

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ



Кафедра загального машинознавства



**Метрологія, стандартизація та сертифікація.
Взаємозаміна, стандартизація і метрологія**

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт для студентів 3-4 курсу
спеціальності «Виробництво, експлуатація та ремонт вагонів»,
«Виробництво, експлуатація та ремонт локомотивів»
заочної форм навчання

УДК 621.01

Метрологія, стандартизація та сертифікація. Взаємозаміна, стандартизація і метрологія: Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів 3 та 4 курсу спеціальності «Виробництво, експлуатація та ремонт вагонів», «Виробництво, експлуатація та ремонт локомотивів» денної та заочної форм навчання / І. І. Кульбовський. – К.: ДЕТУТ, 2010. – 42 с.

Наведені основні практичні роботи з курсу «Метрологія, стандартизація та сертифікація», «Взаємозаміна, стандартизація і метрологія», надані методичні вказівки та поради щодо їх виконання.

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Загальне машинознавство» (протокол № 5 від 16 грудня 2010 року) і на засіданні методичної ради університету (протокол № 5 від 24 грудня 2009 року).

Укладач: І. І. Кульбовський, старший викладач

Рецензенти: В. Я. Савенко, доктор технічних наук, професор НТУ;
С. Л. Панов, кандидат технічних наук, ДЕТУТ

Зміст

Загальні положення	4
1. Практична робота № 1. Гладкі циліндричні з'єднання	6
2. Практична робота № 2. Шпонкові та шліцьові з'єднання	11
3. Практична робота № 3. Шорсткість, відхилення форми і взаємного розміщення поверхонь	19
Додатки	32
Список літератури	41

Загальні положення

Мета практичних робіт і порядок їх виконання

Мета виконання практичних робіт – ознайомлення студентів із розрахунком основних параметрів виробів і посадок в єдиній системі допусків і посадок, виконавчих розмірів калібрів для контролю гладких з'єднань, основних параметрів різьбових виробів і різьбових посадок, параметрів виробів шпонкових і шліцьових з'єднань, які найчастіше застосовуються в машинобудуванні.

Крім цих розрахунків, де необхідний результат можна знайти за допомогою простих математичних залежностей і довідкових даних, приведених у ДСТУ та довідниках, для практичних робіт пропонуються теми, де необхідні результати можна одержати тільки шляхом ступінчастих розрахунків, що потребує більш глибокого розуміння курсу. До таких розрахунків належать: розрахунок посадок для підшипників кочення, розрахунок допусків відхилень форми і взаємного розміщення поверхонь тощо.

Для виконання практичних робіт студенту потрібно мати підручник з курсу, що вивчається, чи конспект лекцій з даних розділах курсу, а також ДСТУ (державні стандарти України) у вигляді окремих брошур для кожної практичної роботи або у вигляді довідників.

Практичні роботи в даних методичних вказівках розміщені в порядку ускладнення їх виконання. Кожна практична робота закінчується складанням звіту, який оформляється протоколом практичних робіт.

Завдання для практичних робіт

Завдання для практичних робіт приведені в додатку. Кожну практичну роботу потрібно виконувати згідно з відповідним завданням. У таблиці завдань міститься 36 варіантів. Варіант повинен відповідати місцю і ряду, який займає студент.

У таблиці 1 приведені завдання до практичної роботи № 1 «Гладкі циліндричні з'єднання». У завданні міститься шість посадок у різних системах і різних групах.

Таблиця 2 містить завдання до практичної роботи № 2 «Шпонкові і шліцьові з'єднання». У завданні для шпонкового з'єднання вказано: номінальний діаметр вала зі шпонковим пазом, посадка втулки на вал, довжина шпонки і вид шпонкового з'єднання з призматичною шпонкою. Поле допусків на ширину шпонки, шпоночного пазу і втулки студент встановлює, користуючись довідковою літературою чи рис. 2.2 даної роботи.

Шліцьове з'єднання з прямобічними шліцями вказане у завданні у вигляді умовного запису $z \times b \times D \times b$, причому параметр, який взято в дужки, є центруючим параметром з'єднання. Останнім у завданні вказано мінімальне значення d_1 внутрішнього діаметра шліцьового вала.

Поле допусків на d , D і в цьому випадку студент встановлює самостійно, користуючись табл. 2.2 і 2.3 чи відповідною довідковою літературою.

У таблиці 3 містяться завдання на практичну роботу № 3 «Шорсткість, відхилення форм і взаємного розташування поверхонь». У кожному завданні міститься шістнадцять параметрів валу, шорсткість окремих поверхонь якого і відхилення їх форми необхідно встановити в процесі виконання роботи.

У випадку виникнення питань у прочитанні завдання на практичну роботу, студент повинен звернутися за поясненням до викладача.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Гладкі циліндричні з'єднання

1. Короткі теоретичні дані

Основою нормального функціонування більшості машин є оптимальне, з точки зору забезпечення роботоздатності, з'єднання між собою деталей цих машин, інакше кажучи, правильне утворення посадок.

Згідно з ЄСПП посадка утворюється поєднанням полів допусків отвору і вала. У свою чергу, поле допуску отвору чи вала утворюється поєднанням основного відхилення і квалітету (рис. 1.1).

Основне відхилення характеризує розміщення поля допуску розміру отвору чи вала відносно нульової лінії, що визначається номінальним розміром з'єднання і є одним із граничних відхилень розміру від номінального, квалітет – безпосередньо допуск розміру і через нього – друге значення граничного відхилення розміру.

Граничні розміри отвору і вала визначаються номінальним $d_{нз}$, розміром з'єднання, верхніми ES, es та нижніми EI, ei граничними відхиленнями від номінального. Так, розміри отвору

$$D_{\max} = d_{нз} + ES, D_{\min} = d_{нз} + EI$$

розміри вала

$$d_{\max} = d_{нз} + es, d_{\min} = d_{нз} + ei$$

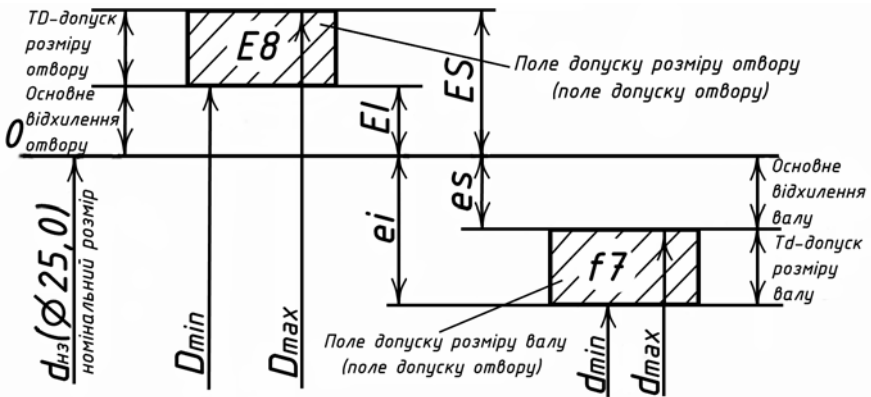


Рис. 1.1. Утворення полів допусків отвору і вала

Допуском розміру (отвору чи вала) є різниця між граничними значеннями розміру. Так, допуск отвору

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

допуск вала

$$TD = d_{\max} - d_{\min} = es - ei.$$

В ЄСДП для утворення полів допусків прийнято 27 основних відхилень для отвору і стільки ж для вала (рис. 1.2), причому основні відхилення отворів позначаються великими літерами латинського алфавіту, а валів – малими, для утворення посадок із зазором у системах отвору і вала вживаються основні відхилення від *A* до *H* включно (*a*, ..., *h* – для вала), посадок перехідних – відповідно від *J_s* до *N* включно (*j_s*, ..., *n* – для вала), посадок з натягом *P* до *ZC* (*p*, ..., *zc* – для вала).

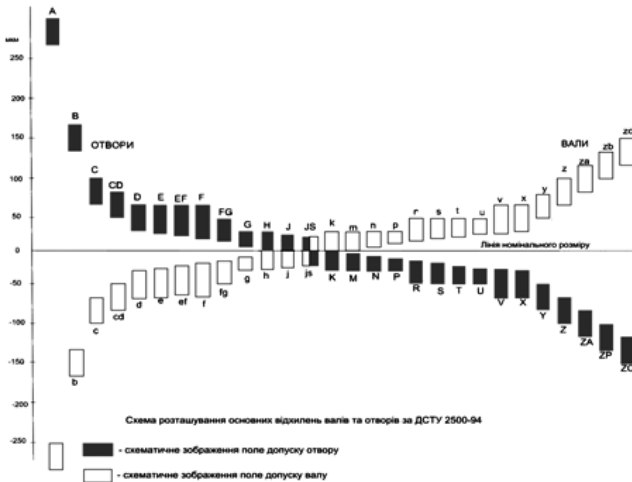


Рис. 1.2. Основні відхилення отвору вала

Квалітет застосовується в ЄСДП для оцінки точності виготовлення деталей, причому квалітет 01-0-1 відносять до надточних і застосовуються при виготовленні плоско-паралельних кінцевих мір, квалітети 2-3-4 вважаються особливо точними і вживаються при виготовленні калібрів, квалітети 5 ... 12 належать до групи точних і застосовуються в машинобудуванні при утворенні посадок.

Квалітети 13 ... 17 належать до грубих і вживаються для визначення допусків невідповідальних розмірів деталей.

В умовному вигляді поле допуску розміру записується в такій послідовності: на першому місці вказується номінальний розмір з'єднання в міліметрах, на другому – основне відхилення, що позначається літерами латинського алфавіту, на третьому – квалітет. Наприклад, умовне позначення $\varnothing 25E8$ (рис. 1.1) можна розшифрувати так: 25 – номінальний розмір з'єднання, мм; *E* – основне відхилення отвору, 8 – квалітет.

Якщо основне відхилення має знак «+», то поле допуску розміру розміщується вище нульової лінії, якщо «-» – нижче нульової лінії.

У машинобудуванні застосовуються три групи посадок: у системі отвору, у системі вала, змішані (комбіновані) посадки.

Посадки у системі отвору характерні тим, що в цьому випадку отвір завжди має тільки одне основне відхилення H , нижнє граничне значення якого рівне нулю, а потрібний характер посадок забезпечується підбором полів допусків, вала (рис. 1.3, *a*). В умовному позначенні такої посадки в полі допуску отвору завжди присутня літера H , наприклад $\varnothing 25H7/f7$.

Посадки в системі вала характеризуються тим, що в цьому випадку вал при утворенні посадок має тільки одне основне відхилення h , верхнє граничне значення якого також дорівнює нулю, а характер посадки визначається вибраним полем допуску отвору (рис. 1.3, *б*). В умовному запису такої посадки в полі допуску вала завжди є літера h , наприклад $025R7/h6$.

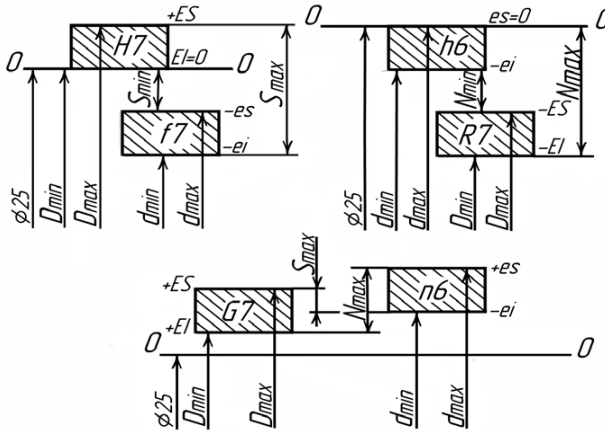


Рис. 1.3. Система посадок

Змішана (комбінована) система посадок характерна тим, що в цьому випадку ні отвір, ні вал не мають основних відхилень H і h (рис. 1.3, *в*).

Залежно від взаємного розміщення полів допусків отвору і вала посадка може бути з зазором, з натягом чи перехідна, при цьому можливе одержання як зазору, так і натягу.

Зазор S – різниця розмірів отвору і вала, коли розмір отвору більший за розмір вала.

Максимальний зазор

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

мінімальний зазор

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

Допуск посадки з зазором $TS = S_{\max} - S_{\min}$ і дорівнює сумі допусків отвору і вала, тобто $TS = TD + Td$.

Посадка з зазором у системі отвору показана на рис. 1.3, *a*.

Натяг N – різниця розміру вала і отвору до збирання, коли розмір вала більший за розмір отвору. Посадка з натягом у системі вала показана на рис. 1.3, б.

Максимальний натяг

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

мінімальний натяг

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

Допуск посадки з натягом

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = TD + Td.$$

У попередніх посадках залежно від дійсних розмірів отвору і вала можливі, як зазор, так і натяг (рис. 1.3, в), де показана перехідна посадка в змішаній системі.

У цій посадці

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

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

допуск посадки

$$TS(N) = S_{\max} + N_{\max} = Td + TD.$$

2. Порядок виконання роботи

1. З числа заданих вписати посадки в системі вала і в змішаній системі.
2. Користуючись довідниками, визначити верхні та нижні границі відхилення отворів, розрахувати найбільші й найменші граничні розміри отворів, визначити допуск розмірів отворів.
3. Дані занести в протокол практичної роботи.
4. Вписати верхні й нижні граничні відхилення розмірів валів, розрахувати максимальні й мінімальні розміри валів, визначити допуски розмірів валів.
5. У протоколі практичної роботи проставити у відведених місцях розміри валів і отворів, поля допусків і граничні відхилення.
6. Отримані дані попередніх розрахунків звести в таблицю і розрахувати параметри посадок: S_{\max} і S_{\min} і N_{\max} і N_{\min} .
7. Визначити групу і розрахувати допуски посадок.
8. Перевірити правильність розрахунків: допуск посадки повинен дорівнювати сумі допусків отвору і вала.
9. У випадку, коли така рівність не має місця, для даної посадки необхідно перевірити всі виконані раніше розрахунки.
10. Виконати схеми розглянутих посадок. На схемах потрібно вказати: поля допусків, максимальний і мінімальний зазори або натяги, верхні і нижні граничні відхилення з їх знаками, граничні розміри отвору і вала.

*3. Порядок оформлення практичної роботи
(Див. протокол практичної роботи (дод. А)*

4. Контрольні запитання

1. Як утворюється посадка в ЄСДП?
2. Як утворюється поле допуску в ЄСДП?
3. Що характеризує основне відхилення? Назвіть види основних відхилень.
4. Для чого застосовуються квалітети в ЄСДП? Які квалітети належать до надточних, особливо точних і просто точних?
5. Як записується посадка? Поле допуску?
6. Які системи посадок застосовуються в ЄСДП?
7. Які групи посадок застосовуються в машинобудуванні?
8. Що таке зазор? Натяг?
9. Як розрахувати максимальний зазор? Максимальний натяг? Мінімальний зазор? Мінімальний натяг?
10. Зобразити схему посадки із зазором у системі вала; посадку з натягом у змішаній системі; перехідну посадку в системі вала.
11. Як розрахувати допуск отвору? Допуск вала?
12. Як знайти допуск посадки?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Шпонкові та шліцьові з'єднання

1. Короткі теоретичні відомості

Шпонкові та шліцьові з'єднання призначені для передачі крутного моменту з однієї деталі на іншу. Шпонкові з'єднання застосовуються у випадках, коли крутний момент невеликий, а до точності центрування спряжених деталей не ставлять особливі вимоги. У протилежному випадку виникає необхідність використання шліцьових з'єднань.

2. Допуски і посадки шпонкових з'єднань

Шпонкові з'єднання, які застосовуються в машинобудуванні, поділяються на три основні групи: клинові, призматичні і сегментні. Шпонки першого типу не стандартизовані. Основні параметри призматичних і сегментних шпонок регламентовані відповідно ДСТУ.

Поля допусків на параметри з'єднань з призматичними шпонками встановлені ДСТУ. Цим стандартом встановлені поля допусків на ширину шпонки b (рис. 2.1), ширину паза вала, ширину паза втулки; t_1 – глибину паза вала (по $H14$ чи по табл. 1), t_2 – глибину паза втулки (по $H14$ чи по табл. 1); h – висоту шпонки (по $h9$ для висоти шпонки h від 2 до 6 мм і по $h11$ для решти значень h) l – довжину шпонки (по $h14$), L – довжину паза вала під шпонку (по $H15$).

Основні параметри призматичних шпонок приведені в табл. 1.

Вказаний стандарт встановив для призматичних шпонок три типи з'єднань: вільне, нормальне, щільне. Для сегментних шпонок застосовуються тільки два останніх з'єднання.

Поля допусків та основні параметри вказаних шпонкових з'єднань показані на рис. 2.2.

Вільний тип шпонкового з'єднання дає з'єднання з гарантованим зазором, нормальне і щільне з'єднання дають посадки перехідного типу.

Таблиця 1

Діаметр вала d , мм	Переріз шпонки, мм		Шпонковий паз, мм			Допуск на t_1, t_2 , мм	Інтервали довжини шпонки l , мм
			t_1	t_2	P		
	b	h	вала	втулки	заіф.		
Вище 6 до 8	2	2	1,2	1,0	0,16		6...20
Вище 8 до 10	3	3	1,8	1,4	0,16		6...36
Вище 10 до 12	4	4	2,5	1,8	0,16		8...45

Продовження табл. 1

Вище 12 до 17	5	5	3,0	2,3	0,25	+ 0,1	10...56
Вище 17 до 22	6	6	3,5	2,8	0,25	-----	14...70
Вище 22 до 30	8	7	4,0	3,3	0,25		18...90
Вище 30 до 38	10	8	5,0	3,3	0,4		22...110
Вище 38 до 44	12	8	5,0	3,3	0,4	+ 0,2	28...140
Вище 44 до 50	14	9	5,5	3,8	0,4		35...160
Вище 50 до 58	16	10	16	4,3	0,4		45...180
Вище 58 до 65	18	11	7,0	4,4	0,4		50...200
Вище 65 до 75	20	12	7,5	4,9	0,6		56...220
Вище 75 до 85	22	14	9,0	5,4	0,6		63...250
Вище 85 до 95	25	14	9,0	5,4	0,6		70...280
Вище 95 до 110	28	16	10	6,4	0,6		80...320
Вище 110 до 130	32	18	11	7,4	0,6	+ 0,3	90...360

На складальних і робочих кресленнях посадки і поля допусків шпонкових з'єднань позначають так (рис. 2.1).

3. Допуски і посадки прямобічних шліцьових з'єднань

Шліцьові з'єднання з прямобічним профілем шліців найбільш поширені в машинобудуванні і автотракторобудуванні. Число шліців встановлено стандартом ($Z = 6, 8, 10, 16$ чи 20). Встановлено також три серії шліцьових з'єднань із прямобічним профілем шліців: легка, середня і важка, які відрізняються висотою шліца і числом шліців одного діаметра d .

Номінальні розміри шліцьового з'єднання даного типу записуються у вигляді $zxdxDxb$, де z – число шліців, d – внутрішній діаметр (рис. 2.3), D – зовнішній діаметр, b – ширина шліца. Допуски і посадки шліцьових з'єднань з прямобічним профілем шліців залежать від їх призначення і прийнятої системи центрування втулки відносно вала.

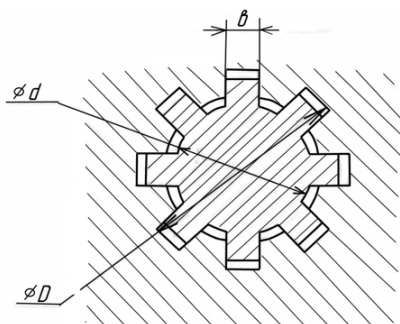


Рис. 2.3. Основні параметри прямобічного шліцьового з'єднання

Згадана система розрізняє три види центрування:

1. Центрування по внутрішньому діаметру d . По поверхні внутрішнього діаметру вал і втулку можна шліфувати. Це значить, що вал і втулку в цьому випадку можна після протяжки термічно обробити, що суттєво підвищує міцності характеристики з'єднання, але й збільшує затрати. Застосовується звичайно для рухомих з'єднань.
2. Центрування по зовнішньому діаметру D . У цьому випадку протяжка для шліцьових пазів втулки є останньою технологічною операцією. Міцність втулки без термічної обробки знижена. Із сказаного випливає, що цей спосіб центрування більш економічний і простий, але його можна застосовувати в основному тільки для нерухомих з'єднань.
3. Центрування по бокових поверхнях (по b) застосовують для з'єднань, де необхідно забезпечити передачу великих моментів чи при знакозмінному навантаженні. Його застосовують рідше, так як точність центрування при цьому не забезпечується.

Посадки прямобічних шліцьових з'єднань будують по системі отвору. Центрують звичайно одночасно по d і b , по D і b чи тільки по b .

Посадки першого ряду для центрування параметрів прямобічних шліцьових з'єднань приведені у табл. 2, поля допусків для центрованих діаметрів – у табл. 3.

Таблиця 2

Центрований розмір	Рекомендовані посадки		
	d	D	b
D	-	$\frac{H7}{f7}; \frac{H7}{j56}$	$\frac{P8}{f8}; \frac{P8}{f8}; \frac{P8}{j37}$
d	$\frac{H7}{e81}; \frac{H7}{f7}; \frac{H7}{j6}$		$\frac{D9}{h9}; \frac{D9}{j7}; \frac{D9}{k7}; \frac{F10}{f9}$

Продовження табл. 2

			$\frac{F10}{j_s7}, \frac{F10}{k7},$
<i>b</i>	-	-	$\frac{P8}{j_s7}, \frac{D9}{e8}, \frac{D9}{f8}, \frac{P10}{d9},$ $\frac{F10}{f8},$

Таблиця 3

Нецентрований розмір	Вал	Втулка
<i>d</i>	Не менше <i>d</i> по ДСТУ	H11
<i>D</i>	<i>a11</i>	H12

Умовне позначення прямобічних шліцьових з'єднань на складальних кресленнях прийнято записувати так (рис. 2.4):

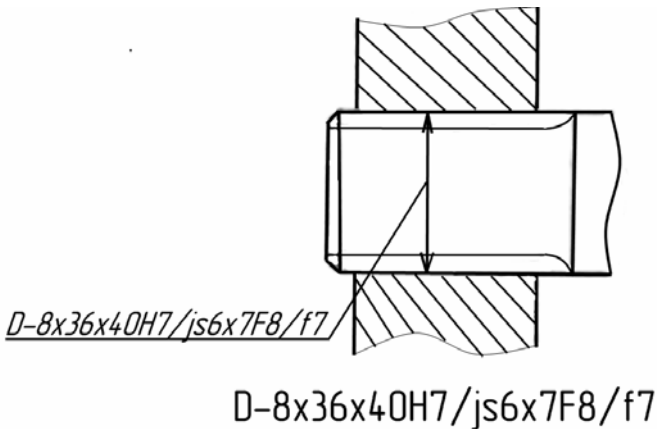


Рис. 2.4. Умовне позначення шліцьового з'єднання з прямобічними шліцями на складальному кресленні

- при центруванні по внутрішньому діаметру:

$$d - 8 \cdot 36 \frac{H7}{f7} \cdot 40 \frac{H12}{a11} \cdot 7 \frac{D9}{h9},$$

- при центруванні по зовнішньому діаметру:

$$D - 8 \cdot 36 \cdot 40 \frac{H7}{j_s6} \cdot 7 \frac{F8}{f7},$$

- при центруванні по боковим граням:

$$b - 8 \cdot 36 \cdot 40 \frac{H12}{a11} \cdot 7 \frac{D9}{f8}$$

Особливістю запису посадок є позначення посадки по d при центруванні по зовнішньому діаметру і при центруванні по бокових поверхнях унаслідок відсутності в цьому випадку поля допуску на внутрішній діаметр вала d (табл. 3).

На робочих кресленнях поля допусків шліцьових з'єднань валів і втулок позначаються так (рис. 2.5):

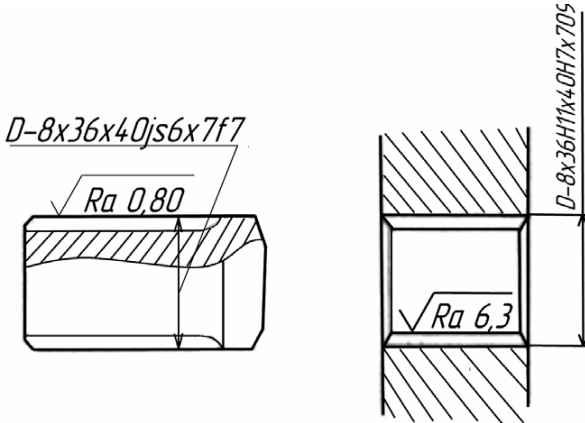


Рис. 2.5. Умовне позначення шліцьованих ділянок валів і втулок на робочих кресленнях

- для втулки, наприклад, при центруванні по D :

$$D - 8 \cdot 36 \cdot 40H7 \cdot 7F8,$$

- для вала при цьому ж виді центрування:

$$D - 8 \cdot 36 \cdot 40js6 \cdot 7f7.$$

При центруванні по b позначення аналогічне. Особливістю позначення на робочому кресленні вала при центруванні по d є нижнє поле допуску.

Замість умовного запису полів допусків на робочих кресленнях валів і втулок можна застосовувати подетальне позначення окремих параметрів цих ділянок (рис. 2.6).

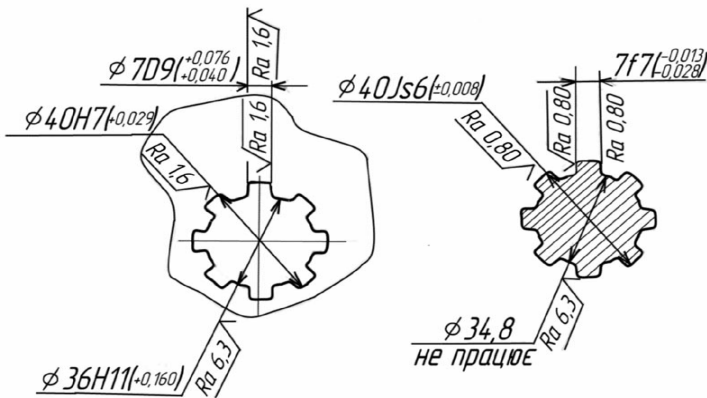


Рис. 2.6. Подетальне позначення параметрів дільниць валів і втулок на робочих кресленнях

4. Порядок виконання роботи

1. Згідно із завданням визначити вид і тип шпонкового з'єднання 1, користуючись довідковою чи методичною літературою, визначити числові значення основних параметрів деталей заданого шпонкового з'єднання і встановлені для них поля допусків (табл. 1).
2. Визначити із довідників верхні і нижні граничні відхилення на основні параметри елементів шпонкового з'єднання і розрахувати їх граничні розміри.
3. На ескізах деталей шпонкового з'єднання в протоколі практичної роботи проставити номінальні розміри елементів шпонкового з'єднання, поле допусків, граничні відхилення і шорсткість робочих поверхонь.
4. Визначити згідно із завданням тип шліцьового з'єднання і вид центрування.
5. Підібрати посадки і поля допусків на основні параметри шліцьового з'єднання (табл. 2 і 3).
6. Користуючись довідковою літературою, визначити верхні і нижні граничні відхилення основних параметрів шліцьового з'єднання і знайти їх найбільші і найменші розміри.
7. На ескізах деталей шліцьового з'єднання в протоколі практичних робіт проставити номінальні розміри елементів з'єднання, поля допусків, граничні відхилення і шорсткість робочих поверхонь деталей з'єднання.

*5. Порядок оформлення практичної роботи
(Див. протокол практичної роботи (дод. Б))*

6. Контрольні запитання

1. Які види шпонкових з'єднань призматичних шпонок встановлені ДСТУ?
2. Які поля допусків встановлені стандартом на ширину шпонки? Ширину паза вала? Ширину паза втулки?
3. Як позначаються посадки і поля допусків шпонкових з'єднань на складальних і робочих кресленнях?
4. Які види центрування прямобічних шліцьових з'єднань застосовуються в машинобудуванні?
5. Який вид центрування найточніший і застосовується для передачі крутних моментів?
6. Запишіть умовні позначення посадок прямобічних шліцьових з'єднань на складальних кресленнях для всіх видів центрування?
7. Як записуються поля допусків шліцьових діляниць валів і втулок на робочих кресленнях?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Шорсткість, відхилення форми і взаємного розміщення поверхонь

Згідно з вимогами ЄСКД усі поверхні деталей на робочих кресленнях повинні мати вказівку про їхню шорсткість. Вказівки про допуски на відхилення форми і взаємного розміщення повинні мати на цих рисунках відповідальні поверхні деталей.

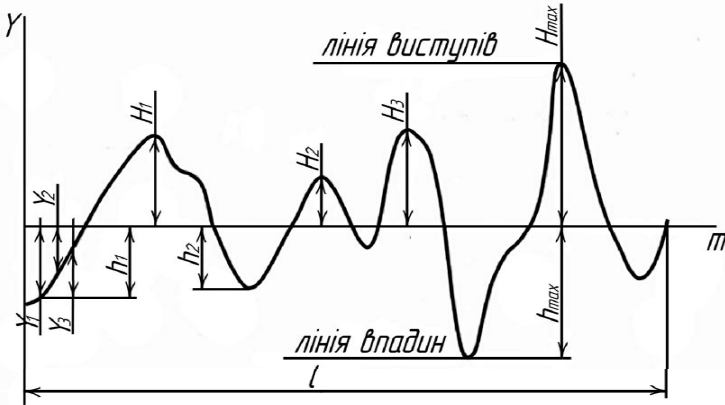


Рис. 3.1. До визначення параметрів шорсткості

1. Шорсткість поверхні та її позначення на кресленнях

Шорсткістю поверхні називається сукупність мікронерівностей з відносно малим кроком на базовій довжині l , яка використовується для оцінки шорсткості. Шорсткість поверхні з'являється в результаті її обробки.

Для оцінки шорсткості поверхні застосовують декілька параметрів, основним із яких є: R_a – середнє арифметичне відхилення профілю (рис. 3.1); R_z – висота нерівностей по десяти точках; R_m – найбільша висота нерівностей.

Названі параметри шорсткості визначаються за такими залежностями:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

y_i – відхилення профілю від середнього в заданій точці (рис. 3.1)

$$R_z = \frac{\sum_{j=1}^5 |H_j| + \sum_{j=1}^5 |h_j|}{5},$$

де H_j і h_j – відповідно висота найбільших виступів і впадин на базовій довжині, $R_z = 4R_a$;

$$R_{\max} = H_{\max} + h_{\max}$$

де H_{\max} і h_{\max} – відповідно максимальні значення висот виступів і впадин на ділянці, яка досліджується. Параметр R_a важливіший. При його проставленні умовне позначення параметру опускається.

На кресленнях для позначення шорсткості застосовуються знаки:

- ✓ – вид обробки не вказано;
- ✓ – обробка із зніманням стружки;
- ✓ – обробка без знімання стружки.

Перший знак більш загальний і вживається найчастіше. Параметр шорсткості вказується $\sqrt{Ra\ 0,4}$; $\sqrt{Rz50}$.

Для позначення шорсткості на робочих кресленнях в машинобудуванні рекомендовано застосовувати параметри R_a (табл. 1).

Таблиця 1

Рекомендовані для позначення на кресленнях параметри R_a

Вид обробки	Параметр R_a , мкм	Діапазон нерівностей R_a , мкм
Пробивання, відрізання, стругання	50	40...80
Свердління, фрезерування, обточування	25	20...40
Нарізання різьб	12,5	10...20
Свердління	6,3 3,2	5...10 2,5...5
Розточування швидкісне і алмазне	1,6	1,25...2,50
Шліфування, притирка, протягування чисте	0,8 0,4	0,63...1,25 0,32...0,63
Доводка, поліровка	0,2 0,1	0,16...0,32 0,08...0,16

З іншого боку, шорсткість поверхні залежить від допуску розміру поверхні. Для поверхонь нормальної геометричної точності можна прийняти $R_a \leq 0,05T$ розміру, для посадочних місць підшипників кочення можна приблизно брати $R_a \leq 0,04T$ розміру.

Більш точне значення параметрів шорсткості R_a приймається за довідниками.

Якщо допуск відноситься до поверхні, то лінія сполучення з рамкою не є продовженням розмірної лінії (рис. 3.3, а, б, з). В цьому випадку, коли лінія сполучення рамки буде продовженням розмірної лінії, допуск відноситься до осі поверхні.

Числові значення допусків форми і розміщення поверхонь встановлені ДСТУ приведені в довідниках. Наближено для розрахунків числових значень допусків можна користуватись такими залежностями:

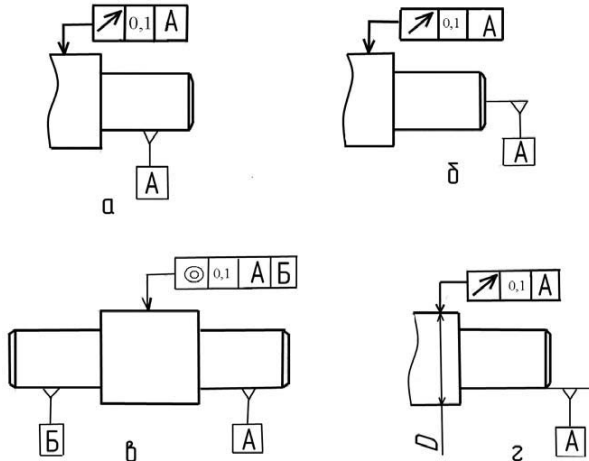


Рис. 3.3. Методи позначення баз і нанесення допусків на відхилення

1. При нормальній геометричній точності відповідальних поверхонь допуск відхилення форми і взаємного розміщення поверхонь (відхилення від прямолінійності, паралельності, перпендикулярності тощо) становить 60 % допуску розміру, причому допуск на відхилення від округлості і циліндричності становить 30 % допуску розміру. Для невідповідальних поверхонь допуск відхилення форми і взаємного розміщення дорівнює 100 % допуску розміру. При цьому одержані числові значення допусків форми і розміщення поверхонь повинні округлятися до наступних значень (ДСТУ)/мкм: 0,1 , 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 4; 5; 6; 10; 12; 16; 20; 25; 40; 50; 60; 80; 100; 120; 160; 200; 250; 400.
2. Для посадочних місць підшипників кочення допуск відхилення (наприклад, перпендикулярності торця упорного бурта) становить 50 % допуску розміру, допуск на відхилення від округлості і циліндричності – відповідно 25 %) Ш (ТО).
3. Діаметральний допуск відхилення від співвісності двох циліндричних поверхонь деталі дорівнює 30 %) суми допусків розмірів цих поверхонь.
4. Допустиме радіальне биття поверхні відносно осі базової поверхні наближено дорівнює 60 % допуску розміру контрольованої поверхні.

5. Максимальне допустиме радіальне биття поверхні відносно базової поверхні не повинно перевищувати 60 %) суми допуску розмірів контрольованої і базової поверхні.
6. Допуск на відхилення від симетричного шпонкового паза можна прийняти рівним чотирикратному допуску розміру.

Позиційний допуск застосовується при завданні відхилень від номінального розміщення осей отворів під кріпильні деталі. На координуючих розмірах отворів при цьому допуск не вказується, а самі розміри вписуються в прямокутні рамки.

Позиційний допуск на розміщення осей отворів визначається за довідниками (ДСТУ) або наближено розраховується, залежно від допуску на відхилення осей отворів від номінального розміщення, що визначається технологією виготовлення.

Так, згідно з рис. 3.4, позиційний допуск ФТ при обробці отворів, розміщених по лінії, можна виразити через лінійний допуск T_x (при $T_x = T_y$):

$$\varnothing T = \frac{T_x}{0,7},$$

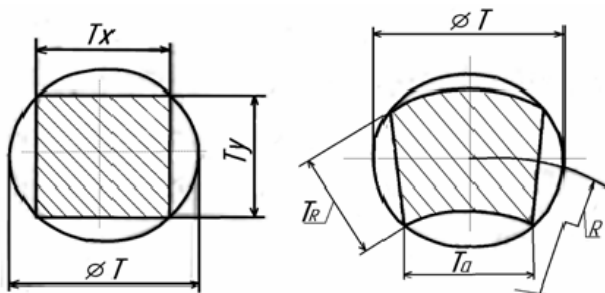


Рис. 3.4. До розрахунку позиційного допуску

а у випадку розміщення отворів по кругу:

$$\varnothing T = \frac{T_a \cdot R}{0,7 \cdot 3440} \approx \frac{T_R}{0,7},$$

де T_a – допуск розміщення в куткових мірах, мін.; T_R – допуск радіуса розміщення осей отворів. Значення допусків T_x , T_y , T_a , T_R приймаються за довідниками (ДСТУ).

Залежний допуск, що позначається знаком \textcircled{M} розміщується в рамці після числового значення допуску та застосовується тільки при завданні відхилень від номінального розміщення для забезпечення складання з'єднань із зазором, розширює допуск відхилення (це можна віднести і до позиційного допуску) на 50 % допуску розміру (чи розмірів, зв'язаних залежним допуском).

3. Порядок виконання роботи

1. Вписати в протокол практичної роботи вихідні розміри трансмісійного вала і поле допусків цих розмірів.
2. Користуючись довідковою і методичною літературою, встановити граничні відхилення розмірів трансмісійного вала, приведеного в протоколі практичної роботи, і розрахувати допуски розмірів цього вала.
3. Користуючись довідниками чи табл. 2 цієї роботи, встановити параметри шорсткості R_a , які відмічені на рисунку вказаного вала, занести їх значення в протокол практичної роботи і вказати їх на рисунку вала. За відсутності необхідної додаткової літератури допускається наближене визначення параметра шорсткості R_a .
4. Для порівняння в даній роботі необхідно розрахувати наближені значення параметрів R_a , для відмічених поверхонь вала.
5. Обчислити наближено і визначити за довідником допуски на відхилення форми і взаємного розміщення поверхонь, записати їх у протокол практичної роботи і проставити в потрібних місцях на рисунку вала (допуски на відхилення від циліндричності й округлості подані в табл. 3). Ступені точності циліндричних поверхонь можна визначити за табл. 4. В останньому випадку при проставленні допусків перевага надається значенням, одержаним із довідників.
6. Розрахувати значення позиційного допуску для отворів фланця вала через допуски розміщення цих отворів, заданих координаційним методом і задати цей допуск відповідним чином на кресленні.
7. Враховуючи наявність знака залежного допуску, розрахувати максимальне і мінімальне значення позиційного допуску розміщення отворів фланця.

4. Порядок оформлення практичної роботи (Див. протокол практичної роботи (дод. В))

Таблиця 2

Допуск розміру по квалітетах	Допуск форми $\frac{\%}{\%}$ від допуску розміру	Номінальні розміри, мм			
		до 18	вище 18 до 50	вище 50 до 120	вище 120 до 500
		Значення R_a , мкм, не більше			
IT4	100	0,4	0,8	0,8	1,6
	60	0,2	0,4	0,4	0,8
	40	0,1	0,2	0,2	0,4
IT5	100	0,4	0,8	1,6	1,6
	60	0,2	0,4	0,8	0,8
	40	0,1	0,2	0,4	0,4

Продовження табл. 2

IT6	100	0,8	1,6	1,6	3,2
	60	0,4	0,8	0,8	1,6
	40	0,2	0,4	0,4	0,8
IT7	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	1,6	3,2
	40	0,4	0,8	0,8	1,6
IT8	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	3,2	3,2
	40	0,4	0,8	1,6	1,6
IT9	100 і 60	3,2	3,2	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT10	100 і 60	3,2	6,3	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT11	100 і 60	6,3	6,3	12,5	12,5
	40	3,2	3,2	6,3	6,3
	25	1,6	1,6	3,2	3,2
IT 12 і IT 13	100 і 60	12,5	12,5	25	25
	40	6,3	6,3	12,5	12,5
IT 14 і IT 15	100 і 60	12,5	25	50	50
	40	12,5	12,5	25	25

Таблиця 3

Допуски циліндричності і округлості (ДСТУ)

Номінальний діаметр	Ступінь точності									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Мкм									
До 3	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
Вище 3 до 10	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
Вище 10 до 18	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
Вище 18 до 30	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
Вище 30 до 50	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
Вище 50 до 120	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
Вище 120 до 250	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
Вище 250 до 400	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600

Таблиця 4

Ступені точності форми циліндричних поверхонь

Відносна геометрична точність	Квалітет допуску діаметра									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ступінь точності форми									
Нормальна (А)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Підвищена (В)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Висока (С)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Особливо висока			1	2	3	4	5	6	7	8

5. Запитання для контролю

1. Які параметри використовуються для оцінки шорсткості поверхні? Який їх фізичний зміст? Який параметр вважається переважаючим?
2. Які знаки застосовуються для позначення шорсткості поверхні?
3. Який приблизний зв'язок між шорсткістю поверхні і допуском розміру?
4. Які умовні позначення відхилення форми і взаємного розміщення поверхонь встановлені ДСТУ?
5. Який знак вживається на робочих рисунках для нанесення допусків форми і взаємного розміщення поверхонь?
6. Як позначаються бази-поверхні і бази-осі на робочих рисунках?
7. Який приблизний зв'язок між окремими видами відхилень форми і взаємного розміщення поверхонь і допуском розміру?
8. Як перерахувати допуск, заданий координаційним способом, у позиційний допуск?

Таблиця 1

Завдання до практичної роботи № 1

		Місце					
		1	2	3	4	5	6
Ряд	1	Ø15H7/g6	Ø16H8/f7	Ø56H7/f8	Ø16H7/g5	Ø22H9/d8	Ø17H8/e7
		Ø25H6/n6	Ø32H7/m6	Ø19H8/k7	Ø32H5/k5	Ø40H7/m7	Ø41H7/k6
		Ø40H6/t6	Ø75H6/s6	Ø32H7/u7	Ø45H8/s7	Ø65H8/u8	Ø32H6/s6
		Ø60H8/h7	Ø40E9/h8	Ø44E9/h10	Ø63D10/h9	Ø18D11/h10	Ø61D8/h8
		Ø25P7/h6	Ø19R7/h7	Ø17S7/h6	Ø38T7/h7	Ø30R7/h6	Ø72P7/H6
		Ø70G7/f6	Ø25K7/n6	Ø25N8/k7	Ø50M7/e8	Ø56Js7/f6	Ø40Js6/p6
	2	Ø15H6/f7	Ø20H9/f9	Ø22H10/c8	Ø25H11/c11	Ø28H9/e7	Ø18H9/d10
		Ø25H6/n5	Ø30H7/m5	Ø38H7/k6	Ø35H6/k5	Ø38H7/n7	Ø25H8/k7
		Ø35H7/t6	Ø40H6/u8	Ø48H8/s7	Ø48H6/u8	Ø48H6/r5	Ø32H6/r6
		Ø45G7/h6	Ø50F7/h6	Ø52E9/h9	Ø55G5/h6	Ø58F7/h7	Ø45D9/h9
		Ø55S7/h7	Ø60S7/h7	Ø62P6/h5	Ø65R7/h6	Ø68T7/h6	Ø50P6/h5

	Ø75F8/uS	Ø70G5/g6	Ø72F9/k7	Ø75M8/f8	Ø78D9/u7	Ø56G7/e7
3	Ø65H10/d9	Ø15H6/g5	Ø40H9/f8	Ø12H6/g5	Ø16H9/e7	Ø20H10/f9
	Ø32H7/k6	Ø41H8/m6	Ø50H6/k5	Ø15H7/m6	Ø18H7/js6	Ø30H7/n6
	Ø40H8/u7	Ø30H7/s7	Ø60H8/u8	Ø26H8/p5	Ø25h8/s7	Ø40H8/s6
	Ø54D8/h8	Ø19F9/h9	Ø45D9/h10	Ø32F7/h7	Ø48E7/h8	Ø50G7/h7
	Ø63T7/h6	Ø32R7/h8	Ø42P7/h6	Ø41R7/h7	Ø22S7/h8	Ø60T7/h6
	Ø40D9/m7	Ø50N8/f9	Ø30F8/k6	Ø50T7/m6	Ø38Js6/t6	Ø70N7/Js7
4	Ø12H11/h11	Ø17H9/d10	Ø20H7/f7	Ø28H10/d9	Ø30H9/e8	Ø32H8/g6
	Ø21H7/k5	Ø32H8/m7	Ø25H8/n7	Ø38H7/n6	Ø45H6/k5	Ø41H7/m6
	Ø28H8/t6	Ø41H7/s6	Ø35H9/s7	Ø42H6/p6	Ø48H7/r6	Ø18H6/r5
	Ø71E9/h8	Ø50G7/h6	Ø41F8/h9	Ø40F7/h7	Ø55F7/h7	Ø42G5/h5
	Ø15R7/h8	Ø58S7/h5	Ø46R7/h7	Ø56T7/h7	Ø63P6/h6	Ø19R7/h6
	Ø25F9/f8	Ø75K7/r6	Ø52D8/f9	Ø63P7/t6	Ø25K7/d9	Ø28F8/e8
5	Ø15H7/e7	Ø48H9/f8	Ø42H10/f9	Ø20H9/e8	Ø18H8/d9	Ø56H11/e9
	Ø32H7/n7	Ø36H7/k7	Ø65H6/s6	Ø25H7/m6	Ø28H7/m7	Ø19H6/m5
	Ø41H8/S	Ø18H6/r5	Ø21H7/m6	Ø42H7/t6	Ø38H8/s7	Ø27H7/u7
	Ø18D10/h9	Ø63D11/h9	Ø15G7/h6	Ø62D8/h7	Ø48D9/h8	Ø32E8/h7
	Ø63T7/h6	Ø18T7/h6	Ø35T7/h6	Ø35R7/h8	Ø38T7/h6	Ø51S7/h6
	Ø71P6/n7	Ø25F9/m7	Ø60D9/f9	Ø20F7/e9	Ø71N6/g6	Ø30K7/f6
6	Ø12H9/e9	Ø35H11/d10	Ø60H9/f9	Ø75H10/e8	Ø50H8/f7	Ø20H9/f8
	Ø21H7/k6	Ø18H9/js9	Ø40H7/n6	Ø65N6/k5	Ø40H7/m6	Ø30H6/k5
	Ø63H6/s6	Ø32H8/u8	Ø20H6/r5	Ø48H7/s7	Ø25H6/r6	Ø40H7/s7
	Ø75E8/h7	Ø40F7/h6	Ø32E7/h6	Ø28F7/h7	Ø35E8/h7	Ø50F8/h8
	Ø25T7/h6	Ø50P7/h6	Ø60S7/h8	Ø18T7/h6	Ø40T7/h8	Ø60R7/h6
	Ø15Js7/e7	Ø60G7/t6	Ø20Js10/f8	Ø32G7/js6	Ø20G6/js6	Ø70P6/g6

Завдання до практичної роботи № 2

		Місце				
		3	4	5	6	
1	1	Ø45Н10/ф9, l=80	Ø52Т7/н7, l=80	Ø65Н7/е8, l=120	Ø18Н9/е8, l=30	Ø24Н7/с7, l=50
		щільне нормальне	вільне	вільне	нормально	щільне
2	1	8х(46)х50х9	6х56х62х(10)	8х62х72х(12)	8х36х(42)х7	10х(28)х35х4
		D ₁ =44,6	d ₁ =53,6	d ₁ =57,8	d ₁ =33,5	d ₁ = 24,4
3	1	Ø80R7/н6, l=90	Ø70U7/н6, l=140	Ø60Н7/у7, l=120	Ø40Н7/р6, l=60	Ø24Н7/р6, l=30
		нормальне	вільне	щільне	нормальне	нормальне
4	1	8х46х(54)х9	8х46х50х(9)	6х21х(25)х5	8х(42)х48х8	16х(52)х60х5
		D ₁ =42,7	d ₁ =44,6	d ₁ =19,5	d ₁ =39,5	d ₁ =47,0
5	1	Ø28Н7/м6, l=25	Ø38Н8/к7, l=45	Ø45Н7/У8, l=60	Ø72G6/н6, l=100	Ø95Н8/с7, l=110
		вільне	щільне	нормальне	Вільне	нормальне
6	1	10х(26)х32х4	6х23х(28)х6	6х(28)х34х7	10х46х(56)х7	8х52х60х(10)
		D ₁ =23,0	d ₁ =21,3	d ₁ =25,9	d ₁ =40,9	d ₁ =48,7
7	1	Ø55Н7/г6, l=50	Ø45Н7/г6, l=40	Ø30Н8/ф7, l=70	Ø64Т7/н6, l=80	Ø70Н7/н6, l=90
		щільне	нормальне	вільне	нормальне	вільне
8	1	10х28х(35)х4	8х(32)х38х6	8х62х72х(12)	8х(46)х50х9	16х56х(65)х5
		D ₁ =24,4	d ₁ =29,4	d ₁ =57,8	d ₁ =44,6	d ₁ =50,6
9	1	Ø1F8/н7, l=20	Ø18D9/н9, l=30	Ø35G7/н6, l=60	Ø45Н7/У7, l=120	Ø52Н8/е7, l=90
		нормальне	вільне	щільне	вільне	щільне
10	1	16х52х60х(5)	6х26х(32)х6	8х(32)х36х6	10х72х(78)х12	10х(23)х29х4
		D ₁ =47,0	d ₁ =23,4	d ₁ =30,4	d ₁ =69,6	d ₁ =20,3
11	1	Ø120Н7/н6, l=300	Ø125Н8/ф7, l=220	Ø25Н9/е8, l=50	Ø36Н6/к5, l=40	Ø52Н7/н6, l=80
		вільне	нормальне	щільне	щільне	нормальне
12	1	6х(23)х26х6	6х18х(22)х5	10х32х40х(5)	16х(52)х60х5	8х36х(42)х7
		D ₁ =22,1	d ₁ =16,7	d ₁ =28,0	d ₁ =47,0	d ₁ =33,5

Завдання до практичної роботи № 3

		місце						
		1	2	3	4	5	6	
Р Я Д	1,4	I	Ø30k6	Ø35m6	Ø40n6	ØS5js6	Ø25h6	Ø20f6
		II	Ø42n6	Ø44p6	Ø48m7	Ø32r6	Ø32n5	Ø38t6
		II	Ø30k6	Ø35m6	Ø40n6	Ø15js6	Ø25h7	Ø20f6
		IV	Ø20p6	Ø25t6	Ø25h6	Ø10m6	Ø20g6	Ø15e7
		V	Ø40h14	Ø45-0,2	Ø46h12	Ø32h13	Ø32h14	Ø38-0,15
		VI	Ø120-0,4	Ø120h14	Ø120-0,5	Ø120-0,8	Ø120-0,4	Ø120h12
		VII	35-0,1	40-0,15	45-0,2	38h12	36h14	42-0,2
		VIII	14h6	14h7	15-0,06	14h8	14-0,04	12h6
		IX	14N9	12P9	10H9	8H9	12N9	14P9
		X	30±0,2	42±0,3	48-0,4	36h14	32±0,15	38±0,3
		XI	30H15	35H15	40H15	30H15	28H15	35H15
		XII	2+0,5	1,5+0,4	2,5+0,4	2+0,5	1,5+0,5	1,0+0,4
		XIII	35h12	30±0,2	32-0,5	38-0,4	40±0,2	42h14
		XIV	Ø90±0,2	Ø85±0,25	Ø95±0,3	Ø100±0,1	Ø85±0,3	Ø85±0,15
		XV	Ø10+0,5	Ø8+0,5	Ø8,5+0,4	Ø9+0,3	Ø9,5+0,2	Ø10+0,3
		XVI	12h14	10-0,1	12-0,2	15h12	14h14	10-0,5
Р Я Д	2,5	I	Ø20k6	Ø40k5	Ø25m5	Ø30n5	Ø35js5	Ø30h5
		II	Ø40t6	Ø48p6	Ø42p6	Ø48m6	Ø42t6	Ø45s6
		II	Ø20k6	Ø40k5	Ø25m5	Ø30n5	Ø35js6	Ø30h5
		IV	Ø18h6	Ø30h7	Ø20m7	Ø25f7	Ø30u6	Ø25h7
		V	Ø40h12	Ø40-0,1	Ø42h14	Ø48-0,3	Ø42h13	Ø45h14
		VI	Ø120-0,2	Ø120-0,3	Ø120-0,4	Ø120h14	Ø110-0,3	Ø50h12
		VII	36h14	39-0,1	48-0,15	50h14	52-0,2	46-0,1
		VIII	14-0,03	15-0,02	16h7	14h6	12h8	15-0,04
		IX	8H9	10N9	8P9	12P9	10H9	8N9
		X	40h14	45-0,3	52±0,2	45h14	48-0,4	52±0,25
		XI	28H15	32H15	40H15	42H15	45H15	40H15
		XII	25+0,5	20+0,5	1,5+0,5	1,5+0,4	1,5+0,3	1,0+0,4
		XIII	30h14	32±0,1	25-0,4	38-0,2	45±0,2	42-0,5
		XIV	Ø90+0,1	Ø95±0,25	Ø90+0,15	Ø85±0,09	Ø80+0,1	Ø110±0,35
		XV	Ø10,5+0,1	Ø10+0,2	Ø9,5+0,3	Ø9,5+0,4	Ø9,0+0,5	Ø9,0+0,5
		XVI	12-0,3	12-0,5	10-0,1	10-0,15	9-0,2	1eh14
Р Я Д	3,6	I	Ø25k6	Ø30g6	Ø35m6	Ø40js6	Ø20m5	Ø25f7
		II	Ø42s7	Ø45s6	Ø48s7	Ø52u7	Ø32n6	Ø40p6
		II	Ø25k6	Ø30g6	Ø35m6	Ø40js6	Ø20m5	Ø25f7
		IV	Ø20u7	Ø25h7	Ø30h7	Ø30e8	Ø15f9	Ø20e9
		V	Ø42-0,2	Ø45h12	Ø48h14	Ø52-0,15	Ø32h12	Ø40h14
		VI	Ø100-0,4	Ø105-0,6	Ø110h12	Ø130-0,6	Ø95-0,4	Ø110h14

Продовження табл. 3

VII	40-0,2	42h12	50h14	52-0,4	48-0,1	45-0,3
VIII	15-0,04	14 h6	16-0,02	14 h7	15-0,03	12-0,07
IX	14 H9	12 P9	12 N9	14 N9	10 H9	8P9
X	40-0,1	48±0,1	35h14	40-0,2	36-0,3	45-0,5
XI	35H15	36H15	40H15	46H15	42H15	40H15
XII	1,5+0,4	1,0+0,5	1,5+0,3	1,5+0,5	2+0,4	2,5+0,5
XIII	28-0,3	32±0,15	35-0,4	42h14	45H12	48±0,2 1
XIV	Ø75±0,1	Ø 70+0,15	Ø75±0,2	Ø90±0,25	Ø60+0,15	Ø75±0,08
XV	Ø9+0,2	Ø 70±0,15	Ø74+0,2	Ø90+0,25	Ø60+0,15	Ø75±0,08
XVI	9-0,5	8,5-0,3	12h12	14-0,5	14h12	10-0,4

Величина	Одиниця		
	назва	позначення	
		міжнародне	українське
ОСНОВНІ ОДИНИЦІ			
Довжина	метр	m	м
Маса	кілограм	kg	кг
Час	секунда	s	с
Сила електричного струму	ампер	A	А
Термодинамічна температура	кельвін	K	К
Кількість речовини	моль	mol	моль
Сила світла	кандела	cd	кд
ДОПОМІЖНІ ОДИНИЦІ			
Плаский кут	радіан	rad	рад
Тілесний кут	стерадіан	sr	ср

ПОХІДНІ ОДИНИЦІ СІ, ЩО МАЮТЬ СПЕЦІАЛЬНІ НАЗВИ

Величина	Одиниця			Виразження через основні і допоміжні одиниці СІ
	назва	позначення		
		міжнародне	українське	
Частота	герц	Hz	Гц	c^{-1}
Сила	ньютон	N	Н	$m \cdot kg \cdot c^{-2}$
Тиск	паскаль	Pa	ПА	$m^{-1} \cdot kg \cdot c^{-2}$
Енергія	джоуль	J	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-2}$
Потужність	ват	W	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3}$
Кількість електрики	кулон	C	К	$c \cdot A$
Електрична напруга	вольт	V	В	$m^2 kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-1}$
Електрична ємність	фарад	F	Ф	$m^{-2} \cdot kg \cdot c^4 \cdot A^2$

Продовження табл.

Електричний опір	ом	Ω	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-2}$
Електрична провідність	сименс	S	См	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot c_3 \cdot A^2$
Потік магнітної індукції	вебер	Wb	Вб	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-1}$
Магнітна індукція	тесла	T	Тл	$kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-1}$
Індуктивність	генрі	H	Гн	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-2}$
Світловий потік	люмен	lm	лм	$kd \cdot cp$
Освітленість	люкс	lx	лк	$m^{-2} \cdot kd \cdot cp$
Активність радіонукліда	бекерель	Bq	Бк	c^{-1}
Поглинена доза іонізуючого випромінювання	грей	Gy	Гр	$m^2 \cdot c^{-2}$
Еквівалентна доза випромінювання	зиверт	Sv	Зв	$m^2 \cdot c^{-2}$

Протокол практичної роботи № 1 ГЛАДКІ ЦИЛІНДРИЧНІ З'ЄДНАННЯ

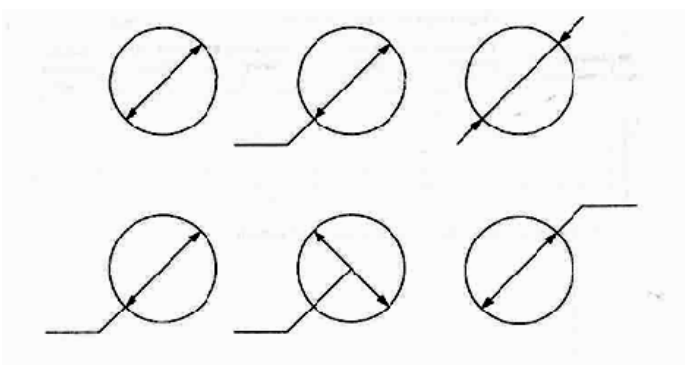
1. Виписати з числа заданих посадок за системами:

Система отворів	Система вала	Комбінована система
1	1	1
2	2	2
3	3	3

Користуючись довідником, заповнити таблицю 1. - Граничні відхилення і розміри отворів

№ з/п	Позначення посадки	Номинальний розмір і поле допуску	Верхнє граничне відхилення отвору ES , мм	Нижнє граничне відхилення отвору EI , мм	Найбільший граничний розмір D_{max} , мм	Найменший граничний розмір D_{min} , мм	Допуск отвору TD , мм
1							
2							
3							
4							
5							
6							

3. Проставити номінальні розміри, поля допусків і граничні відхилення отворів.



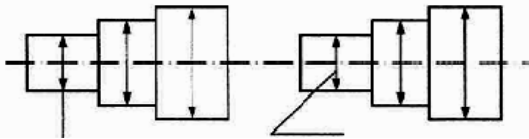
4. Користуючись довідником, заповнити таблицю 2.

– Граничні відхилення і розміри валів

Таблиця 2

№ з/п	Позначення посадки	Номинальний розмір і поле допуску вала	Верхнє граничне відхилення вала es , мм	Нижнє граничне відхилення вала ei , мм	Найбільший граничний розмір d_{max} , мм	Найменший граничний розмір d_{min} , мм	Допуск вала Td , мм
1							
2							
3							
4							
5							
6							

5. Проставити номінальні розміри, поля допусків і граничні відхилення валів.



6. За результатами таблиць 1 і 2 заповнити таблицю 3.

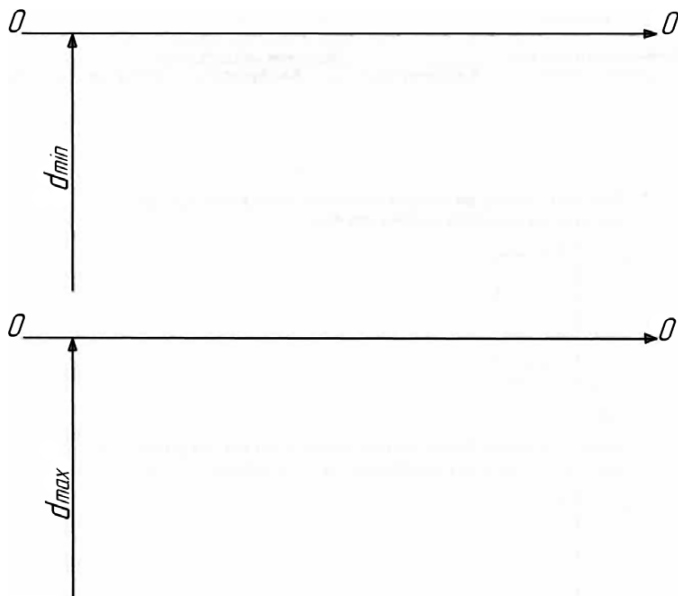
№ з/п	Позначення посадки	Граничні розміри, мм				Параметри посадок, мм				Допуски, посадки, мм
		отвору		вала		зазор		натяг		
		D_{max}	D_{min}	d_{max}	d_{min}	S_{max}	S_{min}	N_{max}	N_{min}	
1										
2										
3										
4										
5										
6										

7. Виконати перевірку правильності розрахунків

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____

8. Виконати схеми вказаних посадок.

На схемах вказати поля допусків посадок і мінімальні й максимальні значення зазорів і натягів.



Підпис студента _____

Дата _____

Протокол практичної роботи № 2
ШПОНКОВІ ТА ШЛІЦЬОВІ З'ЄДНАННЯ

I. Переписати завдання на розрахунок шпонкового та шліцьового з'єднання

Шпонкове з'єднання Шліцьове з'єднання

II. Шпонкове з'єднання

1. Визначити тип і вид шпонкового з'єднання

Тип _____

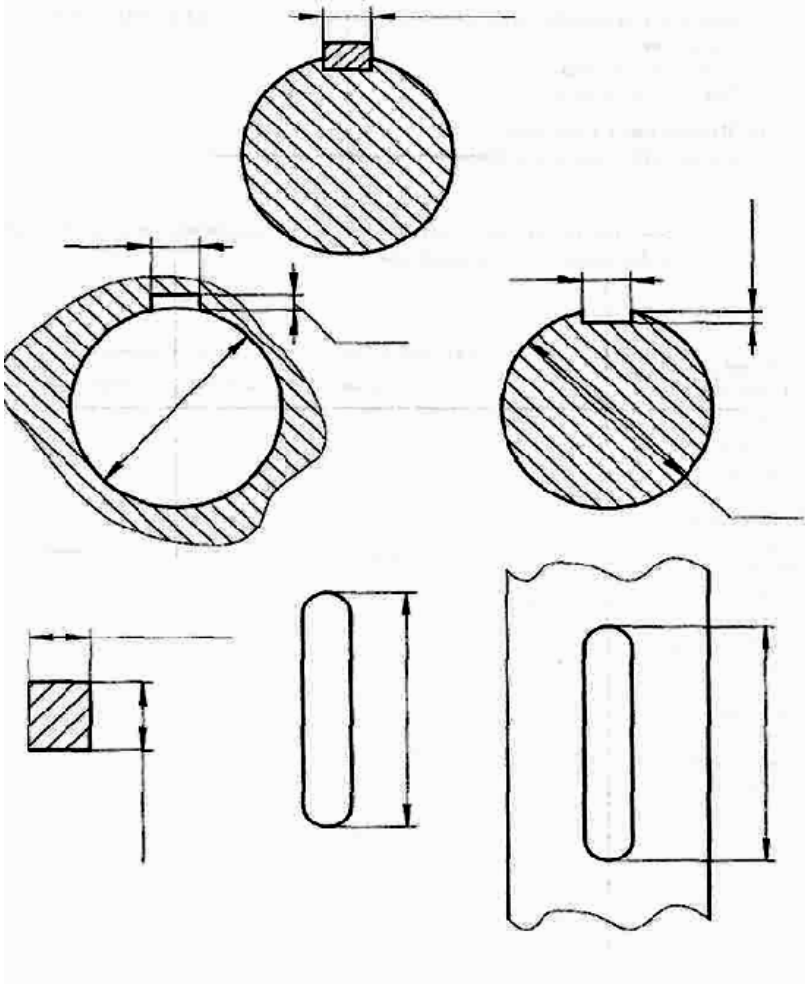
Вид _____

2. Користуючись довідником, встановити згідно із завданням, основні розміри деталей шпонкового з'єднання, *мм*

3. Заповнити таблицю

Елементи з'єднання	Номінальний розмір і поле допуску	Відхилення, <i>мм</i>		Граничні розміри, <i>мм</i>	
		верхнє	нижнє	максимальний	мінімальний
Висота шпонки h					
Ширина шпонки b					
Ширина паза вала b					
Ширина паза втулки b					
Довжина шпонки l					
Довжина паза вала L					
Глибина паза вала t_1					
Глибина паза втулки t_2					

4. На ескізі шпонкового з'єднання проставити номінальні розміри, поля допусків, граничні відхилення і шорсткість робочих поверхонь



III. Шліцьове з'єднання

1. Визначити тип шліцьового з'єднання і вид центрування.

Тип _____

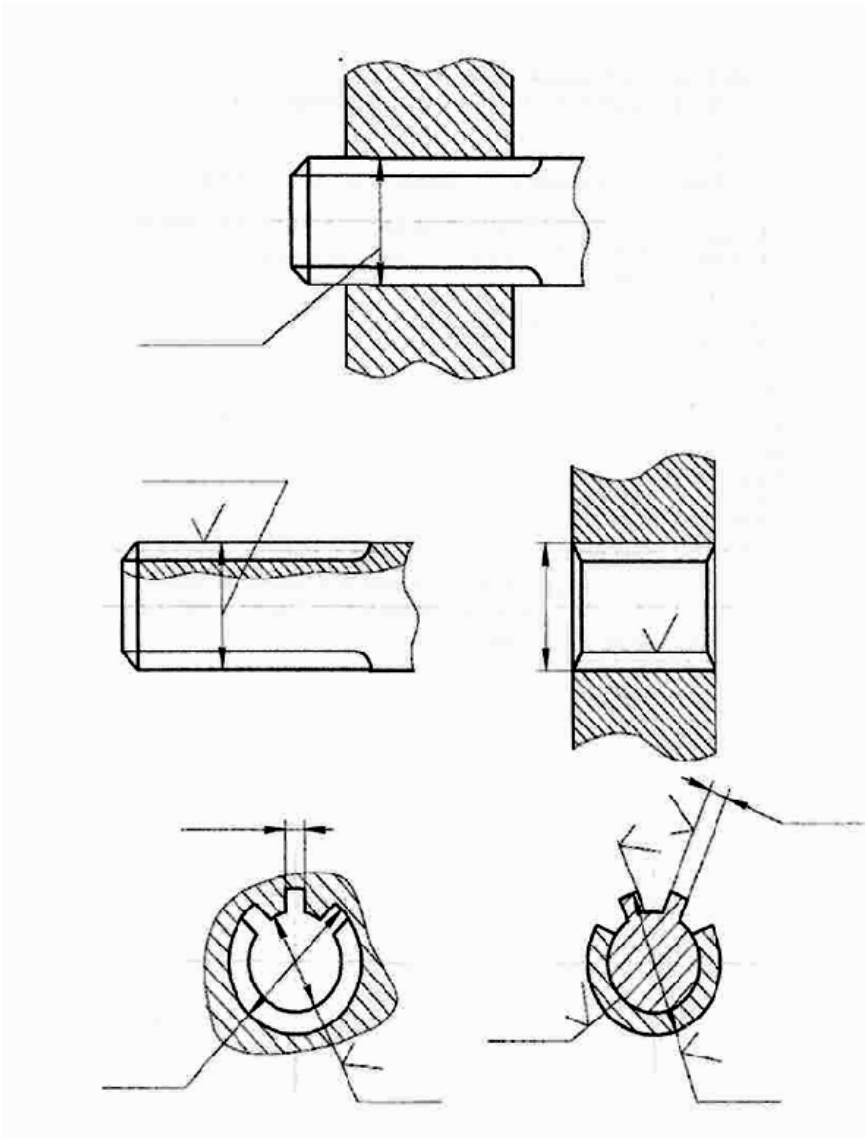
Вид _____

2. Користуючись довідковою літературою, заповнити таблицю

Елементи з'єднання	Номінальний розмір і поле допуску	Відхилення, мм		Граничні розміри, мм	
		верхнє	нижнє	максимальний	мінімальний
Центруючий отвір*					
Центруючий вал*					
Нецентруючий отвір					
Не центруючий вал					
Ширина впадин					
Товщина шліців*					

3. На ескізах деталей шліцьового з'єднання проставити номінальні розміри, поле допусків, граничні відхилення і шорсткість робочих поверхонь деталей з'єднання.

* При центруванні по бокових гранях поняття «центруючий отвір» і «центруючий вал» відсутні.



Підпис студента _____
Дата _____

Протокол практичної роботи № 3
ШОРСТКІСТЬ, ВІДХИЛЕННЯ ФОРМИ ТА
РОЗТАШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ

1. Вписати початкові дані:

I _____	VI _____	XI _____
II _____	VII _____	XII _____
III _____	VIII _____	XIII _____
IV _____	IX _____	XIV _____
V _____	X _____	XV _____

2. Користуючись довідником і методичною літературою, заповнити таблицю.

Порядковий номер розміру	Номінальний розмір та граничні відхилення	Допуск розміру, мм	Параметр $R_{z, мкм}$	Відхилення форми і взаємного розташування поверхонь, мм			
				вид відхилення	приблизне значення	значення за довідником	поставлено на кресленні
I							
II							
III							
IV							
V							
VI							
VII							
VIII							
IX							
X							
XI							
XII							
XIII							
XIV							
XV							
XVI							

3. Проставити на вказаних поверхнях значення шорсткості (параметр R_a), допуски на відхилення форми й взаємного розташування поверхонь.

4. Розрахунки до таблиці

А. Визначення параметра шорсткості

Б. Визначення допусків на відхилення форми і взаємного розташування поверхонь

В. Розрахунок позиційного допуску

Підпис студента _____

Дата _____

Список літератури

1. Якушев А. И., Ворцов Л. Н., Федотов Н. М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.
2. Никифоров А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов. 2-е изд. стер. – М.: Высшая школа, 2002. – 510 с.: с ил.
3. Якимчук Г. К., Кирилюк Ю. Є., Саранча Г. А. «Взаємозамінність, стандартизація, метрологія та технічні вимірювання»: Підручник. – К.: «Основа», 2006. – 560 с.
4. Саранча Г. А. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю: Підручник – К.: Видавництво Центральної літератури, 2006. – 672 с.
5. Болдин Л. А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 210 с.
6. Ганевский Г. М., Гольдин И. Н. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М.: Высшая школа, 1987. – 254 с.
7. Мяков В. Д., Полей М. А. и др. Допуски и посадки: Справочник – Л.: Машиностроение, 1982. – Т. 1. – 544 с., т. 2 – 545 с.
8. Зенкин А. С., Петко Н. В. Допуски и посадки в машиностроении: Справочник. – К.: Техника, 1990. – 320 с.

Навчально-методичне видання

Іван Іванович **КУЛЬБОВСЬКИЙ**

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт для
студентів 3 та 4 курсу спеціальності
«Виробництво, експлуатація та ремонт вагонів»,
«Виробництво, експлуатація та ремонт локомотивів»
заочної форми навчання

Укладач: І. І. Кульбовський

Відповідальний за випуск І. І. Кульбовський

Директор РВЦ ДЕТУТ Л.В. Пономаренко

Головний редактор О.В. Ємець

Макет і верстка В. О. Андрієнка

Підписано до друку 25.01.2010. Формат 60x84/16. Папір – офсетний,
Друк – ризографія. Замовлення № 4-2/10. Наклад 110 прим.

Надруковано в Редакційно-видавничому центрі ДЕТУТ
Свідоцтво про реєстрацію Серія ДК №3079 від 27.12.2007р.

03049, м. Київ – 49, вул. Миколи Лукашевича, 19

