8	$\varnothing 140$	40	10
2	$\varnothing 12$	32	5	$\varnothing 10$	5	5	$\varnothing 140$	60	20
3	$\varnothing 12$	0	1	$\varnothing 10$	10	0	$\varnothing 140$	100	70
4	$\varnothing 12$	100	40	$\varnothing 10$	9	12	$\varnothing 140$	70	4
5	$\varnothing 12$	70	25	$\varnothing 10$	12	3	$\varnothing 140$	90	25
6	$\varnothing 45$	70	23	$\varnothing 30$	3	12	$\varnothing 200$	40	10
7	$\varnothing 45$	48	10	$\varnothing 30$	8	7	$\varnothing 200$	75	20
8	$\varnothing 45$	40	2	$\varnothing 30$	14	1	$\varnothing 200$	140	90
9	$\varnothing 45$	180	78	$\varnothing 30$	4,5	17,5	$\varnothing 200$	80	5
10	$\varnothing 45$	130	45	$\varnothing 30$	17	5	$\varnothing 200$	100	30

## **КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Зміст понять: розмір номінальний, дійсний, граничний.
2. Що називають допуском? Формули для обчислення допуску. Поле допуску.
3. Що називають відхиленням розміру? Види відхилень. Основні відхилення в ЄСДП.
4. Визначення посадки. Види посадок та їх параметри.
5. Що називають квалітетом і як визначають допуски для різних квалітетів?
6. Утворення посадок в ЄСДП. Системи отвору та вала.
7. Графічне зображення схем полів допусків посадок.
8. Позначення полів допусків, відхилень та посадок на кресленнях.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

### **ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСКІВ ВІДХИЛЕННЯ ФОРМИ, РОЗТАШУВАННЯ ТА ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХОНЬ**

**Мета роботи:** закріпити знання та практичні навички з використання стандартів для визначення допусків форми і розташування поверхонь та їх шорсткості; вміти користуватися стандартами: ГОСТ 24643-81, ГОСТ 2.308-79, ГОСТ 2789-73, ДСТУ 2413-94 та ГОСТ 2.309-73; закріпити способи позначення допусків форми і розташування та шорсткості поверхонь на кресленнях; вміти читати і записувати умовні позначення допусків форми і розташування поверхонь; визначати величину мікронерівностей поверхні за профілограмою.

**Теоретичні відомості:** Реальна деталь відрізняється від свого номінального прототипу відхиленнями форми поверхонь від правильної геометричної форми й відхиленнями розташування цих поверхонь від правильної геометричного розташування, внаслідок неминучих похибок технологічного процесу виготовлення.

З погляду теорії точності відхилення розміру, форми й розташування є первинними технологічними похибками об'єкта контролю, величини яких повинні обмежуватися допусками на виготовлення.

Визначення базових поверхонь деталі: елементи деталі поділяються на робочі й неробочі.

**Неробочі** – поверхні не беруть участь у сполученні з іншими деталями виробу й визначають ,головним чином, габарити деталі і її форму.

**Робочі** – поверхні сполучаються з іншими деталями виробу, і в цьому випадку вони є базовими поверхнями або виконують певне функціональне призначення. Робочі поверхні підрозділяються на: елементні (що сполучають утворюючу посадку) і координатні, які визначають розташування елементів деталі.

**Базовою** – поверхнею (базою) називають поверхню або сполучення поверхонь, осей, крапок, що належать деталі й використовуються для додатку їй необхідного положення.

Необхідне положення в результаті складання надають – конструкторські бази, при виготовленні – технологічні бази, при вимірюванні – вимірювальні бази.

Згідно з ГОСТ 24642—81 прийнято такі основні буквенні позначення форм і розташування поверхонь:

**$\Delta$**  — відхилення форми, відхилення розташування або сумарне відхилення форми і розташування;

**$T$**  — допуск форми, допуск розташування або сумарний допуск форми і розташування;

**$l$**  — довжина нормованої ділянки.

## **Відхилення та допуски форми поверхонь**

Стандарти містять терміни та норми вимог насамперед до циліндричних деталей, деталей із плоскими поверхнями і корпусних деталей.

**Відхилення форми** — відхилення форми реальної поверхні від форми номінальної поверхні.

**Допуск форми** — це найбільше допускне значення відхилення форми.

**Номінальна форма поверхні** — це поверхня, форму якої задано у кресленні або в іншому технічному документі.

**Реальна поверхня** — поверхня, отримана під час обробки деталі.

**Профіль поверхні** — це лінія перетину поверхні з площею, перпендикулярно їй або паралельно її осі. Профіль може бути номінальним — при перерізі номінальної поверхні, і реальним — при перерізі реальної поверхні.

**Відхилення профілю** — відхилення реального профілю від номінального. Допуски відхилення форми елемента задаються по всій довжині розглядуваної деталі або на нормованій ділянці.

**Нормована ділянка** — це ділянка поверхні, до якої належить допуск відхилення форми. Нормована ділянка задається розмірами, які визначають її площину, довжину або кут сектора.

Відлік відхилення форми здійснюється від прилеглої поверхні або прилеглого профілю. Основними видами прилеглих поверхонь і профілів є:

— **прилегла поверхня** — має форму номінальної поверхні, що стикається з реальною поверхнею і розташована зовні матеріалу деталі так, щоб відхилення від неї найвіддаленішої точки реальної поверхні в межах 21очко поді ділянки мало мінімальне значення;

— **прилегла площа** — площа, що стикається з реальною поверхнею і розташована зовні матеріалу деталі так, щоб відхилення від неї найвіддаленішої точки реальної поверхні в межах 22очко поді ділянки мало мінімальне значення;

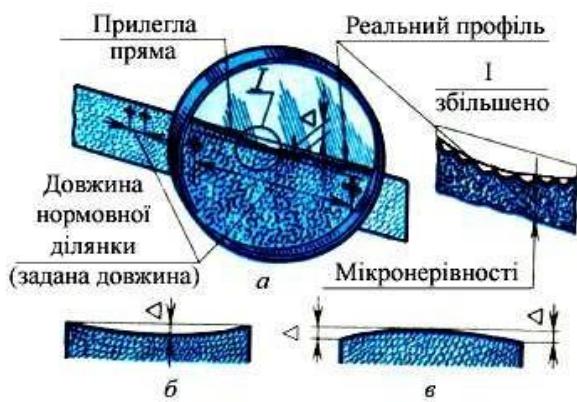
— **прилеглий циліндр** — циліндр мінімального діаметра, описаний навколо реальної зовнішньої поверхні або максимального діаметра, вписаний у реальну внутрішню поверхню;

— **прилегле коло** — коло мінімального діаметра, описане навколо реального профілю зовнішньої поверхні обертання або максимального діаметра, вписане в реальний профіль внутрішньої поверхні обертання.

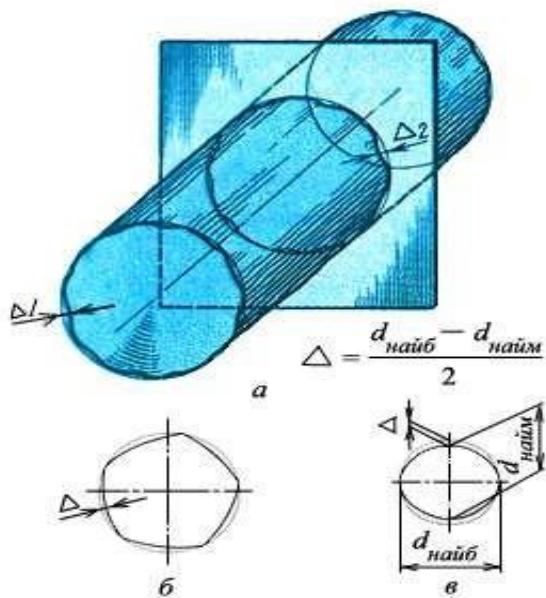
## Стандартом регламентовано такі види відхилень форми:

**Рис.3.1. Відхилення від площинності:** загальний випадок:

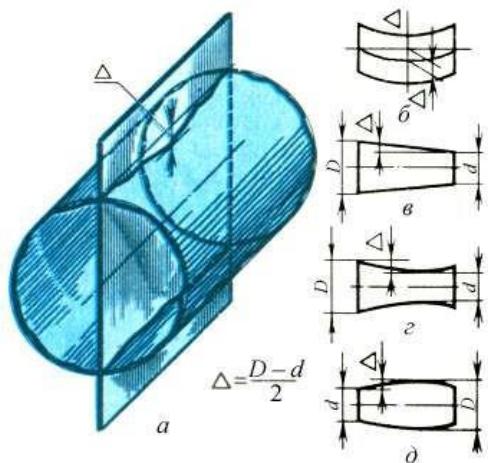
$\Delta$  — відхилення від прямолінійності профілю (а) окремі випадки: увігнутість (б); опуклість сідлоподібність (г)



**Рис. 3.2. Відхилення від прямолінійності:** загальний випадок:  $\Delta$  — відхилення від прямолінійності (а); увігнутість (б); опуклість (в)



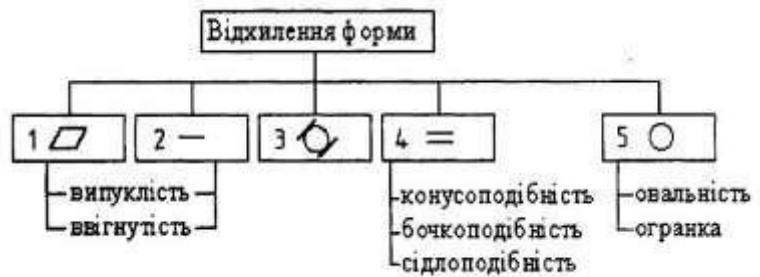
**Рис. 3.3. Відхилення від циліндричності:** загальний випадок:  $\Delta$  — найбільше відхилення окремі випадки: зігнутість (б); конусність (в); сідлоподібність (г); бочкоподібність (д)



**Рис. 3.4. Відхилення від кругlosti:**

загальний випадок:  $\Delta_1, \Delta_2$  — відхилення в поперечних перерізах (а);  
окремі випадки: ограновування (б); овальність (в)

1. відхилення від площинності;
2. відхилення від прямолінійності;
3. відхилення від циліндричності;
4. відхилення профілю поздовжнього перерізу;
5. відхилення від кругlosti.



**Рис.3.5. Позначення відхилень форми**

### Відхилення та допуски розташування поверхонь

**Відхиленням розташування** називається відхилення реального розташування елемента, що розглядається, від його номінального розташування.

**Елемент** — це узагальнений термін, під яким у залежності від відповідних умов розуміють поверхню, лінію, точку.

Під **номінальним розташуванням** розуміють розташування елемента (поверхні, лінії, точки) поверхні чи профілю, що визначається номінальними лінійними та кутовими розмірами:

- між ними та базами;
- між елементами, що розглядаються, якщо бази не задані.

При оцінюванні величини відхилення розташування реальні поверхні та профілі замінюються прилеглими, а за осі, площини симетрії та центри реальних поверхонь приймаються осі, площини симетрії і центри прилеглих елементів.

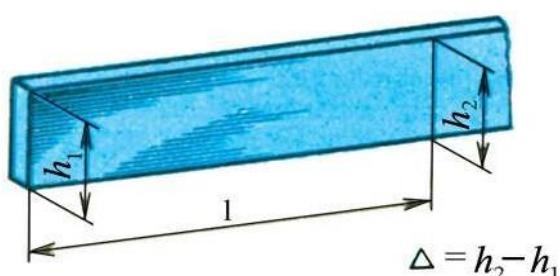
Виділяються відхилення розташування (рис. 3.6):

- відхилення від паралельності площин;
- відхилення від перпендикулярності площин;

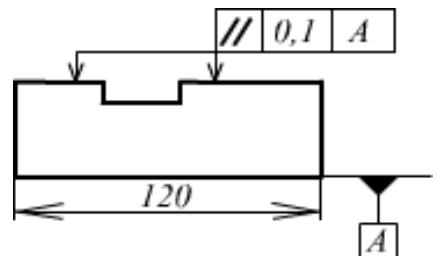
- відхилення нахилу площини відносно площини чи осі;
- відхилення співвісності відносно осі базової поверхні та відносно загальної осі;
- відхилення від симетричності відносно базового елемента;
- відхилення від перетину осей;
- позиційні допуски.



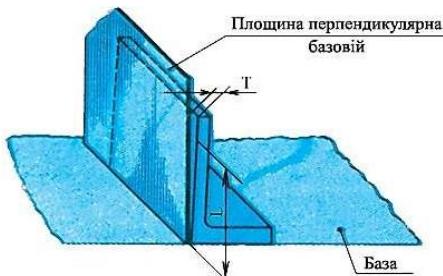
*Рис.3.6. Відхилення розташування поверхонь*



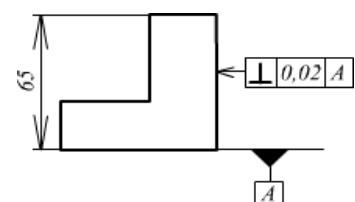
*Рис. 3.7. Відхилення від паралельності площин*



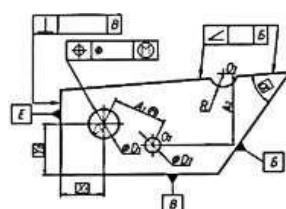
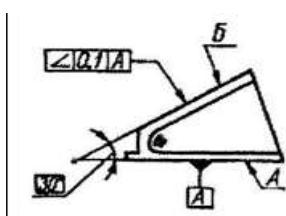
*Рис.3.8. Допуск паралельності*



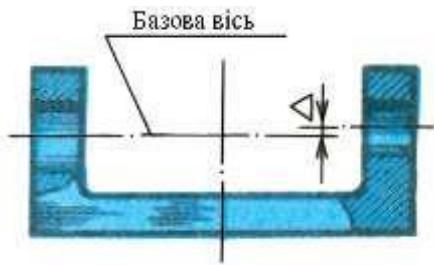
*Рис. 3.9. Відхилення від перпендикулярності площин: Т — допуск перпендикулярності; L — задана довжина*



*Рис. 3.10. Допуск перпендикулярності*

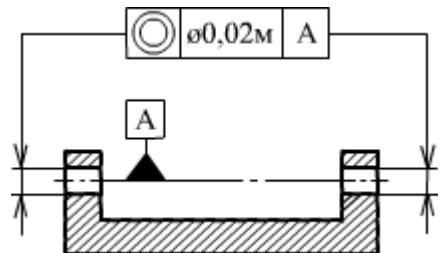


*Рис.3.11. Позначення допуску нахилу*



**Рис. 3.12. Відхилення від співвісності:**

Δ — відхилення від співвісності  
відносно базової осі



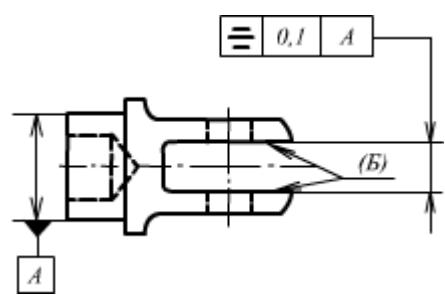
**Рис.3.13. Допуск співвісності**

двох отворів відносно їх  
спільної осі — 0,02 мм.



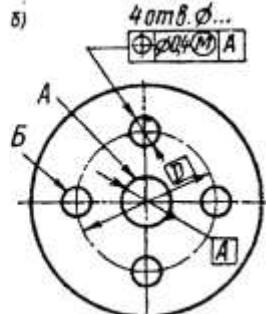
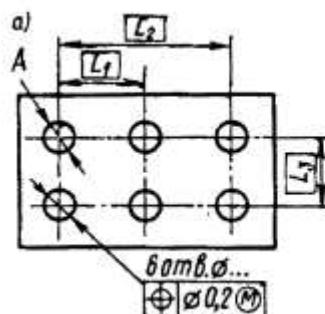
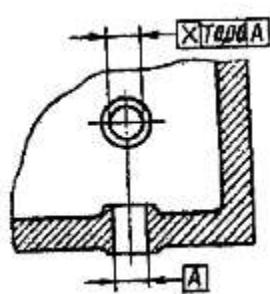
**Рис. 3.14. Відхилення від симетричності:**

Δ — відхилення від симетричності осі отвору  
відносно поверхонь



**Рис. 3.15. Допуск симетричності**

поверхні (Б) Т 0,1 мм.



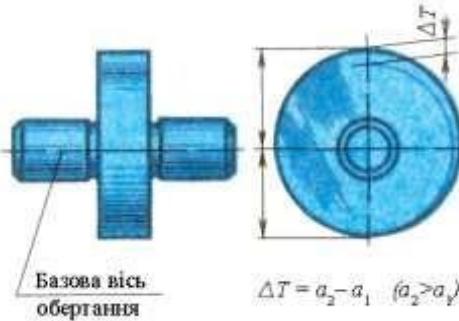
**Рис.3.16. Позначення допуску перетину осей**

**Рис. 3.17. Позиційні допуски**

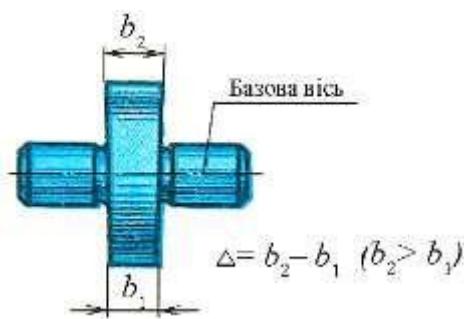
### Сумарні відхилення і допуски форми та розташування поверхонь



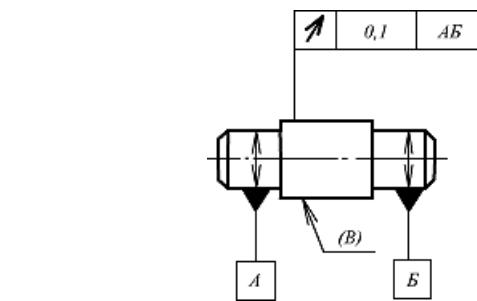
**Рис.3.18. Сумарні відхилення форми і розташування**



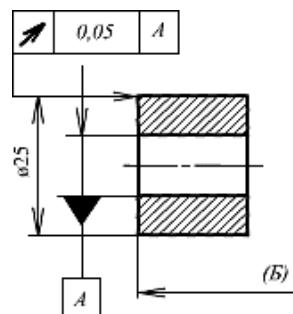
**Рис. 3.19. Сумарне відхилення — радіальне биття**



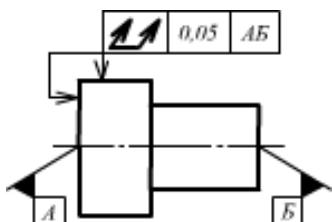
**Рис. 3.21. Сумарне відхилення — мм торцеве биття**



**Рис.3.20. Допуск радіального биття поверхні (В) відносно спільної осі поверхонь А і Б – 0,1мм**

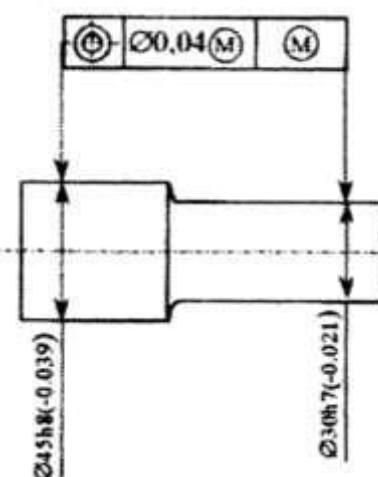


**Рис. 3.22. Допуск торцевого биття на Ø25 поверхні (Б) відносно осі поверхні А становить 0,05 мм**

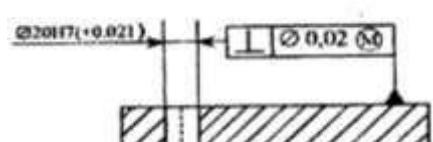


**Рис. 3.23. Допуск повного биття**

**ПРИКЛАД 1.** Визначити залежний допуск перпендикулярності, приведений на рис. 3.24.



**Рис.3.25.**



**Рис.3.24.**

### РІШЕННЯ:

$T_{min} = 0,02 \text{ мм}$  — мінімальне значення допуску перпендикулярності (випливає з креслення);  
 $T_{\text{дод}} = 0,021 \text{ мм} = IT7 (\emptyset)$  - максимальне значення додаткового допуску, яке дорівнює допуску отвору.  
 $T_{\text{зал}} = T_{min} + T_{\text{дод}} = 0,020 + 0,021 = 0,041 \text{ мм.}$

**ПРИКЛАД 2.** Визначити допуск співвісності поверхні валу  $\emptyset 30h7$  відносно іншої поверхні  $\emptyset 45h8$  (див. рис. 3.25). Умова залежного допуску розповсюджується на обидві

## РІШЕННЯ:

$$T_{min} = 0,02 \text{ мм (див. рис.3.25).}$$

$$T_{од} = TIT7 = 0,021 \text{ мм (для } \varnothing 30\text{);}$$

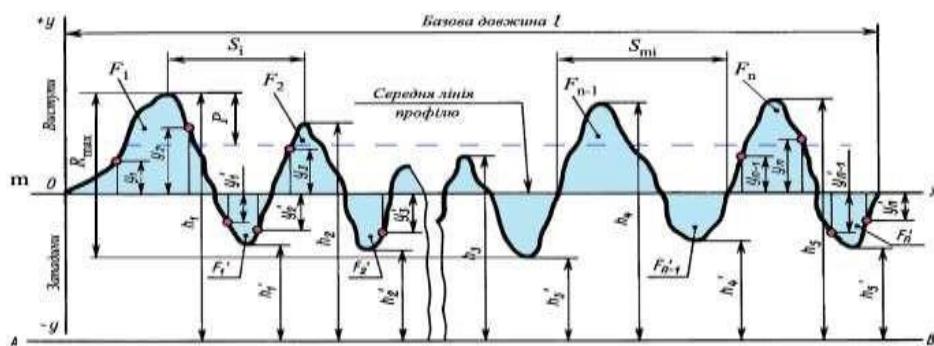
$$T_{зал} = TIT8 = 0,039 \text{ мм (для } \varnothing 45\text{);}$$

$$T_{зал} = T_{min} + T_{од} + T_{зад} = 0,02 + 0,021 + 0,039 = 0,080 \text{ (мм).}$$

Це означає, що положення дійсної (реальної) осі отвору обмежене циліндром, діаметр якого дорівнює залежному допуску  $T_{зал}=0,080 \text{ мм}$

## Шорсткість поверхні

Шорсткість поверхні має такі характеристики: геометричну величину нерівностей, здатність зчеплення поверхні з покриттям, відбивну здатність тощо. Однак основною характеристикою шорсткості в машинобудуванні є її геометрична величина.



*Рис. 3.26. Форма профілю поверхні*

Розмірними параметрами шорсткості за ГОСТ 2789—73 є  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$  і тп. Розглянемо їх докладніше.

$R_a$  — середнє арифметичне відхилення точок профілю від лінії  $m$  у межах базової довжини  $l$ . Параметр  $R_a$  можна характеризувати таким рівнянням:

$$R_a = \frac{(y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1} + y_n) + (y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1} + y_n)}{l}$$

$R_z$  — висота нерівностей, визначена за десятьма точками. Являє собою середню відстань між п'ятьма найвищими точками виступів і п'ятьма найнижчими точками западин, які лежать у межах базової довжини, вимірюеної від довільної лінії АВ, паралельної середній лінії профілю:

$$R_z = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) + (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5)}{5}$$

**R<sub>max</sub>** — найбільша висота нерівностей профілю:

$$R_{max} = |R_p| + |R_p'|,$$

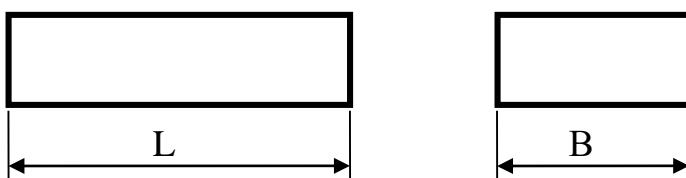
**S<sub>m</sub>** — середній крок нерівностей профілю, виміряний за середньою лінією т.

**S** — середній крок нерівностей профілю, виміряний за вершинами нерівностей.

**t<sub>p</sub>** — відносна опорна довжина профілю, тобто сума довжин відрізків, відрізуваних від нерівностей лінією, паралельною лінії т. t<sub>p</sub> визначається у відсотках від R<sub>max</sub>, чим характеризує фактичну щільність контакту поверхні у сполученні на заданому рівні перерізу профілю.

### ЗАВДАННЯ 3.1

Нанести на кресленні вимоги щодо відхилення від площинності бруска в залежності від заданих розмірів і ступені точності на похибку форми (табл.3.1)

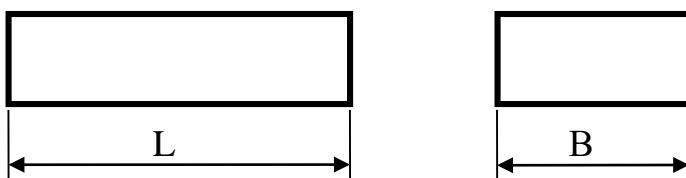


**Таблиця 3.1**

<b>Варіанти</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номінальний розмір L, мм	100	22	125	110	80	50	360	450	630	500
Номінальний розмір B, мм	40	10	25	16	10	6,3	50	75	60	63
Ступінь точності	2	4	3	5	4	10	7	5	6	9

### ЗАВДАННЯ 3.2

Нанести на кресленні вимоги щодо відхилення від паралельності площин бруска в залежності від заданих розмірів і ступені точності на відхилення розташування поверхонь (табл.3.2)



**Таблиця 3.2**

<b>Варіанти</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номінальний розмір L, мм	40	40	160	160	100	100	220	220	400	400
Номінальний розмір B, мм	10	10	40	40	25	25	50	50	90	90
Ступінь точності	10	9	1	2	4	3	5	6	8	7

### ЗАВДАННЯ 3.3

Розшифрувати умовні позначення граничних відхилень форми і розташування поверхонь на рис.3.27:

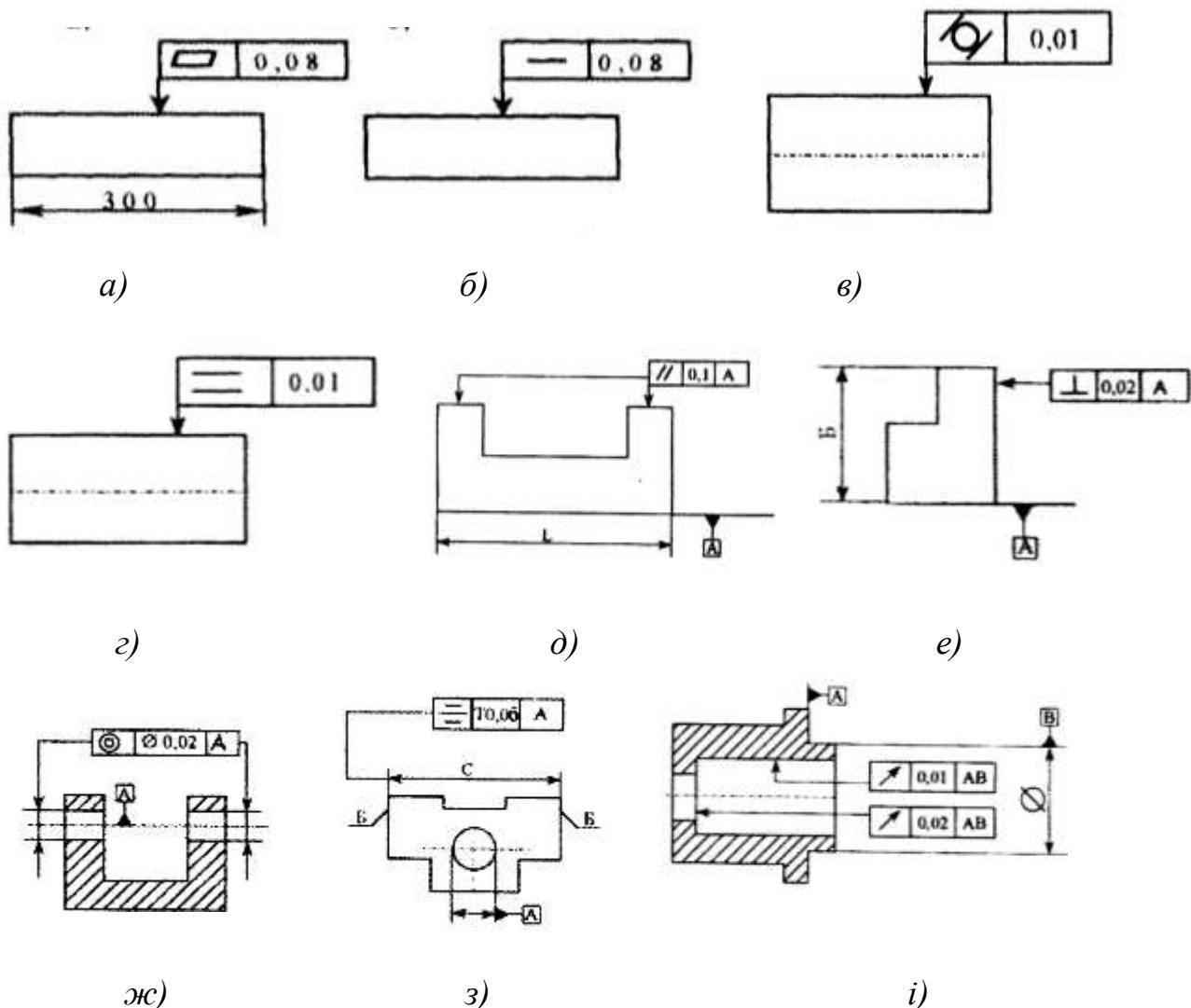
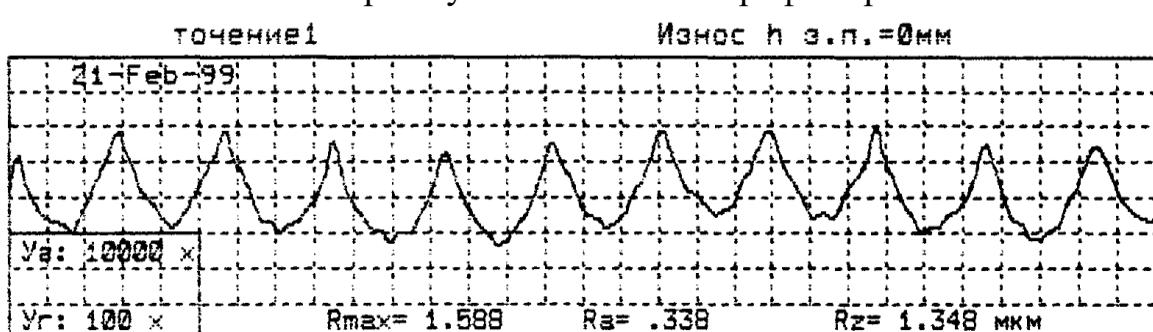


Рис.3.27.

### ЗАВДАННЯ 3.4

Ознайомитися з представленим викладачем варіантом профілограми реального профілю поверхні. Звернути увагу на додаткову інформацію: крім малюнка профілю на профілограмі вказані значення вертикального і горизонтального збільшень, вид механічної обробки поверхні, а також рівень перетину  $p\%$ ;

По варіанту профілограми визначити:



- Положення середньої лінії;
- Масштаб по вертикальній і горизонтальній осі профілограми залежно від заданого збільшення (на профілограмі вертикальне збільшення позначено ВУ, горизонтальне - ГУ);
- Параметри шорсткості по трьом групам і за наслідками розрахунків заповнити таблицю 3.3;

**Таблиця 3.3**

№	$l_{\text{факт}}$	$l_{\text{норм}}$	$R_a$	$R_z$	$R_{\max}$	$S$	$S_m$	$\eta_3$	$t_p$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Отримане значення параметра  $t_p$  привести до нормального ряду значень.

4 Визначити стандартні базові довжини  $l$  для параметрів  $R_a$   $R_z$   $R_{\max}$ ;

**ПРИКЛАД:** Дано профілограма, яка записана з вертикальним збільшенням  $Y_B = 2000$  і горизонтальним  $Y_G = 80$ , базова довжина  $l = 2,5$  мм; запис виконували на прямолінійній ділянці деталі.

**РІШЕННЯ:** так як вимірювання виконувалось на прямолінійній ділянці, то під профілограмою проводимо паралельну загальному напрямку профілографі пряму лінію АВ. Ця лінія проводиться в межах довжини  $L$ , яка дорівнює:  $L = l \times Y_G = 2,5 \times 80 = 200$  мм.

Вимірюємо відстань від лінії АВ до п'яти найвищих виступів  $h_1, h_3, h_5, h_7, h_9$  і п'яти найнижчих западин  $h_2, h_4, h_6, h_8, h_{10}$ .

Виміряні відстані (мм):  $h_1 = 56, h_3 = 40, h_5 = 42, h_7 = 49, h_9 = 53, h_2 = 11, h_4 = 12, h_6 = 10, h_8 = 8, h_{10} = 16$ .

$$Rz = [(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})] : 5Y_B = \\ = [(56+40+42+49+53) - (11+12+10+8+16)] : 5 \times 2000 = 0,0193 \text{ мм} = 19,3 \text{ мкм}$$

### **КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

- Що таке номінальна форма поверхні, реальна поверхня, профіль поверхні та прилегла поверхня?
- Назвіть види відхилень форми поверхні й умовні позначення їх на кресленні.
- Що таке відхилення від прямолінійності та площинності?
- Які існують відхилення форми циліндричних поверхонь?
- Що таке номінальне і реальне розташування поверхні і допуск розташування поверхні елемента деталі?
- Що таке залежні та незалежні допуски розташування поверхонь?
- Що таке сумарні відхилення форми і розташування поверхонь і якими є умовні позначення їх на кресленнях?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

### **РОЗРАХУНОК ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ**

**Мета роботи:** навчитись обґрунтовано призначати за результатами розрахунків посадки при з'єднанні підшипників кочення з валами і корпусами та позначати ці посадки на кресленнях.

**Теоретичні відомості.** Підшипники кочення є найбільш розповсюдженими стандартними складальними одиницями, які виготовляють на спеціалізованих заводах. Вони мають повну зовнішню взаємозамінність за приєднувальними поверхнями, що визначаються зовнішнім діаметром  $D$  зовнішнього кільця та внутрішнім діаметром  $d$  внутрішнього кільця. Між кільцями та тілами кочення існує неповна взаємозамінність (кільця та тіла кочення складають селективним методом). Зношені підшипники кочення легко замінюються та демонтуються новими в корпусах та на валах.

Точність підшипників кочення характеризується точністю їхнього виготовлення і складання. Допуски на виготовлення посадкових поверхонь підшипників не збігаються з допусками за квалітетами, тому для градації точності підшипників кочення встановлені **класи точності**.

Стандартом ГОСТ 520-89 передбачено для підшипників кочення 5 класів точності, позначених у порядку підвищення точності: P0, P6, P5, P4, P2. В позначенні підшипників допускається опускати літеру P, тобто позначати 0, 6, 5, 4, 2.

Клас точності підшипника вказують перед позначенням типу (номера) підшипника, наприклад P4 — **250**. Клас "0" найбільш розповсюджений в загальному машинобудуванні, тому позначення P0 чи 0 на підшипниках цього класу не проставляють. Приведений приклад позначення підшипника має вид: **205**, де 2 - серія підшипника - легка (існують: середня - 3, важка - 4 тощо); дві останні цифри, помножені на п'ять, дорівнюють діаметру отвору внутрішнього кільця підшипника кочення (**205** - підшипник шариковий радіальний однорядний легкої серії для посадки на вал діаметром 25 мм).

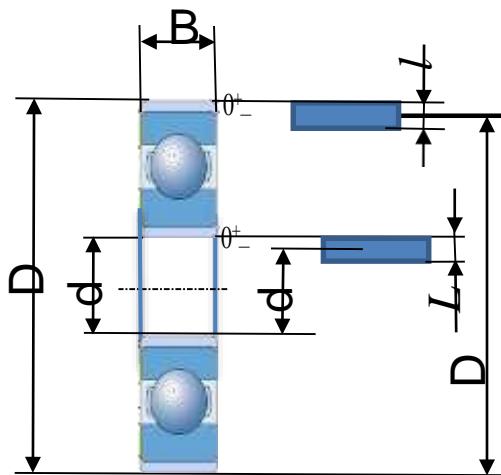
Основні розміри підшипників кочення встановлює ГОСТ 3478-79, типи та конструктивне виконання — ГОСТ 3395-89.

Найточніші підшипники класу 2 чи P2 призначені для:

- гіроскопічних машин і приладів;
- мікроскопічних приладів, електричних мікро машин;
- прецизійних верстатів.

Підшипники класів 5 і 4 використовують при:

- високих частотах обертання;



**Рис.4.1 Приєднувальні поверхні підшипників кочення**

- де  $D_{\max}$  - найбільше значення зовнішнього діаметра, виміряне в двох крайніх перетинах;
- $D_{\min}$  - найменше значення зовнішнього діаметра, виміряне в двох крайніх перетинах;
- $d_m$  - середній діаметр внутрішнього кільця підшипника:  $d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min})$
- де  $d_{\max}$  - найбільше значення внутрішнього діаметра, виміряне в двох крайніх перетинах;
- $d_{\min}$  - найменше значення внутрішнього діаметра, виміряне в двох крайніх перетинах.

Для розмірів  $d$ ,  $d_m$ ,  $D$ ,  $D_m$  введені граничні відхилення, що представлені у ГОСТ 3325-85.

Введення в стандарт граничних відхилень середніх діаметрів  $d_m$  і  $D_m$  викликане особливостями визначення їхньої придатності у складанні, тому що кільця малих типорозмірів підшипників легко деформуються внаслідок малої товщини. Розміри кілець підшипників до монтажу і після складання з валами і корпусами не співпадають. Наприклад, кільце підшипника, що має до складання овальність чи розміри, які вийшли за припустимі межі, після складання може прийняти правильну геометричну форму і мати розміри, що лежать у межах допуску.

У зв'язку з викладеним, придатними є кільця підшипників, дійсні значення середніх діаметрів яких не виходять за межі значень середніх діаметрів  $d_m$  і  $D_m$ .

### **Посадки підшипників кочення**

З'єднання підшипників кочення з валами та корпусами виконують згідно з ГОСТ 3325-85.

- у випадках, коли потрібна висока точність при обертаннях (наприклад, для шпинделів шліфувальних верстатів);

- в прецизійних металорізальних верстатах.

Приєднувальними поверхнями підшипників кочення є наступні (див. рис. 4.1):

$D$  - зовнішній діаметр (зовнішнього кільця);

$d$  - внутрішній діаметр (внутрішнього кільця);

$B$  - ширина кілець;

$D_m$  - середній діаметр зовнішнього кільця

$$\text{підшипника: } D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min}).$$

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}),$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{\max} + d_{\min}),$$

$$B_m = 0,5 \cdot (B_{\max} +$$

Діаметри зовнішнього D і внутрішнього d кілець підшипника прийняті за номінальні діаметри основного вала й основного отвору.

Тому:

- посадка зовнішнього кільця в корпус здійснюється за системою **вала**;
- посадка внутрішнього кільця на вал - за системою **отвору**. У підшипниковых посадках прийняте "перевернуте" щодо нульової лінії розташування поля допуску основного отвору. Тому поле допуску діаметра d підшипника розташоване нижче нульової лінії(див. рис. 4.1).

Поля допусків посадкових розмірів внутрішніх і зовнішніх кілець підшипників відрізняються як розташуванням, так і величиною від тих, що встановлені для основного валу й отвору гладких циліндричних з'єднань.

**ЗАВДАННЯ:** В залежності від умов роботи завдання містить:

- величини та вид навантаження;
- добір полів допусків для спряження кілець з валом та корпусом;
- зображення схеми полів допусків обраних посадок;
- розрахунок граничних зазорів (натягів);
- визначення характеристик отриманих посадок;
- позначення посадок на ескізі

Для підшипників кочення циліндричного редуктора:

- підібрати посадки для спряження кілець підшипника з валом та корпусом;
- зобразити схеми полів допусків;
- визначити параметри обраних посадок.

**Таблиця 4.1 – Варіанти індивідуальних завдань**

Варіант	Тип підшипника	Клас точності	Радіальне навантаження, кН	Характер навантаження
1	204	0	8	Спокійне з помірними поштовхами, перевантаження до 150%
2	207	6	15	
3	208	5	16	
4	305	4	10	
5	306	0	12	
6	205	6	9	
7	210	5	15	
8	312	4	25	Поштовхи, удари, вібрація, перевантаження до 300%
9	314	0	28	
10	306	6	25	
11	310	5	26	
12	309	4	28	
13	307	0	20	
14	315	6	73	Спокійне, перевантаження до 150%
15	206	5	10	
16	209	4	18	
17	308	0	23	
18	312	6	50	

## **ПРИКЛАД:**

Для підшипника кочення 6—205, встановленого на опорі вала редуктора, підібрати поля допусків для спряження кілець підшипника з валом та корпусом, накреслити схеми полів допусків та визначити параметри посадок. Радіальне навантаження —  $R = 3 \text{ кН}$ , навантаження поштовхове, перевантаження 200%.

## **РІШЕННЯ:**

1. Визначаємо розміри підшипника (**Додаток 12**):

$$D = 52 \text{ мм};$$

$$d = 25 \text{ мм};$$

$$B = 15 \text{ мм};$$

$$r = 1,5 \text{ мм.}$$

2. Підбираємо поле допуску отвору корпуса. Зовнішнє кільце підшипника знаходиться під дією місцевого навантаження. Заданим умовам (**Додаток 8**) відповідає поле допуску **J<sub>s</sub>7**.

3. Підбираємо поле допуску для внутрішнього кільця підшипника, що знаходиться під дією циркуляційного навантаження.

Визначаємо інтенсивність навантаження за формулою:

$$PR = R/b \times k\Pi \times F \times F_a,$$

де  $R$  – розрахункова радіальна реакція опори, Н;

$b$  – робоча ширина посадкового місця, мм;

$b = B - 2r$  – для шарикопідшипників;

$b = B - (r - r_i)$  – для роликопідшипників;

$B$  – ширина підшипника (**Додаток 12**);

$r$  – радіус заокруглення або ширина фаски кільця підшипника (**Додаток 12**);

$$b = B - 2r = 15 - 2 \times 1,5 = 12 \text{ мм};$$

$k\Pi$  – динамічний коефіцієнт посадки;

$k\Pi = 1$  – при перевантаженні до 150%, помірних поштовхах та вібрації;

$k\Pi = 1,8$  – при перевантаженні до 300%, значних поштовхах та вібрації;

$F$  – коефіцієнт, що враховує степінь послаблення посадкового натягу у порожнистому валу або тонкостінному корпусі (**Додаток 9**);

$$F = 1;$$

$F_a$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу радіального навантаження  $R$  між рядами роликів в дворядних конічних роликопідшипниках або між здвоєними шарикопідшипниками при наявності осьового навантаження  $A$  на опору (**Додаток 10**)

$$F_a = 1;$$

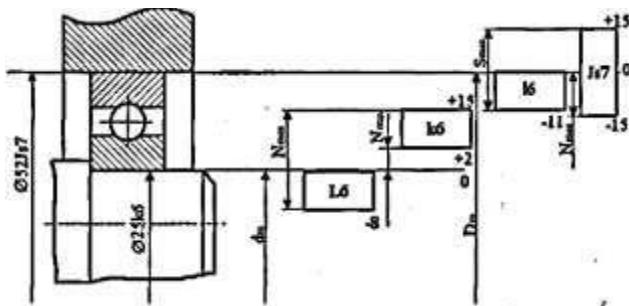
Тоді

$$PR = 3000/12 \times 1,8 \times 1 \times 1 = 450 \text{ Н/мм},$$

За величиною  $PR$  та розміром кільця підшипника (**Додаток 11**) знаходять рекомендоване поле допуску посадкової поверхні валу або отвору корпуса.

Заданим умовам для валу та  $\mathbf{PR} = 450 \text{ Н/мм}$  відповідає поле допуску **k6** (Додаток 11).

4. Креслимо схеми полів допусків посадок для внутрішнього та зовнішнього кілець (рис. 4.2).



*Рисунок 4.2 – Схеми полів допусків для посадок внутрішнього ( $\text{Ø}25 \text{ L6/k6}$ ) та зовнішнього ( $\text{ØJs7/l6}$ ) кілець підшипника 6 – 205*

5. Знаходимо відхилення середніх діаметрів кілець (Додаток 5) і (Додаток 6):

- зовнішнього  $d_m$ : верхнє  $es = 0$ ;  
нижнє  $ei = -11 \text{ мкм}$ ;
- внутрішнього  $D_m$ : верхнє  $ES = 0$ ;  
нижнє  $EI = -8 \text{ мкм}$ .

6. За ГОСТ 25347-89 знаходимо граничні відхилення:

- для поля допуску  $Js7$ :  $ES = +15 \text{ мкм}$ ;  
 $EI = -15 \text{ мкм}$ ;
- для поля допуску **k6**:  $es = +15 \text{ мкм}$ ;  
 $ei = +2 \text{ мкм}$ .

7. Параметри посадок кілець підшипника 6-205 наступні:

- зовнішнього:

$$S_{\max} = ES - ei = 15 - (-11) = 27 \text{ мкм}; \\ N_{\max} = es - EI = 0 - (-15) = 15 \text{ мкм};$$

- внутрішнього:

$$N_{\max} = es - EI = 15 - (-8) = 23 \text{ мкм}; \\ N_{\min} = ei - ES = 2 - 0 = 2 \text{ мкм}.$$

### **КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Класи точності підшипників кочення, їхнє умовне позначення.
2. Галузі використання підшипників кочення окремих класів точності.
3. В чому своєрідність завдання допусків на приєднувальні розміри підшипників кочення?
4. Фактори, що впливають на вибір підшипниківих посадок.
5. Види навантажень кілець підшипників.
6. Що враховують та які посадки призначають для місцево-навантажених та циркуляційно-навантажених кілець?
7. Позначення посадок кілець підшипників кочення на кресленнях.

## ДОДАТОК 1

Ряди лінійних діаметрів, довжин, висот, глибин та інших розмірів,  
мм по ГОСТ 8032-80

<b>Ra5</b>	<b>Ra10</b>	<b>Ra20</b>	<b>Ra40</b>	<b>Ra5</b>	<b>Ra10</b>	<b>Ra20</b>	<b>Ra40</b>	<b>Ra5</b>	<b>Ra10</b>	<b>Ra20</b>	<b>Ra40</b>
1,0	1,0	1,0	1,0	10	10	10	10	100	100	100	100
			1,05				10,5				105
		1,1	1,1			11	11			110	110
			1,15				11,5				120
	1,2	1,2	1,2		12	12	12		125	125	125
			1,3				13				130
		1,4	1,4			14	14			140	140
			1,5				15				150
1,6	1,6	1,6	1,6	16	16	16	16	160	160	160	160
			1,7				17				170
		1,8	1,8			18	18			180	180
			1,9				19				190
	2,0	2,0	2,0		20	20	20		200	200	200
			2,1				21				210
		2,2	2,2			22	22			220	220
			2,4				24				240
2,5	2,5	2,5	2,5	25	25	25	25	250	250	250	250
			2,6				26				260
		2,8	2,8			28	28			280	280
			3,0				30				300
	3,2	3,2	3,2		32	32	32		320	320	320
			3,4				34				340
		3,6	3,6			36	36			360	360
			3,8				38				380
4,0	4,0	4,0	4,0	40	40	40	40	400	400	400	400
			4,2				42				420
		4,5	4,5			45	45			450	450
			4,8				48				480
	5,0	5,0	5,0		50	50	50		500	500	500
			5,3				53				530
		5,6	5,6			56	56			560	560
			6,0				60				600
6,3	6,3	6,3	6,3	63	63	63	63	630	630	630	630
			6,7				67				670
		7,1	7,1			71	71			710	710
			7,5				75				750
	8,0	8,0	8,0		80	80	80		800	800	800
			8,5				85				850
		9,0	9,0			90	90			900	900
			9,5				95				950

## ДОДАТОК 2

Величини допусків (мкм) для різних інтервалів розмірів (мм)  
і квалітетів

Квалітет	Інтервали (понад) – до, мм													
	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	
<b>01</b>	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4	
<b>0</b>	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6	
<b>1</b>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	
<b>2</b>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
<b>3</b>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
<b>4</b>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
<b>5</b>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
<b>6</b>	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
<b>7</b>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
<b>8</b>	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97	
<b>9</b>	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
<b>10</b>	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250	
<b>11</b>	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400	
<b>12</b>	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630	
<b>13</b>	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970	
<b>14</b>	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550	
<b>15</b>	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500	
<b>16</b>	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000	

## ДОДАТОК 3

Границі відхилення, мкм, вала для основних полів допусків  
при номінальних розмірах від 1 до 500 мм по ГОСТ

Номінальні розміри, мм	Квалітет 6											
	Поля допусків валів											
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	
	Границі відхилення $es - ei$ , мкм											
До 3 мм	-6 -12	-2 -8	0 -6	$\pm 3$	+6 0	+8 +2	+1 0	+1 2	+16 +10	+20 +14	-	-
Понад 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	$\pm 4$	+9 +1	+12 +4	+1 6	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-	-
Понад 6 до 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	$\pm 4,5$	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-	-
Понад 10 до 18	-16 -27	-6 -17	0 -11	$\pm 5,5$	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+32 +23	+39 +28	-	-
Понад 18 до 30	-20 -33	-7 -20	0 -13	$\pm 6,5$	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	+54 +41	-
Понад 30 до 50	-25 -41	-9 -25	0 -16	$\pm 8$	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	-
Понад 50 до 65									+60 +41	+72 +53	+85 +66	
Понад 65 до 80	-30 -49	-10 -29	0 -19	$\pm 9,5$	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+62 +43	+78 +59	+94 +75	
Понад 80 до 100									+73 +51	+93 +71	+113 +91	
Понад 100 до 120	-36 -58	-12 -34	0 -22	$\pm 11$	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+76 +54	+101 +79	+126 +104	

### Продовження додатку 3

Номінальні розміри, мм	Квалітет 6										
	Поля допусків валів										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
Границі відхилення $es - ei$ , мкм											
Понад 120 до 140									+88 +63	+11 +92	+147 +122
Понад 140 до 160	-43 -68	-14 -39	0 -25	$\pm 12,5$	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134
Понад 160 до 180									+93 +68	+133 +108	+171 +146
Понад 180 до 200									+10 +77	+151 +122	+195 +166
Понад 200 до 225	-50 -79	-15 -44	0 -29	$\pm 14,5$	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+10 9 +80	+159 +130	+209 +180
Понад 225 до 250									+11 3 +84	+169 +140	+225 +196
Понад 250 до 280	-56 -88	-17 -49	0 -32	$\pm 16$	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+12 6 +94	+190 +158	+250 +218
Понад 280 до 315									+13 +98	+202 +170	+272 +240
Понад 315 до 355	-62 -98	-18 -54	0 -36	$\pm 18$	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268
Понад 355 до 400									+150 +114	+244 +208	+330 +294
Понад 400 до 450	-68 -	-20 -60	0 -40	$\pm 20$	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+10 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330
Понад 450 до 500	108								+172 +132	+292 +252	+400 +360

Номінальні розміри, мм	Квалітет 7									
	Поля допусків валів									
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7	
Границі відхилення $es - ei$ , мкм										
До 3 мм	-14 -24	-6 -16	0 -10	$\pm 5$	+10 0	-	+1	+24 +14	+28 +18	
Понад 3 до 6	-20 -32	-10 -22	0 12	$\pm 6$	+13 +1	+16 +4	+2 +8	+31 +19	+35 +23	
Понад 6 до 10	-25 -40	-13 -28	0 -15	$\pm 7$	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+38 +23	+43 +28	
Понад 10 до 18	-32 -50	-16 -34	0 -18	$\pm 9$	+19 +1	+25 +7	+30 +12	+46 +28	+51 +33	
Понад 18 до 24	-40 -61	-20 -41	0 -21	$\pm 10$	+23 +2	+29 +8	+36 +15	+56 +35	+62 +41	
Понад 24 до 30									+69 +48	
Понад 30 до 40	-50 -75	-25 -50	0 -25	$\pm 12$	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+68 +43	+85 +60	
Понад 40 до 50									+90 +70	
Понад 50 до 65	-60	-30	0	$\pm 15$	+32	+41	+50	+83 +53	+11 +87	
Понад 65 до 80	-90	-60	-30		+2	+11	+20	+89 +59	+132 +102	
Понад 80 до 100	-72	-36	0	$\pm 17$	+38	+48	+58	+10 +71	+159 +124	
Понад 100 до 120	-107	-71	-35		+3	+48 +13	+58 +23	+114 +79	+179 +144	
Понад 120 до 140								+13 +92	+210 +170	
Понад 140 до 160	-85	-43	0	$\pm 20$	+43	+55	+67	+140 +100	+230 +190	
Понад 160 до 180	-125	-83	-40		+3	+15	+27	+148 +108	+250 +210	
Понад 180 до 200								+168 +122	+282 +236	
Понад 200 до 225	-100	-50	0	$\pm 23$	+50	+63	+77	+176 +130	+304 +258	
Понад 225 до 250	-146	-96	-46		+4	+17	+31	+186 +140	+330 +284	

### Продовження додатку 3

Номінальні розміри, мм	Квалітет 7								
	Поля допусків валів								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Границі відхилення $es_{\text{el}}$ , мкм								
Понад 315 до 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+247 +190	+447 +390
Понад 355 до 400	-182	-119	-57	+4	+21	+37	+37	+265 +208	+492 +435
Понад 400 до 450	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+295 +232	+553 +490
Понад 450 до 500	-198	-131	-63	+5	+23	+40	+40	+315 +252	+603 +540

Номінальні розміри, мм	Квалітет 8								Квалітет 9					
	Поля допусків валів													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Границі відхилення $es_{\text{el}}$ , мкм													
До 3 мм	-60 -74	-20 -34	-14 -28	-6 -20	0 -14	$\pm 7$	+32 +18	+34 +20	+40 +26	-20 -45	-14 -39	-6 -31	0 -25	+12 -12
> 3 до 6	-70 -88	-30 -48	-20 -38	-10 -28	0 -18	$\pm 9$	+41 +23	+46 +28	+53 +35	-30 -60	-20 -50	-10 -40	0 -30	+15 -15
> 6 до 10	-80 -102	-40 -62	-25 -47	-13 -35	0 -22	$\pm 11$	+50 +28	+56 +34	+64 +42	-40 -76	-25 -61	-13 -49	0 -36	+18 -18
>10 до 14	-95	-50	-32	-16	0	$\pm 13$	+60	+67 +40	+77 +50	-50	-32	-16	0	+21
>14 до 18	-122	-77	-59	-43	-27		+33	+72 +45	+87 +60	-93	-75	-59	-43	-21
> 18 до 24	-110- 143	-65 -98	-40 -73	-20 -53	0 -33	$\pm 16$	+74 +41	+87 +54	+106 +73	-65 -117	-40 -92	-20 -72	0 -52	+26 -26
>24 до 30	-130 -169	-119	-50 -89	-25 -64	0 -39	$\pm 19$	+81 +48	+97 +64	+121 +88	-80 -142	-50 -112	-25 -87	0 -62	+31 -31
> 30 до 40	-120 -159	-80	-50	-25	0	$\pm 19$	+99 +60	+119 +80	+151 +112	-100	-50	-25	0	+31
>40 до 50	-130 -169	-119	-89	-64	-39		+109 +70	+136 +97	+175 +136	-174	-60	-30	-74	+37 -37
> 50 до 65	-140 -186	-100	-60	-30	0	$\pm 23$	+133 +87	+168 +122	+218 +172	-120 -207	-72	-52	0	+43 -43
> 65 до 80	-150 -196	-146	-106	-76	-46		+148 +102	+192 +146	+256 +210	-174	-134	-104	-74	-31
> 80 до 100	-170 -224	-120	-72	-36	0	$\pm 27$	+178 +124	+232 +178	+312 +258	-120 -207	-72	-36	0	+43 -43
> 100 до 120	-180 -234	-174	-126	-90	-54		+198 +144	+264 +210	+364 +310	-159 -123	-87	-87	0	+43 -43
> 120 до 140	-200 -263						+233 +170	+311 +248	+428 +365					
> 140 до 160	-210 -273	-145	-85	-43	0	$\pm 31$	+253 +190	+343 +280	+478 +415	-145 -245	-85 -185	-43 -143	0 -100	+50 -50
> 160 до 180	-230 -293	-208	-148	-106	-63		+273 +210	+373 +310	+528 +465					
> 180 до 200	-240 -312						+308 +236	+422 +350	+592 +520					
> 200 до 225	-260 -332	-170	-100	-50	0	$\pm 36$	+330 +258	+457 +385	+647 +575	-170 -285	-100 -215	-50 -165	0 -115	+57 -57
> 225 до 250	-280 -352	-242	-172	-122	-72		+356 +284	+497 +425	+712 +640					
> 250 до 280	-300 -381	-190	-110	-56	0	$\pm 40$	+396 +315	+556 +475	+791 +710	-190 -320	-110 -240	-56 -186	0 -130	+65 -65
> 280 до 315	-330 -411	-271	-191	-137	-81		+431 +350	+606 +525	+871 +790					
> 315 до 355	-360 -449	-210	-125	-62	0	$\pm 44$	+479 +390	+679 +590	+989 +900	-210 -350	-125 -265	-62 -202	0 -140	+70 -70
> 355 до 400	-400 -489	-299	-214	-151	-89		+524 +435	+749 +660	+1089 +1000					
> 400 до 450	-440 -537	-230	-135	-68	0	$\pm 48$	+587 +490	+837 +740	+1197 +1100	-210 -385	-135 -290	-68 -223	0 -155	+77 -77
> 450 до 500	-480 -577	-327	-232	-165	-97		+637 +540	+917 +820	+1347 +1250					

## ДОДАТОК 4

Границі відхилення, мкм, отвору для основних полів допусків  
при номінальних розмірах від 1 до 500 мм по ГОСТ25347-89

Номінальні розміри, мм	Квалітет 6							Поля допусків отворів							Квалітет 7						
	G6	H6	Js6	K6	M6	N6	P6	F7	G7	H7	Js7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7			
	Границі відхилення $es - ei$ , мкм																				
До 3 мм	+8 +2	+6 0	+3,0 -3,0	0 -6	-2 -8	-4 -10	-6 -12	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	-			
> 3 до 6	+12 +4	+8 0	+4,0 -4,0	+2 -6	-1 -9	-5 -13	-9 -17	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	-			
> 6 до 10	+14 +5	+9 0	+4,5 -4,5	+2 -7	-3 -12	-7 -16	-12 -21	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	-			
> 10 до 18	+17 +6	+11 0	+5,5 -5,5	+2 -9	-4 -15	-9 -20	-15 -26	+34 +16	+24 +6	+18 0	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-16 -34	-21 -39	-			
> 18 до 24	+20	+13	+6,5	+2	-4	-11	-18	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	-33 -54			
> 24 до 30	+7	0	-6,5	-11	-17	-24	-31	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48				
> 30 до 40	+25	+16	+8,0	+3	-4	-12	-21	+50	+34	+25	+12	+7	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64			
> 40 до 50	+9	0	-8,0	-13	-20	-28	-37	+25	+9	0	-12	-18	-25	-33	-42	-50	-59	-45 -70			
> 50 до 65	+29	+19	+9,5	+4	-5	-14	-26	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55 -85			
> 65 до 80	+10	0	-9,5	-15	-24	-33	-45	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-60	-72	-32 -62			
> 80 до 100	+34	+22	+11	+4	-6	-16	-30	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-78 -113			
> 100 до 120	+12	0	-11	-18	-28	-38	-52	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-41	-66	-91 -101			
> 120 до 140	+39	+25	+12	+4	-8	-20	-36	+83	+54	+40	+20	+12	0	-12	-28	-48	-77	-107 -147			
> 140 до 160	+14	0	-12	-21	-33	-45	-61	+43	+14	0	-20	-28	-40	-52	-68	-50	-85	-119 -159			
> 160 до 180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	+180	-53 -93		
> 180 до 200	+44	+29	+14,5	+5	-24	-37	-51	-70	+96	+61	+46	+23	+13	0	-14	-60	-66	-105 -151			
> 200 до 225	+15	0	-5	-24	-37	-51	-70	+50	+15	0	-23	-33	-46	-39	-79	-63	-113	-163 -209			
> 225 до 250	+48	+29	+14,5	+5	-24	-37	-51	-70	+96	+61	+46	+23	+13	0	-14	-60	-66	-123 -169			
> 250 до 280	+49	+32	+16	+5	-9	-25	-47	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-74	-138	-198 -250			
> 280 до 315	+15	0	-16	-27	-41	-57	-79	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-78	-150	-220 -272			
> 315 до 355	+54	+36	+18	+7	-10	-26	-51	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-87	-169	-247 -304			
> 355 до 400	+18	0	-18	-29	-46	-62	-87	+62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-93	-187	-273 -330			
> 400 до 450	+60	+40	+20	+8	-10	-27	-55	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	-103	-209	-307 -370			
> 450 до 500	+20	0	-20	-32	-50	-67	-95	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	-109	-229	-337 -400			

Номінальні розміри, мм	Квалітет 8										Квалітет 9								
	D8	E8	F8	H8	Js8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	Js9					
	Границі відхилення $es - ei$ , мкм																		
До 3 мм	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+14 0	+7 -7	0 -14	-	-4 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12					
> 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+18 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15					
> 6 до 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18					
> 10 до 18	+77 +50	+59 +32	+43 +16	+27 0	+13 -13	+8 -19	+2 -25	-3 -30	-33 -60	+93 +50	+75 +32	+59 +16	+43 0	+21 -21					
> 18 до 24	+98 +65	+73 +40	+53 +20	+33 0	+16 -16	+10 +23	+4 -29	-3 -36	-41 -81	+117 +65	+92 +40	+72 +20	+52 0	+26 -26					
> 24 до 30	+109 +70	+229 +172	+229 +292	+337 +400	+337 +400	+337 +400	+337 +400	+337 +400	+337 +400	+109 +108	+92 +90	+72 +70	+52 0	+26 -26					

## Продовження додатку 4

Номінальні розміри, мм	Квалітет 8										Квалітет 9				
	D8	E8	F8	H8	Js8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	Js9	
	Границі відхилення $es$ , $el$ , мкм														
> 30 до 40	+119 +80	+89 +50	+64 +25	+39 0	+19 -19	+12 -27	+5 -34	-3 -42	-60 -99 -70 -109	+142 +80	+112 +50	+87 +25	+62 0	+31 -31	
> 40 до 50															
> 50 до 65	+46 +100	+106 +60	+76 +30	+46 0	+23 -23	+14 -32	+5 -41	-4 -50	-87 -133 -102 -148	+174 +100	+134 +60	+104 +30	+74 0	+37 -37	
> 65 до 80															
> 80 до 100	+174 +120	+126 +72	+90 +36	+54 0	+27 -27	+16 -38	+6 -48	-4 -58	-124 -178 -144 -198	+207 +120	+159 +72	+123 +36	+87 0	+43 -43	
> 100 до 120															
> 120 до 140									-170 -233						
-50 > 140 до 160	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	-190 -253 -210 -273	+245 +145	+185 +85	+143 +43	+100 0	+50 -50	
> 160 до 180															
> 180 до 200									-236 -308						
> 200 до 225	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	-258 -330 -284 -356	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+57 -57	
> 225 до 250															
> 250 до 280	+271 +190	+191 +110	+137 +56	+81 0	+40 -40	+25 -56	+9 -72	-5 -86	-315 -396 -350 -431	+320 +190	+240 +110	+186 +56	+130 0	+65 -65	
> 280 до 315															
> 315 до 355	+299 +210	+214 +125	+151 +62	+89 0	+44 -44	+28 -61	+11 -78	-5 -94	-390 -479 -435 -524	+350 +210	+265 +125	+202 +62	+140 0	+70 -70	
> 355 до 400															
> 400 до 450	+327 +230	+232 +135	+165 +68	+97 0	+48 -48	+29 -68	+11 -86	-6 -103	-490 -587 -540 -637	+385 +230	+290 +135	+223 +68	+155 0	+77 -77	
> 450 до 500															

## ДОДАТОК 5

Точність розмірів поверхонь. Підшипники шарикові, роликові радіальні та шарикові радіально-упорні. Кільця зовнішні.

Номінальний зовнішній діаметр D, мм	Допустимі відхилення зовнішнього діаметру кільця, мкм									
	Dm		D				Dm та D			
	Класи точності									
0, 6	0	6	0	6	5,4,2	5	4	6		
верхнє	нижнє		верхнє	нижнє	верхнє	нижнє	верхнє	нижнє		0
2,5 – 6	-8	-7	+1	-9	+1	-8		-5	-4	
6 – 18	-8	-7	+2	-10	+1	-8		-5	-4	
18 – 30	-9	-8	+2	-11	+1	-7		-6	-5	
30 – 50	-11	-9	+3	-14	+2	-11		-7	-6	
50 – 80	-14	-11	+4	-17	+2	-14		-9	-7	
80 – 120	-15	-13	+5	-20	+2	-15		-10	-8	
120 – 150	-18	-15	+6	-24	+3	-18		-11	-9	
150 – 180	-25	-18	+7	-32	+3	-21		-13	-10	
180 – 250	-30	-20	+8	-38	+4	-24		-15	-11	
250 – 315	-35	-25	+9	-44	+4	-29		-18	-13	

## ДОДАТОК 6

Точність розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь.  
 Підшипники шарикові, роликові радіальні та шарикові радіально-упорні.  
 Кільця внутрішні

Номінальний діаметр отвору D, мм	Отвір циліндричний				Ширина кільця	UD	Ri	
	Dm		D					
	Відхилення, мкм				верхнє	нижнє	не більше	
Клас точності P0								
50 – 80	0	-15	+4	-19	0	-150	25	20
80 – 120		-20	+5	-25		-200	25	25
120 – 180		-25	+6	-31		-250	30	30
180 – 250		-30	+8	-38		-300	30	40
Клас точності P6								
2,5 – 10	0	-7	+1	-8	0	-120	15	6
10 – 18		-7	+1	-8		-120	20	7
18 – 30		-8	+1	-9		-120	20	8
30 – 50		-10	+1	-11		-120	20	10
50 – 80		-12	+2	-14		-150	25	10
80 – 120		-15	+3	-18		-200	25	13
120 – 180		-18	+3	-21		-250	30	18
180 – 250		-22	+4	-26		-300	30	20
Клас точності P5								
2,5 – 10	0	-5	0	-5	0	-40	5	3,5
10 – 18		-5		-5		-40	5	3,5
18 – 30		-6		-6		-80	5	4
30 – 50		-8		-8		-120	5	5
50 – 80		-9		-9		-150	6	5
80 – 120		-10		-10		-200	7	6
120 – 180		-13		-13		-250	8	8
180 – 250		-15		-15		-300	10	10
Клас точності P4								
2,5 – 10	0	-4	0	-4	0	-40	2,5	2,5
10 – 18		-4		-4		-80	2,2	2,5
18 – 30		-5		-5		-120	3	4
30 – 50		-6		-6		-120	3	4
50 – 80		-7		-7		-150	4	4
80 – 120		-8		-8		-200	4	5
120 – 180		-10		-10		-250	5	6
180 – 250		-12		-12		-300	8	7
Клас точності P2								
2,5 – 10	0	-2,5	0	-2,5	0	-40	1,5	1,5
10 – 18		-2,5		-2,5		-80	1,5	1,5
18 – 30		-2,5		-2,5		-120	1,5	2,5
30 – 50		-2,5		-2,5		-120	1,5	2,5
50 – 80		-4		-4		-150	1,5	2,5
80 – 120		-5		-5		-200	2,5	2,5
120 – 150		-7		-7		-250	2,5	2,5
150 – 180		-7		-7		-250	5	4
180 – 250		-8		-8		-300	5	5

## ДОДАТОК 7

Поля допусків валів та отворів для встановлення  
підшипників кочення згідно з ГОСТ 3325 – 83

Клас точності підшипника	Посадкова поверхня	Система посадок	Поля допусків	Квалітети
2	вал	Система отвору	h3, js3	3
2, 4, 5			g3, h4, js4, k4, m4, n4	4
4, 5			g5, h5, js5, (j5), k5, m5, n5	5
6, 0			f6, g6, h6, js6, (j6), k6, m6, n6, p6, r6 h7*, r7 h8*, h9*, h10*, h11*	6 7 8, 11
2	отвір	Система вала	H4, JS4	4
2, 4, 5			H5, JS5, K5, M5	5
4, 5			G6, H6, JS6, (J6), K6, M6, N6, P6	6
6, 0			G7, H6, JS7, (J7), K6, M7, N7, P7 E8, H8 H9	7 8 9

**Примітка:**

1. В дужках вказані поля допусків обмеженого використання.
2. \* як правило, для підшипників на кріпильних та на стяжних втулках.

## ДОДАТОК 8

Рекомендовані поля допусків валів та отворів корпусів  
під підшипники кочення з місцевонавантаженими кільцями

Типи підшипників	Номінальний діаметр, мм	Поля допусків		
		валів (осей)	отворів в корпусі	нероз'ємному
Навантаження спокійне або з помірними поштовхами та вібрацією, перенавантаження до 150%				
Всі типи, крім штампованих голчастих	до 80	g5, h5, g6, h6	H6, H7	H6, H7, H8
	80 – 260	f6, js6	G6, G7	
	260 – 500	f6, js6		
Навантаження з поштовхами та вібрацією, перенавантаження до 300%				
Всі типи, крім: - штампованих	до 80	h5, h6	JS6, JS7	
- голчастих та роликових конічних дворядових	80 – 260 >260	g5, g6	H6, H7	JS6, JS7
Роликові конічні дворядні	до 120 >120	h5, h6 g5, g6	H6, H7	JS6, JS7
Навантаження будь-яке				
Голчасті штамповані	Всі розміри	k5, k6** js5, js6**	K6, K7*** JS6, JS7	S6, JS7 (в сталевий стакан)
<b>Примітки:</b>				
1. * Поля допусків f6 та H8 слід використовувати при частоті обертання, не більший 60% від гранично допустимої.				
2. ** З'єднання підшипників з валами k5, k6, js5, js6 виконують за допомогою селективного складання.				
3. *** Для корпусів із кольорового металу.				

## ДОДАТОК 9

Значення коефіцієнта  $F$ , що враховує степінь послаблення посадкового натягу при порожнистому валі або тонкостінному корпусі

$d/d_{\text{отв}} \text{ або } D/D_{\text{корп}}$		Для вала			Для корпуса
від	до	D/d=5	1,5=D/d=2,0	D/d>2...3	Для всіх підшипників
-	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

Примітка:  
 $d$  та  $D$  – відповідно діаметри отвору та зовнішньої поверхні підшипника;  
 $d_{\text{отв}}$  – діаметр отвору порожнистого валу;  
 $D_{\text{корп}}$  – діаметр зовнішньої поверхні тонкостінного корпусу.

## ДОДАТОК 10

Значення коефіцієнта  $F_a$ , нерівномірності розподілу радіального навантаження  $R$  між рядками роликів в дворядних конічних роликопідшипниках або між здвоєними підшипниками при наявності осьового навантаження  $A$  на опору

$A/(R - ctg\beta)$		$F_a$
від	до	
□	0,2	1
0,2	0,4	1,2
0,4	0,6	1,4
0,6	1	1,6
1	-	2

Примітка:  
 $\beta$  – кут контакту тіл кочення з доріжкою кочення зовнішнього кільця, залежить від конструкції підшипника.

## ДОДАТОК 11

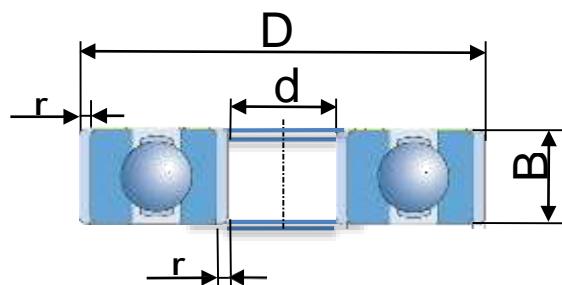
Допустимі інтенсивності навантажень  $P_R$  на посадкових поверхнях валів та корпусів

Діаметр $d$ отвору внутрішнього кільця підшипника, мм	Допустимі значення $P_R$ , кН/м			
	Поля допусків для валів			
	$js5, js6$	$k5, k6$	$m5, m6$	$n5, n6$
18 – 80	до 300	300...1400	1400...1600	1600...3000
80 – 180	600	600...2000	2000...2500	2500...4000
180 – 360	700	700...3000	3000...3500	3500...6000
360 – 630	900	900...3500	3500...5400	5400...8000
Діаметр $D$ зовнішнього кільця, мм	Поля допусків для корпусів			
	$K7, K6$	$M7, M6$	$N7, N6$	$P7$
50 – 180	до 800	800...1000	1000...1300	1300...2500
180 – 360	1000	1000...1500	1500...2000	2000...3300
360 – 630	1200	1200...2000	2000...2600	2600...4000
630 – 1600	1600	1600...2500	2500...3500	3500...5500

Примітка:  
Допустимі значення  $P_R$  підраховані за середніми значеннями посадкових натягів.

## ДОДАТОК 12

Деякі геометричні та силові параметри шарикопідшипників  
радіальних однорядних



Позначення	Розміри, мм				Вантажопідйомність, кН	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>or</sub></i>
<i>Легка серія</i>						
204	20	47	14		12,7	6,2
205	25	52	15	1,5	14	6,95
206	30	62	16		19,5	10
207	35	72	17		25,5	13,7
208	40	80	18	2	32	17,8
209	45	85	19		33,2	18,6
210	50	90	20		35,1	19,8
211	55	100	21		43,6	25
212	60	110	22		52	31
213	65	120	23	2,5	56	34
214	70	125	24		61,8	37,5
215	75	130	25		66,3	41
<i>Середня серія</i>						
304	20	52	15		15,9	7,8
305	25	62	17	2	22,5	11,4
306	30	72	19		28,1	14,6
307	35	80	21		33,2	18
308	40	90	23	2,5	41	22,4
309	45	100	25		52,7	30
310	50	110	27	3	61,8	36
311	55	120	29		71,5	41,5
312	60	130	31		81,9	48
313	65	140	33	3,5	92,3	56
314	70	150	35		104	63
315	75	160	37		112	72,5

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Анульев В.И. Справочник конструктора-механика. Т1 – Т4. – М.: Машиностроение, 1991.
2. Государственная система стандартов. – М.: Издательство стандартов, 1978.- 275с.
3. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х частях / Под ред. В.Д.Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1982.
4. Зенкин А.С., Петко И.В. Допуски и посадки в машиностроении: Справочник. – 3-е изд. перераб. и доп. – К.: Техніка, 1990. – 320с.
5. Зенкін А.С., Рейтенберг Б.Н. Сборник задач по допускам и техническим измерениям. - М–: Высшая школа, 1983. – 111с.
6. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. – К.:Кондор, 2004
7. Боженко Л.І. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні: Навч. посібник. – Львів: Світ, 2003. – 328с.
8. Дудников А.А. Основи стандартизації, допуски, посадки і технічні вимірювання: Підручник. – К.: Центр начальної літератури, 2006. – 352с.
9. Базієвський С.Д., Дмитришин В.Ф. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Підручник. – Київ: Видавничий дім «Слово», 2006. - 504с.
10. Когут М.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання: Підручник. – Львів: Світ, 2014. – 400с.

ВСТВ: методичні вказівки до практичних занять для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр ОПП «Галузеве машинобудування» спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування» денної форми навчання/уклад. I.B. Деміх. Любешів: ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ», 2021. – 49 с

Комп'ютерний набір і верстка : I.B. Деміх  
Редактор: I.B. Деміх

Підп. до друку \_\_\_\_\_ 2021 р. Формат А4.  
Папір офіс. Гарн. Таймс. Умов. друк. арк. \_\_\_\_\_  
Обл. вид. арк. \_\_\_\_\_ Тираж 15 прим.