

Міністерство освіти і науки України  
Миколаївський національний аграрний університет  
Інженерно-енергетичний факультет  
Кафедра загальнотехнічних дисциплін



**Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання :**  
метод. реком. для виконання самост. робіт (Модуль 1  
«Взаємозамінність») здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної  
форм здобуття вищої освіти

Миколаїв  
2026

УДК 621:62-182.8

В11

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету, протокол №7 від 21.04.2026 р.

Укладачі:

Іванов Г. О. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет.

Полянський П. М. – канд. екон. наук, в.о. завідувача кафедри загальнотехнічних дисциплін, доцент, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Марченко Д. Д. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Новицький А. В. – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри надійності техніки, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

© Миколаївський національний аграрний університет, 2026

## МОДУЛЬ 1. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ

### 1.1. Основні поняття про допуски і посадки

#### 1.1.1. Контрольні питання

1. Наведіть приклади внутрішніх і зовнішніх поверхонь різної геометричної форми з ескізами.
2. Які поверхні називають сполученими і не сполученими? Які з них повинні мати вищу точність розмірів, форми і розташування? У яких випадках ставлять жорсткіші вимоги до шорсткості поверхні?
3. Розгляньте з'єднання, що утворені за допомогою: а) призматичної шпонки; б) клинової шпонки; в) прямобічних шліців; г) трикутних шліців; д) евольвентних шліців; е) болта, поставленого в отвір із зазором; ж) болта, поставленого в отвір без зазору; з) підшипника кочення, і) підшипника ковзання. Накресліть ескізи деталей, що створюють задане з'єднання, вкажіть, яку форму мають охоплюючі й охоплювані поверхні, що сполучаються.
4. Які розміри називають номінальними й як їх визначити.
5. Які розміри називають дійсними? Від чого залежать і в яких межах повинні бути їх числові значення?
6. Різновиди і призначення граничних розмірів.
7. Що називають допуском? Наведіть формули для обчислення допуску через граничні розміри отвору і валу.
8. Що називають відхилами розміру? Наведіть формули для обчислення дійсних, граничних і середніх відхилів.
9. Що називають нульовою лінією і полем допуску?
10. Графічний спосіб зображення полів допусків через граничні розміри.
11. Графічний спосіб зображення полів допусків через граничні відхили і його переваги.
12. Чи може допуск дорівнювати нулю або бути негативним?
13. Чи можна враховувати відхил лише за абсолютною величиною й які вони можуть мати числові значення?
14. В якій розмірності показують відхили і допуски на кресленнях і в довідниках?
15. Правила позначення допусків і граничних відхилів на кресленнях.
16. Що характеризує одиниця допуску і залежно від якого параметра деталі вона визначається?
17. Що називають квалітетом і як обчислюють допуски для різних квалітетів?
18. Чим пояснюється зміна величини допуску різних номінальних розмірів у межах одного і того ж квалітету?
19. Чи можна, порівнюючи тільки значення допусків, що установлені на два різні розміри, сказати, на який з цих розмірів призначений точніший допуск?
20. Що називають посадкою? Чому вони введені і якими параметрами характеризуються.

21. Назвіть три групи посадок, їх назви і для яких з'єднань їх застосовують.
22. Що називають зазором і які види зазорів бувають?
23. Наведіть формули для обчислення зазорів через граничні розміри і граничні відхилення.
24. Який зазор називають дійсним і як він може бути обчислений?
25. Що називають натягом і які види натягів бувають?
26. За рахунок чого утворюється натяг і здійснюється збирання отворів і валів з натягом?
27. Як зв'язані зазори і натяги?
28. Наведіть формули для обчислення натягу через граничні розміри і граничні відхилення.
29. Основні особливості: а) посадок із зазорами; б) посадок із натягом; в) перехідних посадок.
30. Як обчислюють граничні зазори і граничні натяги в перехідних посадках?
31. Подайте схеми розташування полів допусків через граничні розміри і спрощені схеми (через граничні відхилення) для посадки:  
а) із зазором; б) із натягом; в) перехідну.
32. Що називають допуском посадки? Наведіть формули для обчислення допуску посадки через граничні: а) зазори; б) натяги.
33. Як обчислюють допуск перехідних посадок?
34. Дайте визначення посадок у системі отвору і системі вала. Яка система переважає?
- 34 Яку деталь називають основною в системі? Які поля допусків прийняти основними в системах отвору і вала і якими ознаками вони характеризуються?
35. З яких полів допусків утворюється посадка, що має  $S_{\min}=0$ ? Накресліть схему розташування полів допусків цієї посадки.
36. Накресліть схему полів допусків посадок із зазором, перехідної та з натягом, що відносяться до систем отвору і вала.
37. Чому рівні  $S_{\min}$  і допуск посадки (ТП), складеної з полів допусків, у яких  $EI=es=0$ , а  $TD(Td)=ES=-ei$ ?
38. Маючи відомі  $D$  і граничні розміри (рис. 1.1), накресліть схему полів допусків посадки через граничні розміри і спрощену. Показати на схемі основні параметри деталей і заданої посадки; напишіть формули для обчислення вказаних параметрів.
39. Для якої посадки (рис. 1.2, а-в) допуск посадки буде більшим?
40. В якій системі та які посадки утворюють поля допусків валів  $Td$  з полем допуску отвору  $TD$  (рис. 1.3, а). Накресліть схеми полів допусків аналогічних посадок в іншій системі.
41. На рис. 1.3, б показані поля допусків отвору  $TD$  і вала  $Td$ . Де необхідно провести нульову лінію, щоб отримати поля допусків отвору і вала в системі отвору і системі вала. Які отримаємо посадки в кожному із цих?

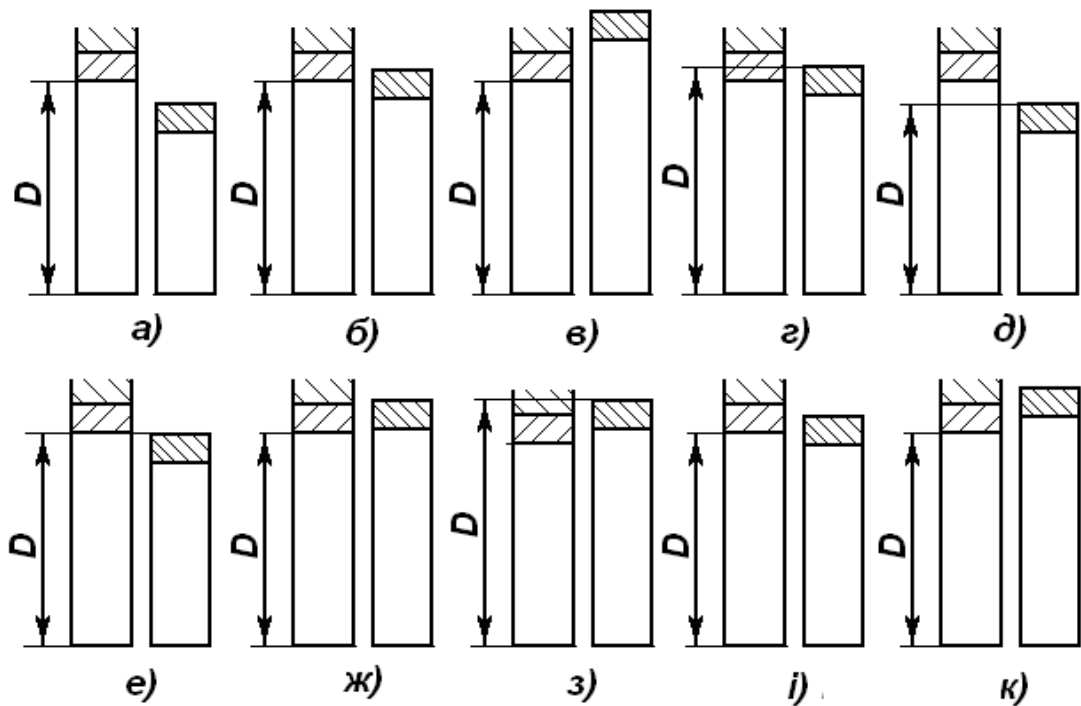


Рис. 1.1. Схеми розташування полів допусків до задачі 38 (за граничними розмірами)

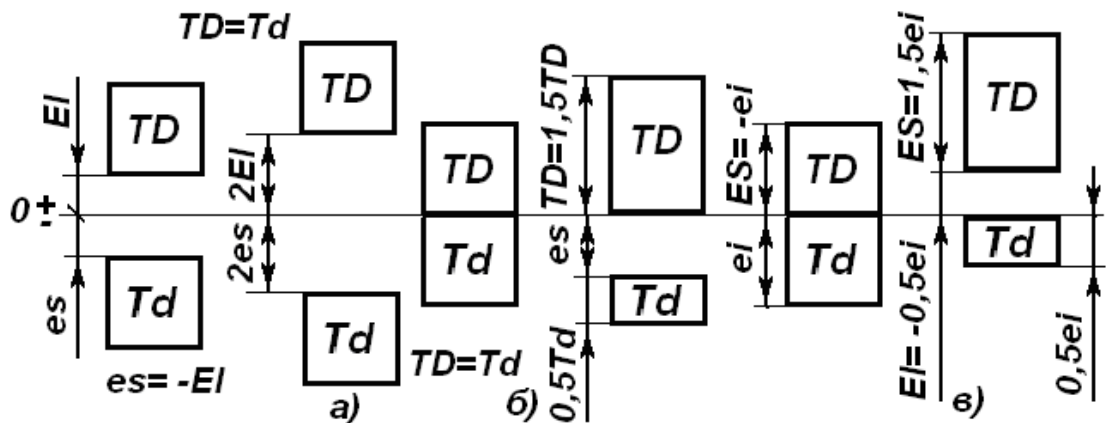


Рис. 1.2. Схеми розташування полів допусків до задачі 39.

42. Для однієї із посадок, поля допуску яких вказано на рис. 1.3, в і г (TD – отвір, Td – вал), відомі положення нульової лінії, TD, es і  $N_{\max}$ . Накресліть ескіз заданої посадки з усіма параметрами і напишіть рівняння для визначення невідомих параметрів.

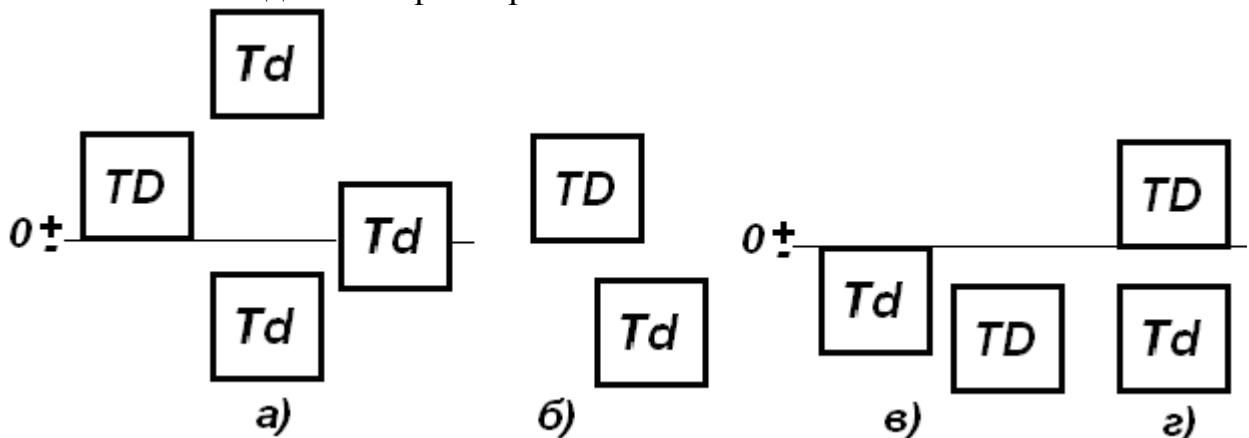


Рис. 1.3. Схеми розташування полів допусків до задачі 40.

43. На рис. 1.4 показано поля допусків деяких посадок у системі отвору. Накресліть схему полів допусків, що утворюють аналогічні посадки в системі вала. На схемах вкажіть усі необхідні параметри.

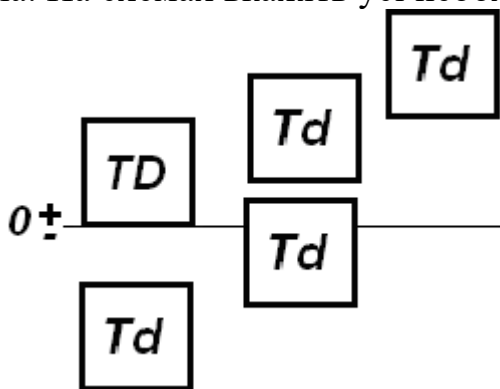


Рис. 1.4. Схеми розташування полів допусків до задачі 43.

44. Накресліть одну із схем розташування полів допусків (рис. 1.5), нанесіть усі необхідні позначення і вирахуйте в загальному вигляді зазори, натяги і допуски посадок. Визначити тип посадки і систему, в якій вона дана.

45. Для однієї із схем полів допусків (рис. 1.5) визначити систему і тип посадки, що утворена заданими полями допусків. Накреслити схему цієї посадки в протилежній системі. Нанести на схемах всі необхідні позначення і

обчислити в загальному вигляді всі зазори, натяг і допуски посадок.

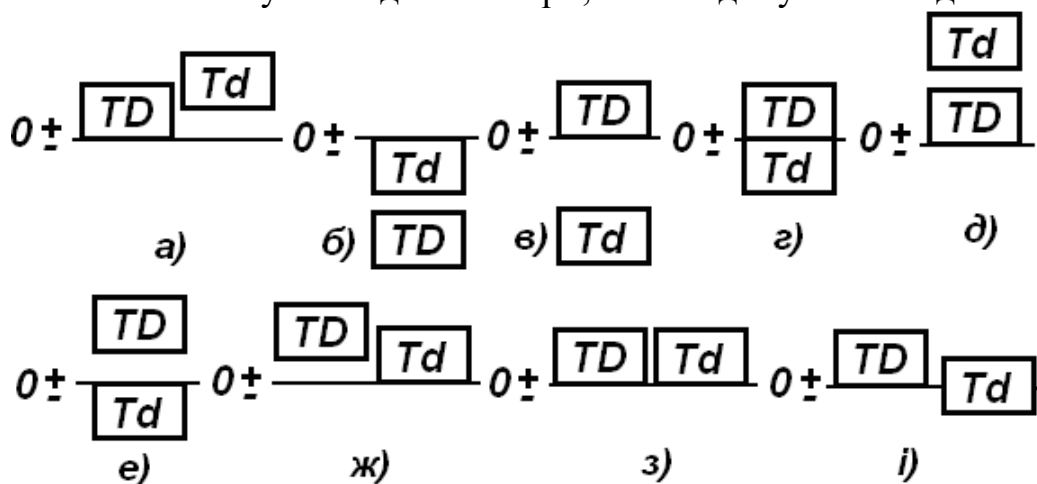


Рис. 1.5. Схеми розташування полів допусків до задач 44 і 45

46. При якій посадці 1 або 2 (рис. 1.6) найбільш імовірні зазори (натяги)?

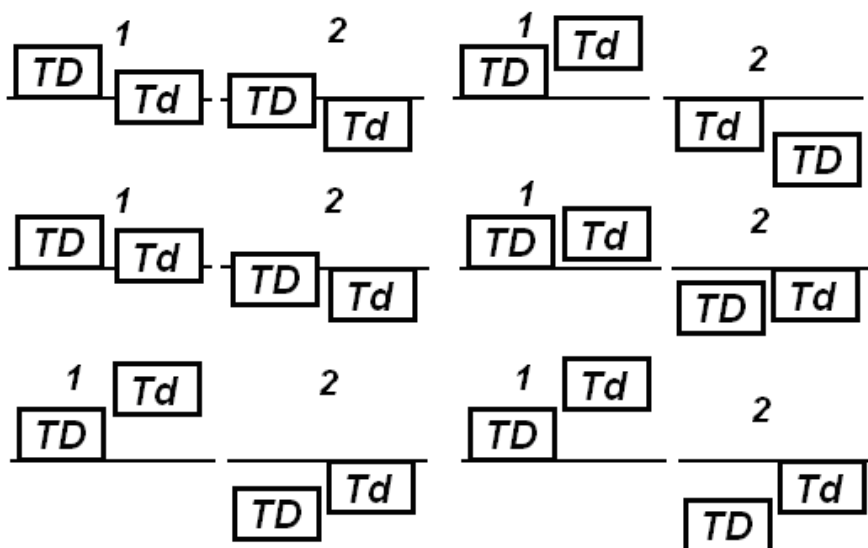


Рис. 1.6. Схеми розташування полів допусків до задачі 46.

### 1.1.2. Задачі

1. Для розміру 40 мм задано такі відхили, мкм:

а)  $ES = +89$ ,  $EI = +39$ ;  $es = 0$ ,  $ei = -39$ ; б)  $ES = +39$ ,  $EI = 0$ ;  $es = 19,5$ ,  $ei = -19,5$ . Записати розмір із заданими відхилами, порахувати допуски і знайти граничні розміри.

2. Задано: а)  $\varnothing 25^{+0,098}_{+0,065}$ ; б)  $\varnothing 32^{+0,062}$ ; в)  $\varnothing 60 \pm 0,025$ ; г)  $\varnothing 25^{-0,065}_{-0,098}$ ;

д)  $\varnothing 30_{-0,062}$ . Визначити номінальні й граничні розміри, граничні відхили і допуски.

3. Задано граничні розміри, мм: а)  $\varnothing 14,0055$  і  $\varnothing 13,9945$ ; б)  $\varnothing 28,013$  і  $\varnothing 28$ ; в)  $\varnothing 42,042$  і  $\varnothing 42,026$ ; г)  $\varnothing 55,97$  і  $\varnothing 55,951$ ; д)  $\varnothing 90$  і  $\varnothing 89,978$ . Визначити граничні відхили, номінальні розміри з граничними відхилами і накреслити спрощену схему розташування полів допусків.

4. Задано: а)  $D_{min} = 70,968$  мм і  $TD = 46$  мкм; б)  $D_{max} = 125,020$  мм і  $EI = -43$  мкм. Визначити відповідно  $D$ ,  $D_{max}$ ,  $ES$ ,  $EI$  і  $D$ ,  $D_{min}$ ,  $ES$ ,  $TD$ .

5. Задано номінальний розмір і граничні відхили вала.

Варіант	D, мм	es, мкм	ei, мкм	Варіант	D, мм	es, мкм	ei, мкм
1	2	-6	-12	10	190	-50	-96
2	4	0	-8	11	270	-190	-400
3	8	+10	+1	12	315	+405	-405
4	16	+23	+12	13	350	-62	-151
5	20	+48	+35	14	450	-230	-480
6	35	+85	+60	15	500	+630	+230
7	68	+50	+20	16	720	+265	+185
8	90	0	-35	17	900	+300	+210
9	140	+20	-20	18	1100	+1555	+1450

Визначити граничні розміри і записати умовне позначення номінального розміру з граничними відхилами.

6. Задано: а)  $D_{max} = 10,15$ ,  $D_{min} = 10$  мм; б)  $D_{max} = 100,22$ ,  $D_{min} = 100$  мм. Якій розмір має більшу точність.

7. Задано граничні розміри і дійсний відхил вала.

Варіант	$d_{max}$ , мм	$d_{min}$ , мм	$e_d$ , мкм	Варіант	$d_{max}$ , мм	$d_{min}$ , мм	$e_d$ , мкм
1	2,475	2,455	+1	9	150,115	150,015	100
2	4,970	4,922	-15	10	200,235	200,050	49
3	7,975	7,885	-120	11	280,414	280,094	450
4	14,984	14,914	-30	12	320,420	320,190	100
5	24,935	24,883	-75	13	449,770	449,673	-300
6	49,950	49,911	-25	14	500,515	500,144	250
7	69,970	69,940	-40	15	559,740	559,670	-500
8	99,988	99,934	-65	16	670,155	670,030	800

Знайти номінальний і дійсний розміри деталі, обчислити граничні

відхили, визначити придатність деталі за граничними розмірами і граничними відхилами, навести позначення номінального розміру з граничними відхилами. Накреслити схеми полів допусків за граничними розмірами (не в масштабі) і за граничними відхилами (в масштабі), показати на них дійсний розмір і дійсний відхил.

8. Порівняти два варіанти, що наведені в таблиці задачі 7 і визначити, на якій з двох розмірів установлений допуск більш високої точності.

9. Точність розмірів, що охоплюються, а також їх полів допусків повністю характеризується такими параметрами:  $D, d_{max}, d_{min}, es, ei, e_{cep}, Td$ . За даними, що наведені в таблиці, знайти невідомі із названих вище параметрів, привести умовне позначення номінального розміру з граничними відхилами. Накреслити схеми полів допусків за граничними розмірами (не в масштабі) і за граничними відхилами (в масштабі).

Варіант	Параметри	Варіант	Параметри
1	2	3	4
1	$d_{max} = 2,016 \text{ мм},$ $ei = 2 \text{ мкм}$	10	$D = 63 \text{ мм}, ei = -186 \text{ мкм},$ $Td = 140 \text{ мкм}$
2	$d_{cep} = 5,971 \text{ мм},$ $Td = 12 \text{ мкм}$	11	$D = 600 \text{ мм}, es = -580 \text{ мкм},$ $Td = 280 \text{ мкм}$
3	$d_{max} = 9,0461 \text{ мм},$ $Td = 36 \text{ мкм}$	12	$d_{max} = 359,938 \text{ мм},$ $d_{min} = 359,849 \text{ мкм}$
4	$d_{max} = 9,0461 \text{ мм},$ $d_{min} = 15,914 \text{ мкм}$	13	$d_{min} = 450,023 \text{ мм},$ $e_{cep} = +54,5 \text{ мкм}$
5	$d_{min} = 39,891 \text{ мм},$ $e_{cep} = -59 \text{ мкм}$	14	$d_{max} = 300,555 \text{ мм},$ $Td = 130 \text{ мкм}$
6	$d_{max} = 90,291 \text{ мм},$ $e_{cep} = +181 \text{ мкм}$	15	$d_{max} = 710,288 \text{ мм},$ $e_{cep} = +188 \text{ мкм}$
7	$d_{max} = 140,210 \text{ мм},$ $ei = +170 \text{ мкм}$	16	$D = 900 \text{ мм}, es = -320 \text{ мкм},$ $es = -460 \text{ мкм}$
8	$d_{min} = 240 \text{ мкм},$ $Td = 115 \text{ мкм}$	17	$d_{max} = 180,373 \text{ мм},$ $Td = 63 \text{ мкм}$
9	$D = 28 \text{ мм}, ei = +41 \text{ мкм},$ $es = +74 \text{ мкм}$	18	$d_{min} = 315 \text{ мкм},$ $Td = 81 \text{ мкм}$

10. Визначити граничні розміри і відхили, допуски деталей і посадок, зазори і натяги за такими даними:

а)  $\text{Ø} 20 \frac{+0,011}{-0,006}$ ; б)  $\text{Ø} 20 \frac{+0,011}{+0,009}$ ; в)  $\text{Ø} 20 \frac{+0,011}{+0,031}$ ; г)  $\text{Ø} 20 \frac{+0,017}{+0,006}$ . Накреслити схему полів

допусків.

11. Відомі такі розміри з'єднання:  $D = 90 \text{ мм}$ ,  $S_{\max} = 12 \text{ мкм}$ ,  
 $-TD = ei = -22 \text{ мкм}$ ;  $TD = 35 \text{ мкм}$ . Визначити:  $S_{\min}$ ,  $ТП$ ,  $ES$ ,  $EI$ ,  $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$ .

12. Для посадки в системі вала відомо:  $D = 63 \text{ мм}$ ,  $S_{\max} = 152 \text{ мкм}$ ,  
 $S_{\min} = 60 \text{ мкм}$ ,  $TD = Td$ . Визначити граничні розміри і відхили,  $TD$ ,  $Td$ ,  $ТП$ ,  $TS$ .  
 Накреслити схему полів допусків.

13. Для посадки в системі отвору відомо:  $D = 50 \text{ мм}$ ,  $S_{\max} = 152 \text{ мкм}$ ,  
 $TD = 25 \text{ мкм}$ ,  $Td = 18 \text{ мкм}$ ,  $N_{\min} = 18 \text{ мкм}$ . Визначити граничні розміри і відхи-  
 ли,  $N_{\max}$ ,  $ТП$ ,  $TN$ . Накреслити схему полів допусків.

14. Задано граничні розміри отвору  $D_{\max} = 125,040 \text{ мм}$ ,  $D_{\min} = 125 \text{ мм}$  і  
 вала, мм: а)  $d_{\max} = 124,915$ ,  $d_{\min} = 124,875$ ; б)  $d_{\max} = 125,0835$ ,  $d_{\min} = 125,043$ ; в)  
 $d_{\max} = 125,117$ ,  $d_{\min} = 125,092$ ; г)  $d_{\max} = 122,020$ ,  $d_{\min} = 124,980$ ;  
 д)  $d_{\max} = 125,028$ ,  $d_{\min} = 125,003$ . Визначити зазори, натяги і допуски з'єднання.  
 Накреслити спрощену схему розташування полів допусків.

15. Дано  $D = 200 \text{ мм}$ , посадки в системі отвору, мкм: а)  $TD = Td$ ,  
 $ТП = 144$ ,  $S_{\min} = 240$ ; б)  $TD = ES = 46$ ,  $es = 0$ ,  $ТП = 75$ ; в)  $Td = 46$ ,  $es = 77$ ,  
 $ТП = 118$ ; г)  $Td = TD = 72$ ,  $N_{\max} = 308$ . Визначити невідомі параметри з'єднан-  
 ня. Накреслити спрощену схему розташування полів допусків.

16. Задано посадку з зазором: а)  $\varnothing 4 \frac{+0,014}{-0,020}$ ; б)  $\varnothing 6 \frac{+0,004}{0}$ ; в)  $\varnothing 10 \frac{0}{-0,025}$ ;  
 $\frac{-0,034}{-0,008}$   $\frac{-0,008}{-0,040}$   
 г)  $\varnothing 20 \frac{+0,027}{0}$ ; д)  $\varnothing 150 \frac{+0,100}{-0,043}$ ; е)  $\varnothing 200 \frac{+0,335}{0}$ ; ж)  $\varnothing 280 \frac{0}{-0,017}$ ; з)  $\varnothing 315 \frac{+0,600}{0}$ ;  
 $\frac{-0,008}{-0,143}$   $\frac{-0,185}{-0,049}$   $\frac{-0,089}{-0,089}$   
 і)  $\varnothing 540 \frac{+0,960}{0}$ ; л)  $\varnothing 500 \frac{+0,063}{\pm 0,020}$ ; м)  $\varnothing 350 \frac{\pm 0,044}{0}$ ; н)  $\varnothing 120 \frac{\pm 0,043}{-0,120}$ .  
 $\frac{-0,440}{-0,207}$

Визначити граничні відхили, розміри і зазори; допуски отвору, вала,  
 посадки; середні відхили і зазори. Накреслити схему розташування полів  
 допусків.

17. Задано посадку з натягом: а)  $\varnothing 160 \frac{-0,085}{0}$ ; б)  $\varnothing 20 \frac{+0,013}{+0,031}$ ; в)  $\varnothing 40 \frac{-0,060}{0}$ ;  
 $\frac{-0,025}{+0,022}$   $\frac{-0,039}{-0,039}$   
 г)  $\varnothing 600 \frac{+0,110}{+0,520}$ ; д)  $\varnothing 710 \frac{-0,175}{0}$ ; е)  $\varnothing 950 \frac{+0,230}{+1,440}$ ; ж)  $\varnothing 200 \frac{-0,157}{0}$ ; з)  $\varnothing 82 \frac{+0,054}{+0,312}$ ;  
 $\frac{+0,450}{-0,020}$   $\frac{+0,258}{+0,258}$   
 і)  $\varnothing 105 \frac{-0,041}{0}$ ; к)  $\varnothing 135 \frac{+0,025}{+0,110}$ ; л)  $\varnothing 120 \frac{+0,035}{-0,120}$ ; м)  $\varnothing 52 \frac{\pm 0,037}{-0,100}$ ; н)  $\varnothing 180 \frac{0}{+0,133}$ .  
 $\frac{-0,022}{+0,092}$   $\frac{-0,340}{-0,174}$   $\frac{+0,180}{+0,180}$

Визначити граничні відхили, розміри і натяги; допуски отвору, вала,  
 посадки; середні відхили і натяги. Накреслити схему розташування полів  
 допусків.

18. Задано перехідну посадку: а)  $\varnothing 6 \frac{+0,005}{+0,005}$ ; б)  $\varnothing 10 \frac{-0,004}{0}$ ; в)  $\varnothing 50 \frac{+0,007}{0}$ ;  
г)  $\varnothing 30 \frac{+0,009}{\pm 0,016}$ ; д)  $\varnothing 75 \frac{+0,046}{+0,020}$ ; е)  $\varnothing 100 \frac{-0,010}{-0,022}$ ; ж)  $\varnothing 175 \frac{+0,025}{+0,015}$ ; з)  $\varnothing 240 \frac{+0,022}{-0,046}$ ;  
і)  $\varnothing 260 \frac{+0,052}{+0,020}$ ; к)  $\varnothing 350 \frac{\pm 0,018}{-0,036}$ ; л)  $\varnothing 60 \frac{+0,030}{+0,002}$ ; м)  $\varnothing 315 \frac{+0,0562}{+0,034}$ .

Визначити граничні відхили, розміри, натяги і зазори; допуски отвору, вала, посадки; середні відхили, натяги і зазори. Накреслити схему розташування полів допусків.

## 1.2. Відхили форми і розташування поверхонь

### 1.2.1. Контрольні питання

1. Якими показниками, факторами визначається точність деталей та їх з'єднань?
2. Які причини викликають відхили форми і взаємного розташування поверхонь деталей?
3. Як впливають на якість деталей і їх з'єднань, а також на працездатність механізмів: а) відхили, геометричні форми деталей? б) відхили взаємного розташування поверхонь деталей? в) шорсткість і хвилястість поверхонь?
4. Що називають номінальним і реальним: а) профілем, поверхнею, осью; б) розташуванням елементів деталей?
5. Що називають: а) прилеглою прямою; б) прилеглою площиною; в) прилеглою поверхнею; г) прилеглим профілем; д) прилеглим циліндром; е) прилеглим колом?
6. Що називають відхилом, допуском і полем допуску: а) форми поверхні й профілю; б) розташування поверхонь?
7. Яку поверхню, вісь, точку називають базовою? Чи може деталь мати декілька баз? Наведіть пояснювальний приклад.
8. Що називають загальною осью і загальною площиною симетрії?
9. Дайте визначення, поясніть суть і назвіть призначення відхилів, допусків, вказаних у одному з варіантів: а) виступаюче поле допуску розташування; б) залежний і незалежний допуск форми і розташування; в) сумарні відхили, допуск і поле допуску форми; г) сумарні відхили, допуск і поле допуску розташування; д) позиційні відхил і допуск.
10. Що називається відхилом осі (прямою) в площині та просторі? Чому дорівнюють їх допуски і поля допусків?  
*Примітка Для заданого виду відхилу форми необхідно дати визначення, навести ескізи, вказати поля допусків, пояснити причини виникнення і вплив на якість деталей і з'єднань.*
11. Відхил і поля допусків площин від: а) паралельності; б) перпендикулярності. Див. примітку до питання 10.
12. Які встановлені стандартами відхили (див. примітку до питання 10) і допуски форми: а) площин; б) циліндричних поверхонь?

13. Поясніть відмінність допусків циліндричності, профілю поздовжнього перетину і круглості від допусків розміру отвору і вала.

14. Які види відхилів і допусків форми є переважаючими: комплексні чи їх частинні різновиди?

15. Чим відрізняються і в яких випадках застосовуються допуски і поля допусків форми і розташування, що задані в радіусному і діаметральному виразах?

16. Для відхилів взаємного розташування конструктивних елементів дайте визначення, вкажіть, чому дорівнює і як визначаються його допуск і поле допуску; наведіть приклади розташування подібних конструктивних елементів у реальних деталях або складальних одиницях:

а) відхил від паралельності прямих, розташованих у загальній площині та просторі;

б) відхил від перпендикулярності двох площин, а також прямої і площини для двох випадків: базою є площина або пряма;

в) відхил паралельності двох площин, прямої щодо площини і площини відносно прямої;

г) відхил нахилу площини (прямої) щодо площини;

д) відхил від співвісності одного отвору щодо іншого і відхили декількох отворів щодо загальної осі;

е) відхил отвору від заданого номінального розташування;

ж) відхил від перетину осей.

17. Розгляньте відхили, допуски і поля допусків для: а) радіального биття; б) биття торця.

18. Визначити загальну вісь або площину симетрії деталі (рис. 1.7), базову вісь або базову площину, відхил і поля допусків відповідних елементів даної деталі щодо вказаних вище елементів.

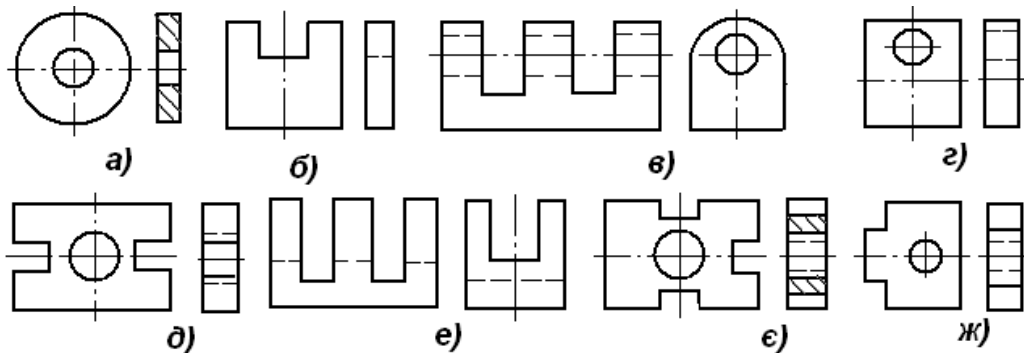


Рис. 1.7. Ескізи деталей до питання 18

19. Визначте базову вісь або поверхню для перевірки радіального биття або розташування елементів, що передають крутний момент, і розгляньте вимоги до точності форми і розташування поверхонь:

а) зубчастого колеса; б) черв'яка; в) зірочки ланцюгової передачі;

г) шківів; д) підшипника кочення; е) підшипника ковзання; ж) вала;

з) півмуфти конічної фрикційної; і) півмуфти втулково-пальцевої.

20. За яким законом буде змінюватися радіальне биття поверхні (рис. 1.8), що викликане: а) ексцентриситетом  $e$  відносно осі обертання  $OO$ ;

б) овальністю; в) огранкою; г) овальністю і ексцентриситетом  $e$ ; д) ексцентриситетами  $e_1$  і  $e_2$  поверхонь  $A$  і  $B$  за обертання деталі в призмі на поверхні  $B$ . Відхил форми поверхонь  $A$  і  $B$  не враховувати.

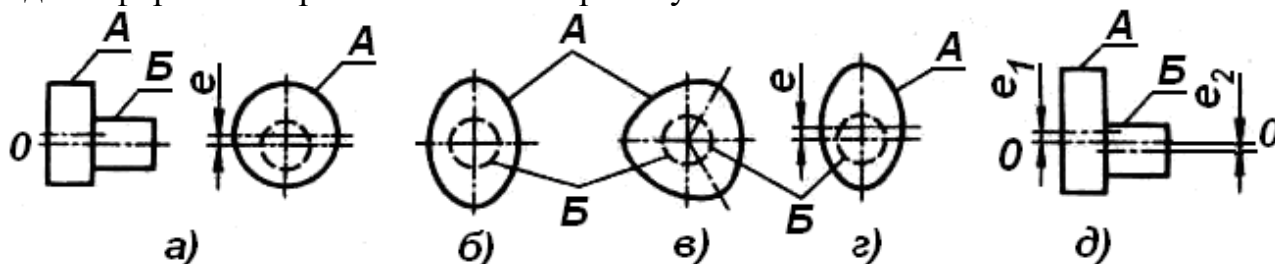


Рис. 2.8. Ескізи деталей до питання 20

### 1.2.2. Задачі

1. Розшифруйте умовні позначення допуску форми поверхонь деталі (рис. 1.9): визначте вид відхилення і допуск; у якому виразі заданий допуск (діаметральному або радіусному); форму поля допуску; розміри нормованої ділянки; ступінь точності допуску.

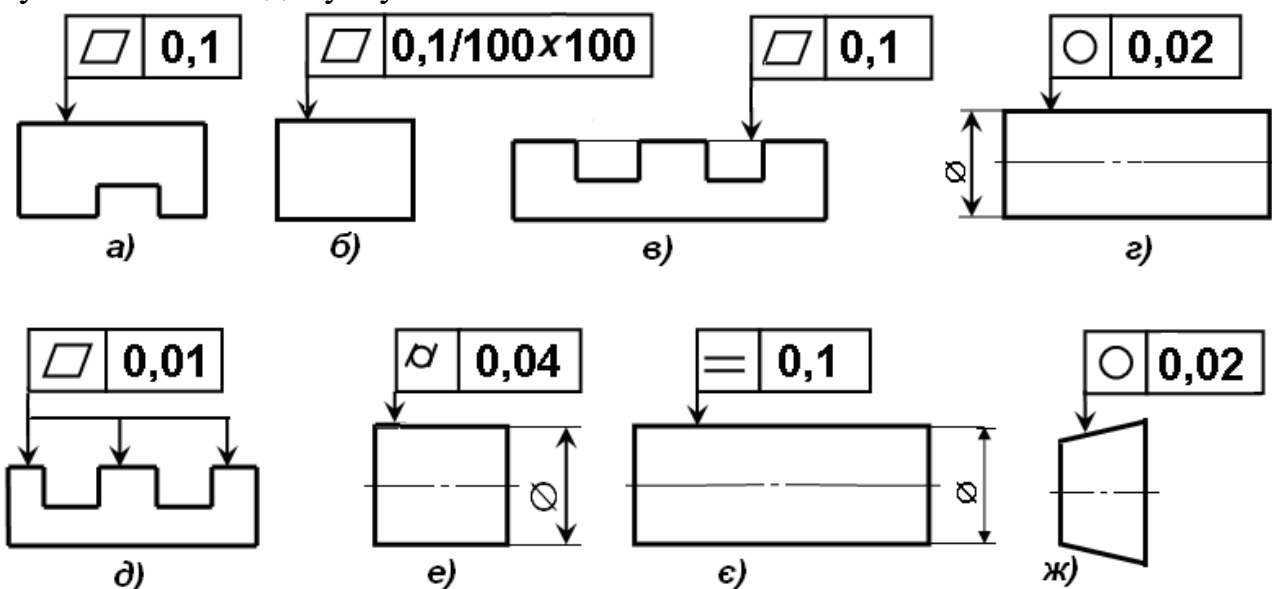


Рис. 1.9. Ескізи деталей до питання 1

2. Розшифруйте умовні позначення допуску розташування поверхонь деталі (рис. 1.10), виконайте завдання задачі (1) і визначите базовий елемент.

3. Розшифруйте умовні позначення сумарних допусків форми і розташування поверхонь деталі (рис. 1.11): визначте відхилення і допуски, що створюють задані сумарні відхилення і допуск; розміри нормованої ділянки; ступінь точності допуску.

4. Визначте допуски форми і розташування поверхонь:

- прямолінійності на довжині 100 мм, площинності й паралельності площини  $A$  відносно площини  $B$  (рис. 1.12, а);
- прямолінійності на довжині 100 мм, площинності й паралельності площини  $B$  відносно площини  $\Gamma$  (рис. 1.12, а);

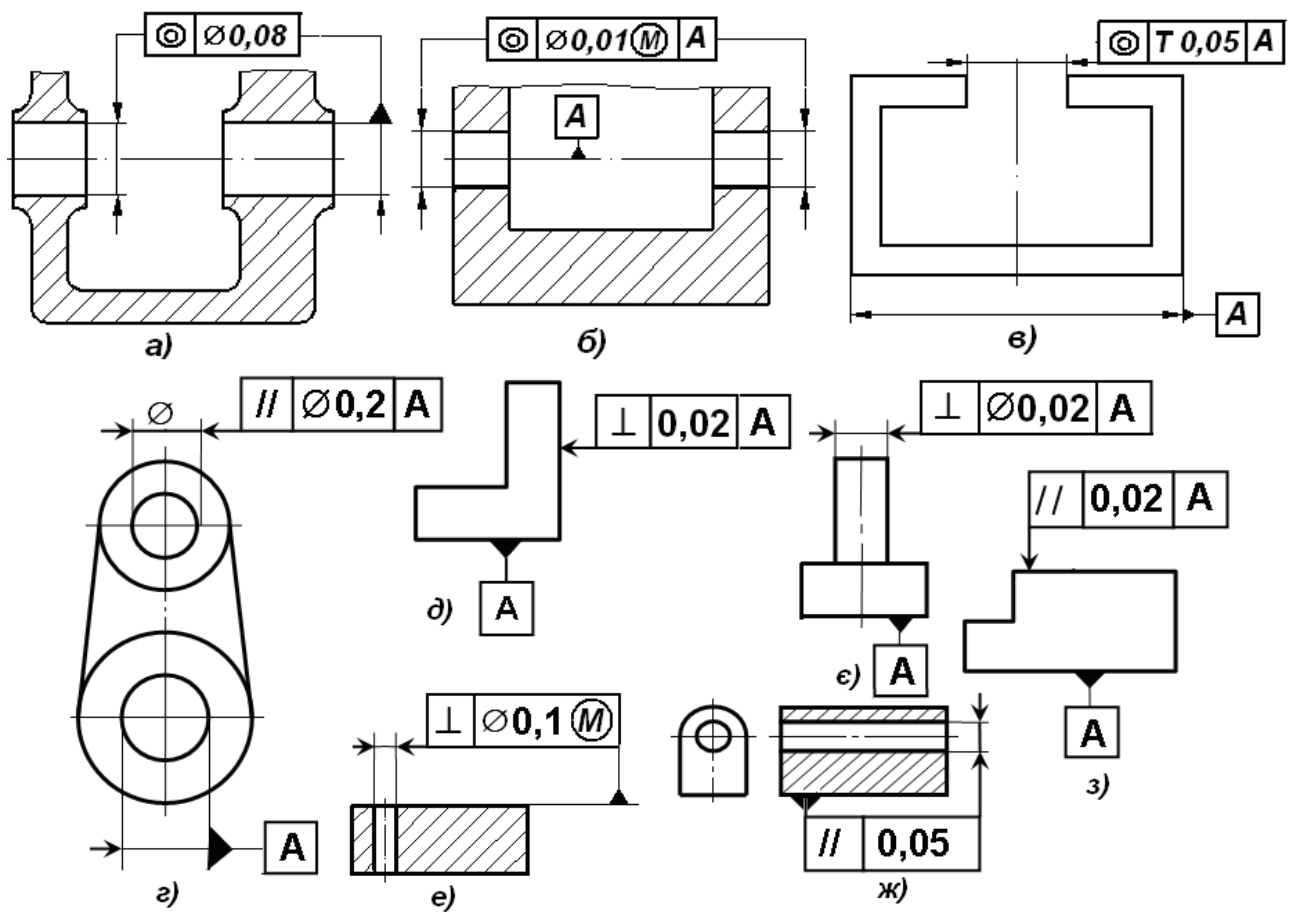
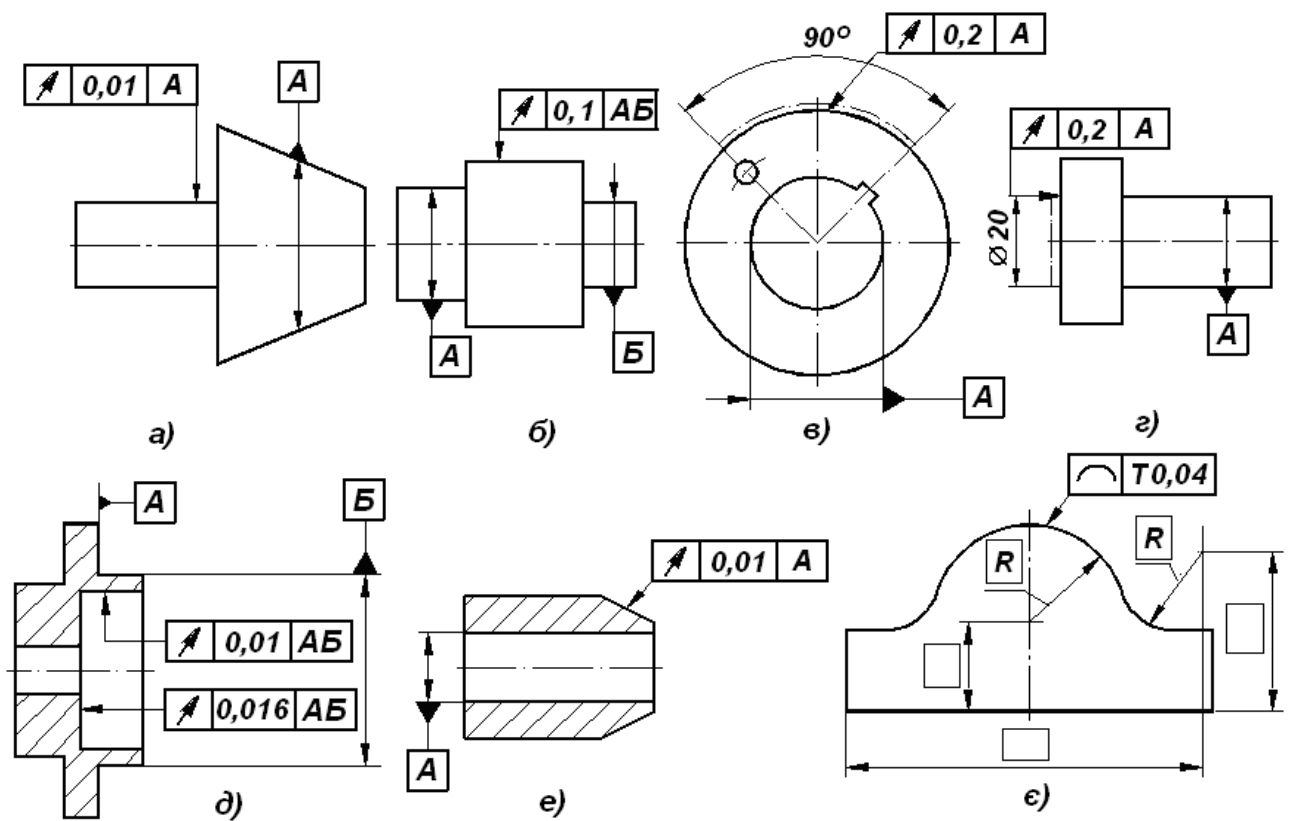


Рис. 1.10. Ескізи деталей до питання 2



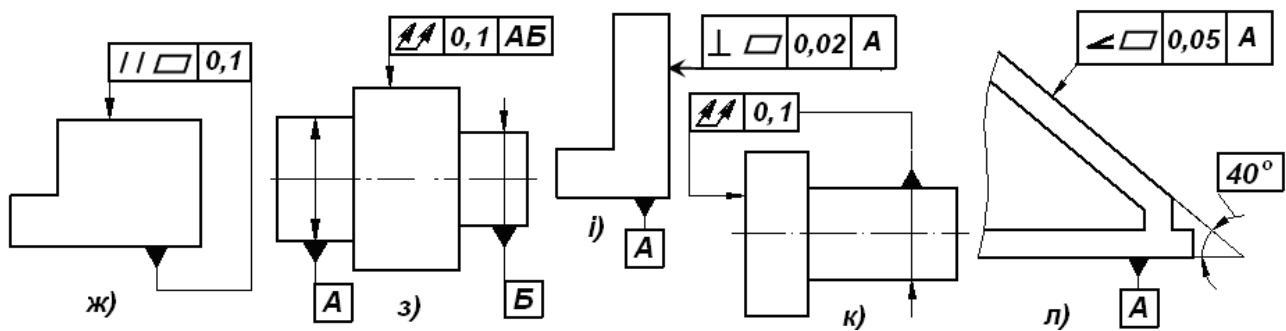


Рис. 1.11. Ескізи деталей до питання 3.

- перпендикулярності площини  $\Gamma$  щодо площини  $B$  відносно площини  $\Gamma$  і площини  $B$  відносно площини  $\Gamma$  (рис. 1.12, а);

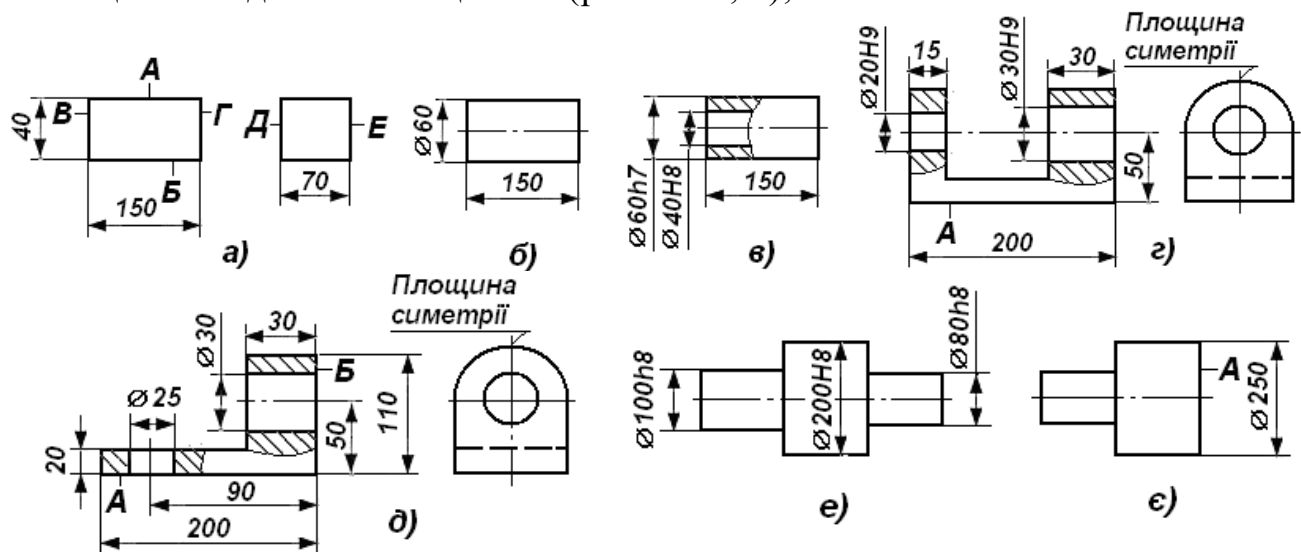


Рис. 1.12. Ескізи деталей до питання 4

- круглості, прямолінійності профілю поздовжнього перерізу і циліндричності циліндра (рис. 1.12, б);
- співвісності зовнішнього і внутрішнього циліндрів (рис. 1.12, в), допуск співвісності залежний;
- паралельності осі отворів і площини  $A$  (рис. 1.12, г);
- симетричності отворів щодо площини симетрії кронштейна (рис. 1.12, г), допуск симетричності залежний;
- співвісності отворів відносно загальної осі (рис. 1.12, г);
- співвісності отвору  $\varnothing 20$  щодо осі отворів  $\varnothing 30$  і отвору  $\varnothing 30$  відносно осі отвору  $\varnothing 20$  (рис. 1.12, г);
- перпендикулярності осей отворів  $\varnothing 20$  і  $\varnothing 30$  площинам  $A$  і  $B$  відповідно (рис. 1.12, д);
- перетину осей отворів  $\varnothing 20$  і  $\varnothing 30$  (рис. 1.12, д);
- симетричності осей отворів щодо площини симетрії кронштейна (рис. 1.12, д), допуск симетричності залежний;
- співвісності поверхонь  $\varnothing 100$  і  $\varnothing 80$  відносно поверхні вала  $\varnothing 200$  (рис. 1.12, е), допуски співвісності залежні;
- повного радіального биття поверхні  $\varnothing 200$  щодо загальної осі (рис. 1.12, е);
- повного радіального биття поверхні  $\varnothing 200$  відносно поверхонь  $\varnothing 100$  і

Ø80 (рис. 1.12, е), допуск повного радіального биття залежний;

- повного торцевого биття і торцевого биття поверхні А на радіусі, рівному 0,25 мм, від Ø250 мм щодо осі (рис. 1.12, е).

*Примітка. Допуски розташування визначати в діаметральному і радіусному виразах для випадків, передбачених ГОСТ 24642—81. Для даних випадків накресліть ескізи і дайте визначення полів допусків. Для розв'язування задач значення допусків форми і розташування поверхонь приймати за ступенем точності, що вказана викладачем.*

### **1.3. Шорсткість поверхонь**

#### **1.3.1. Контрольні питання**

1. Що називають шорсткістю поверхонь? Назвіть загальні умови застосування ГОСТ 2789-73.

2. Дайте визначення, наведіть необхідні ескізи і поясніть суть одного з таких поєднань термінів, що характеризують шорсткість поверхонь:

а) середня лінія профілю, базова довжина ( $l$ ); виступи, западини і нерівності профілю і поверхні; б) крок нерівностей за середньою лінією і за вершинами виступів і середньому кроці ( $S_{mi}$ ,  $S_i$ ,  $S_m$ ,  $S$ ); в) середній арифметичний відхил, висота нерівностей профілю за десятьма точками і найбільша висота нерівностей ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ); г) опорна і відносна довжина профілю, а також рівень перетину профілю ( $\eta_p$ ,  $t_p$ ,  $p$ ); д) види напрям нерівностей. Як забезпечується потрібний напрям нерівностей?

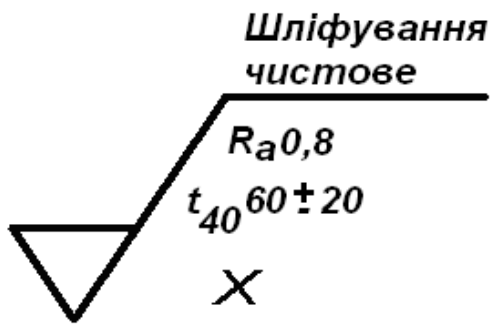
3. Якими загальними міркуваннями керуються за вибору параметрів шорсткості? Призначте параметри шорсткості і напрям нерівностей в одному з наступних випадків: а) поверхні працюють в умовах тертя і високої інтенсивності зношування; б) поверхні випробовують великі контактні напруження; в) на поверхні деталей діють змінні навантаження; г) поверхні нерухомих пресових з'єднань; д) поверхні герметичних з'єднань.

4. Виходячи з яких міркувань призначають значення параметрів шорсткості?

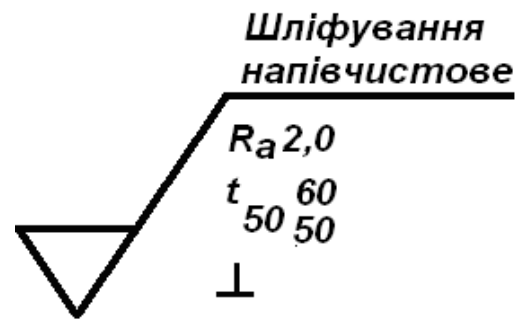
5. Що називають хвилястістю поверхонь і якими параметрами вона оцінюється?

#### **1.3.2. Задачі**

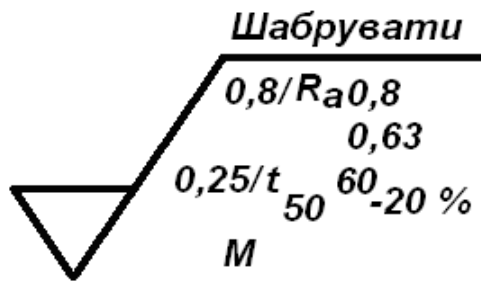
1. Розшифруйте умовне позначення шорсткості поверхонь (рис. 1.13). Вкажіть спосіб утворення поверхонь; напрям нерівностей і якими параметрами нормована шорсткість; яким способом задані значення параметрів шорсткості та їх граничні відхилення (номінальним, граничним значенням, діапазоном значень); довжину базової лінії; яким квалітетам, виду і методу обробки приблизно відповідають числові значення параметрів шорсткості поверхонь; яким умовам роботи деталі й її поверхонь відповідають намічені параметри шорсткості.



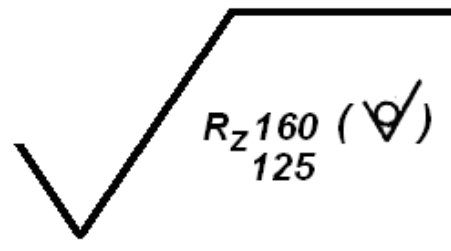
а)



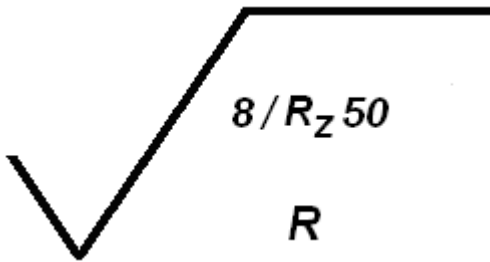
б)



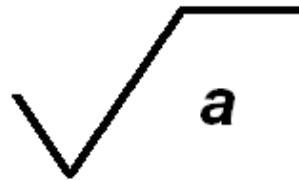
в)



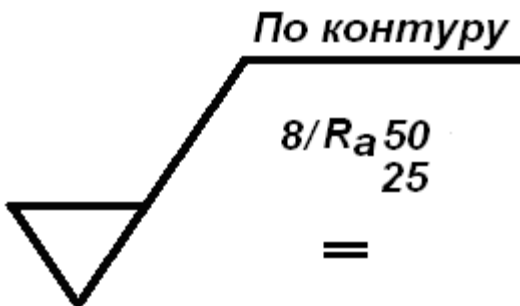
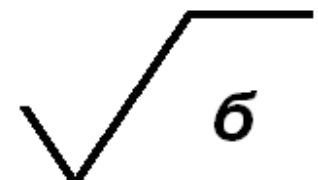
г)



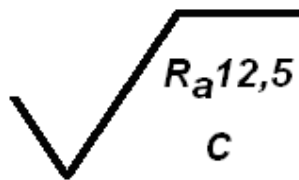
д)



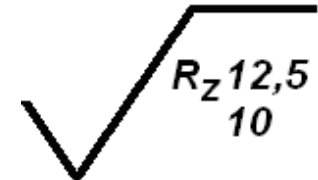
е)



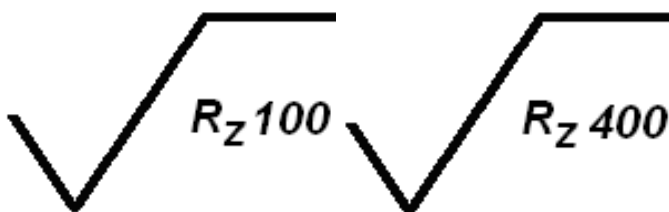
ж)



з)

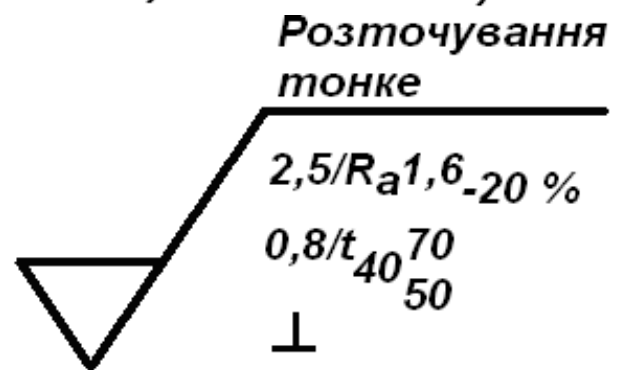


і)



к)

л)



м)

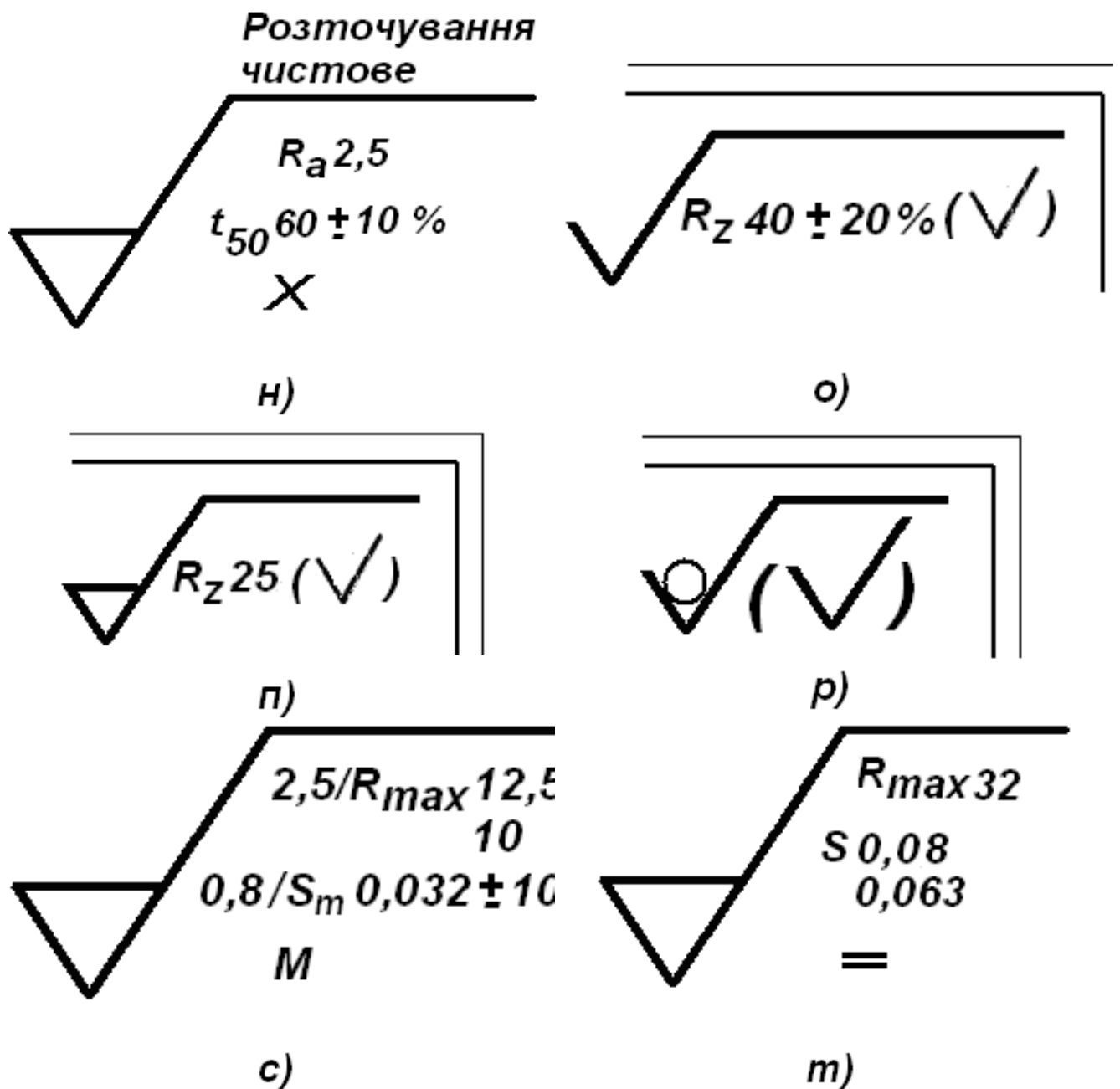


Рис. 1.13. Умовне позначення шорсткості поверхонь до задачі 1

12. Розшифруйте умовне позначення шорсткості поверхонь (рис. 1.14, а-л). Яким способом задані значення параметрів шорсткості і їх граничні відхили (номінальним, граничним значенням, діапазоном значень).

#### 1.4. Система допусків і посадок

##### 1.4.1. Контрольні питання

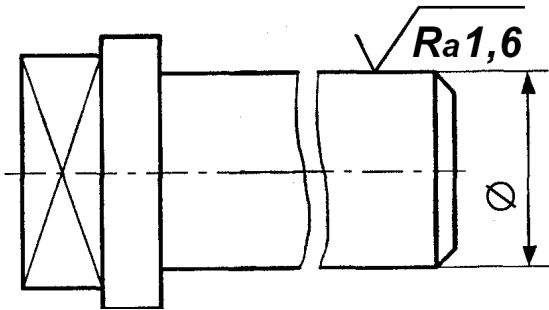
1. Що називається системою допусків і посадок? Принципи побудови системи допусків і посадок.

2. Поясніть поняття гранична асиметрична система. Основні особливості Єдиної системи допусків і посадок загальносоюзного стандарту.

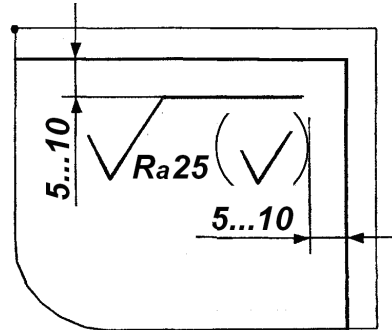
3. Який діапазон розмірів охоплює ЄСДП? Чому розміри, охоплюючи ЄСДП, підрозділяються на основні та проміжні інтервали?



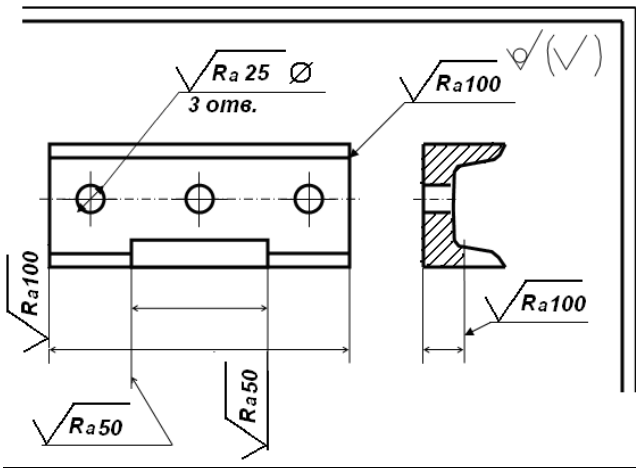
a)



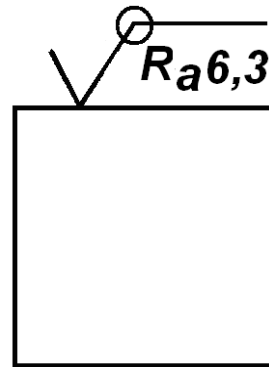
б)



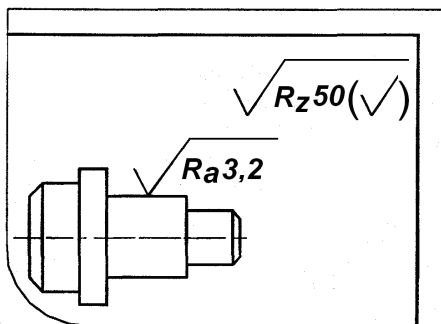
в)



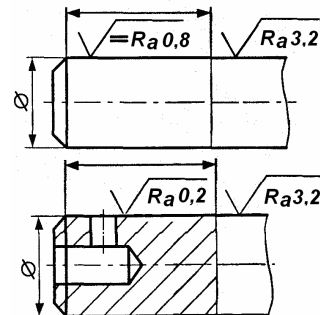
г)



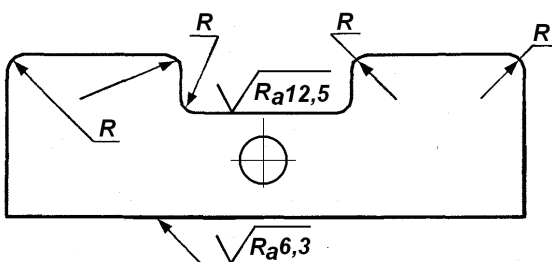
д)



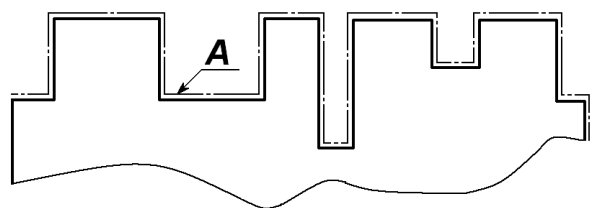
е)



ж)



з)



и)

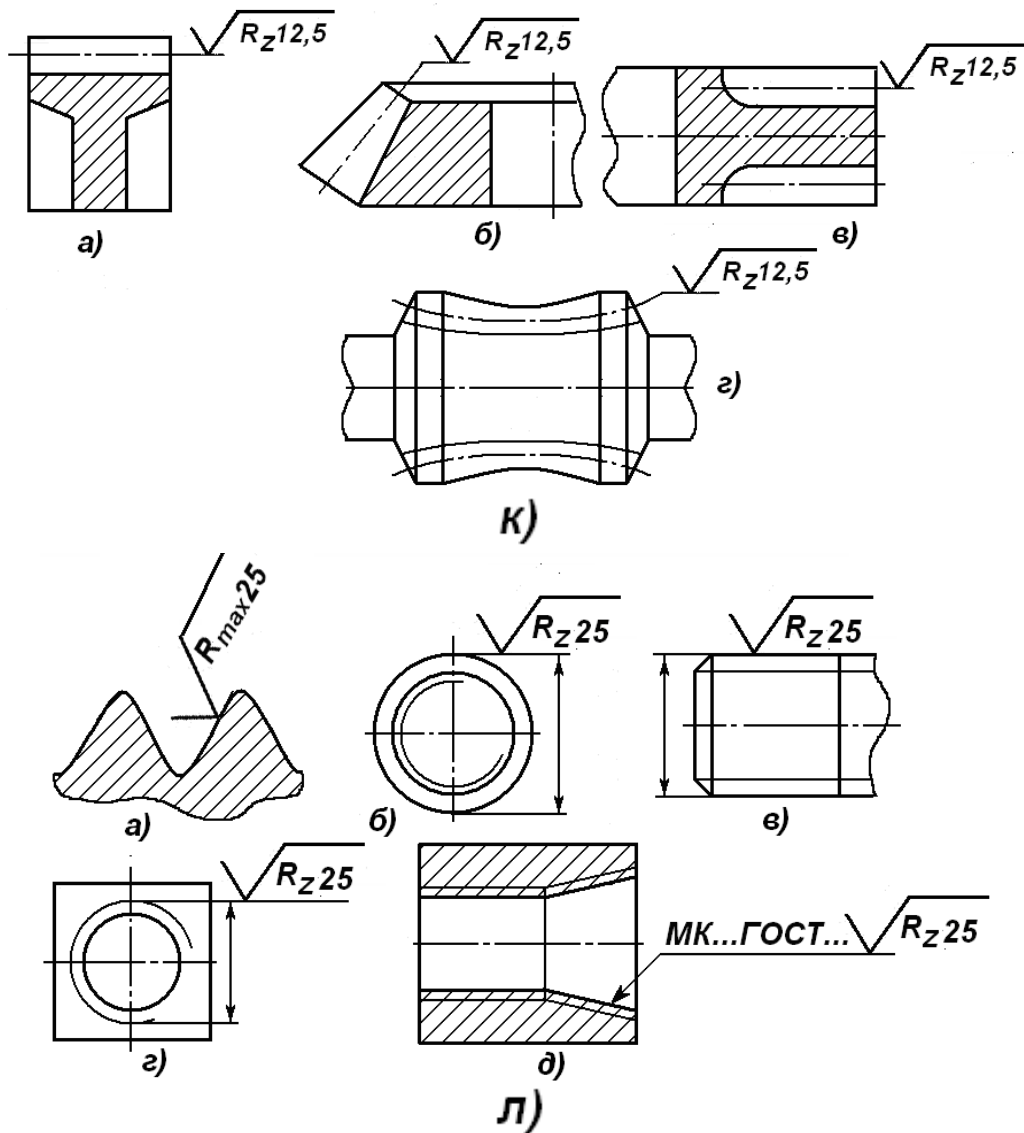


Рис. 1.14. Приклади позначення шорсткості поверхонь до задачі 2

4. Яка встановлена закономірність зміння основних і проміжних інтервалів?

5. Що характеризують одиниці допуску та як їх вираховують?

6. Що називають квалітетом ЄСДП і як їх позначають?

Розшифруйте такі умовні позначення: а) Т, ІТ, ТD, Td, ІТО, ІТ10; б) f7, F7, N6, m6, P10, p10.

7. Який зв'язок між основними відхилами валів і отворів в ЄСДП?

8. Як вираховують основні відхили отворів: а) за загальним правилом; б) за спеціальним правилом?

9. Чому в ЄСДП для практичного застосування відібрано обмежене число полів допусків?

10. Для яких полів допусків основні відхили не встановлені і для яких дорівнюють нулю?

11. Які поля допусків застосовуються для утворення посадок: а) з зазорами; б) з натягом; в) перехідних?

12. Які поля допусків в ЄСДП мають найбільші (за абсолютною величиною) основні відхили і в яких випадках їх застосовують?

13. Чим пояснити, що для малих розмірів (до 1 мм) для утворення посадок з натягом встановлено приблизно однакове число полів допусків неосновних валів і отворів?

14. Як утворюються посадки в ЄСДП? Які встановлено групи посадок в названій системі?

15. Як позначаються посадки в ЄСДП?

16. Як визначити за умовним позначенням, до якої системи (отвору чи вала) відноситься посадка?

17. Розшифруйте такі позначення: а) M8, P6,  $S_{\min}$ ,  $N_{\max}$ ; б) TS, TN, TP; в) H8/h8, H8/f8, H7/f7; г) H7/s6, S7/k6.

18. В яких випадках і чому посадки з натягом утворюються сполученням полів допусків отворів і валів, що відносяться до різних, а які-до однакових квалітетів?

19. Як вирахувати граничні відхилення полів допусків отворів у посадках з натягом у системі вала?

20. Як вирахувати основні відхилення полів допуску отворів для посадки з натягом у системі вала, коли точність вала на два квалітети вище, ніж отвору?

21. Переведіть посадки: H7/H8, H8/h7; H8/d9, T7/h6; H9/e8, R7/h6; H8/s7, D9/h8; H7/g8, E8/h6; H5/js5, F8/h7; H6/h5, A10/h9; H7/k6, S7/h6; H9/f8, K7/h6; H7/t6, G7/h6; H6/r5, JS8/h7; H8/v7, P7/h6; H6/p5, E8/y8; H9/v8, V7/h6; H8/u7, N5/h4 із системи отвору в систему вала чи навпаки; накресліть схеми розташування полів допусків і розгляньте основні особливості чотирьох посадок.

22. Напишіть умовні позначення і накресліть схеми полів допусків посадок, що відносяться до однакових квалітетів у системі отвору: а) з зазорами, за порядком зменшення зазорів; б) з натягами, за порядком збільшення натягів; в) перехідних, у порядку зменшення зазорів. Ці ж посадки запишіть у системі вала.

23. Напишіть умовні позначення і накресліть схеми полів допусків і посадок у системі отвору: а) з однаковим  $S_{\min}$  і збільшувальними  $S_{\max}$ ; б) з однаковим  $N_{\min}$  і збільшувальними  $N_{\max}$ . Ці ж посадки запишіть у системі вала.

24. У яких посадках системи отвору і системи вала один граничний розмір дорівнює номінальному розміру з'єднання, а одне із граничних відхилів дорівнює допуску?

25. Чому граничні відхилення повинні призначатися на всі розміри, показані на кресленнях?

26. У яких випадках необхідно показувати умовні позначення і числові значення граничних відхилів?

27. Які розміри називають розмірами з невказаними допусками? Розгляньте правила, за якими призначають граничні відхилення на ці розміри.

28. Чому система отвору є переважаючою? В яких випадках застосовують систему вала?

29. Вкажіть, у яких з'єднаннях (рис. 1.15) слід застосовувати посадки у системі отвору, а в яких з'єднаннях – у системі вала.

*Примітка. Розглядати слід тільки ті з'єднання, для яких вказані номінальні розміри і позначені номери деталей. Для розв'язання задачі ознайомтеся з принципом дії заданої складальної одиниці:*

а) зубчасте колесо 1 встановлене на валу 5 нерухомо за допомогою наставного кільця 4 і втулки розпору 3, а зубчасте колесо 2 може переміщатися вздовж вала; навантаження - з невеликими поштовхами і частими реверсами;

б) у корпусі 3 на валу встановлений підшипник кочення, що закріплений кришкою 1 і регулювальним кільцем 2; навантаження невеликі, точність центрування висока;

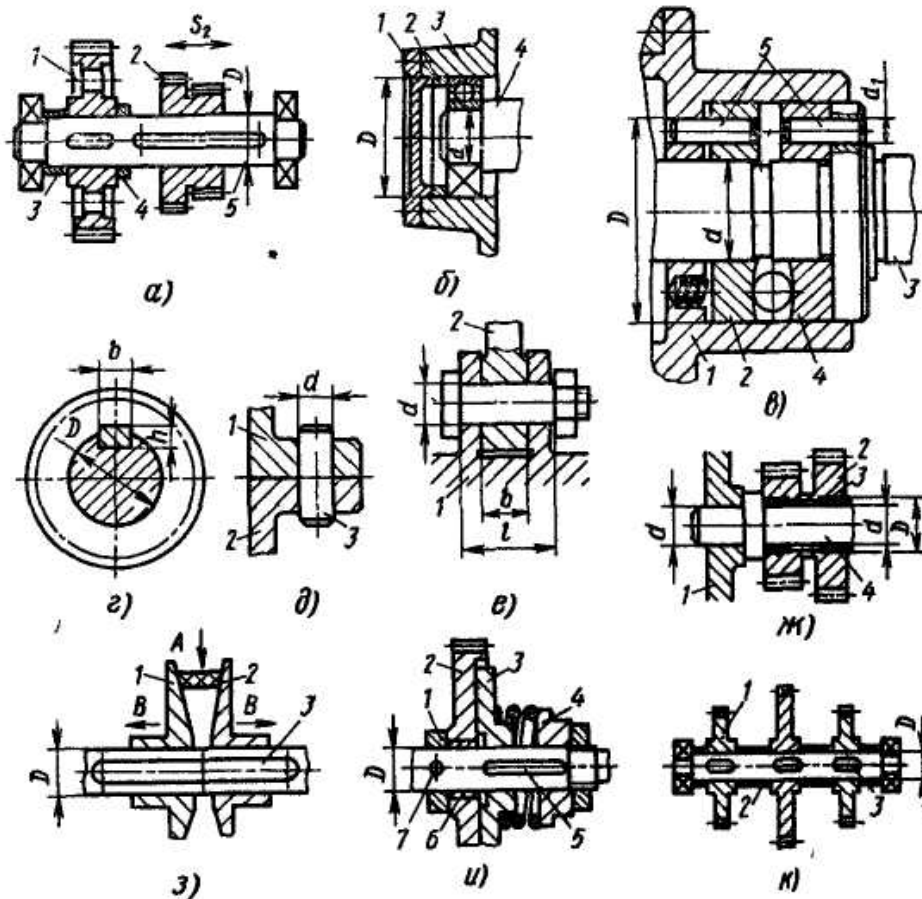


Рис. 1.15. Ескізи з'єднань до питання 2.29.

в) автоматичний натискувальний кульковий пристрій кульового варіатора; за роботи варіатора відбуваються невеликі взаємні осьові зсуви конічної чашки 1 (показана тільки частина чашки в зоні з'єднання з валом), вала 3, шайб 2 і 4. Штифти 5 нерухомо сполучені з гніздом чашки і фланцем вала, але повинні допускати осьові зсуви шайб; навантаження - середні із значними поштовхами; вказати системи посадок штифтів і деталей 1-4 за D, d і d<sub>1</sub>, включаючи з'єднання гнізда деталі 1 з фланцем вала 3;

г) нерухоме з'єднання зубчастого колеса, вала і шпонки; навантаження значні з ударами;

д) штифт 3 нерухомо сполучений з деталлю 2, забезпечує точну фіксацію і періодичне розбирання деталей 1 і 2; навантаження невеликі;

е) деталі 1 і 2 сполучені за допомогою болта; деталь 2 вільно повертається щодо деталі 1; навантаження невеликі, нерівномірні;

ж) у корпусі 1 на нерухомій осі 4 встановлені втулки 3 і зубчасті колеса 2; навантаження невеликі;

з) складальна одиниця клинопасового варіатора, за переміщення паса 2 до центру вала у напрямі стрілки А, конусні шківни 1 синхронно зміщуються уздовж вала у напрямку стрілок В; для переміщення паса від центру вала шківни синхронно зближують, навантаження середні, рівномірні, переміщення конусних шківнів часті;

и) дискова фрикційна муфта 1 (показана схематично) для передачі невеликих навантажень з перевантаженнями до 200 %: 1-наставне кільце; 2-зубчасте колесо; 3 - фрикційний диск; 4 - натискна втулка; 5 - шпонка; 6-втулка; 7-штифт;

к) на приладовому валу нерухомо встановлені зубчасті колеса 1 на шпонках 3 і розпирні втулки 2.

30. Якими загальними положеннями слід керуватися у виборі квалітетів?

31. У якій залежності знаходиться точність розміру і вартість обробки деталей? Чи потрібно за обробки деталей прагнути до найвищої точності?

32. Чи можна призначити допуски без урахування технологічних можливостей виготовлення і вимірювання деталей?

33. Розгляньте суть, переваги і недоліки підбору квалітетів методом аналогій.

34. У яких випадках для підбору квалітетів використовують розрахунковий метод?

35. Основні особливості, різновидності й умови використання посадок: а) з зазором; б) перехідних; в) з натягом.

36. Переваги розрахункового методу підбору посадок. Які основні параметри визначаються за підбору посадок із зазором і з натягом розрахунковим методом?

37. Які конструктивні параметри й умови роботи для стандартних посадок є нормальними?

38. Основні особливості побудови системи допусків і посадок для деталей із пластмас?

39. Які є рекомендації з питання щодо утворення посадок для з'єднання пластмасових деталей з пластмасовими або металевими?

### 1.4.2. Задачі

1. Обчислити допуски для заданих розмірів:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розмір, мм	2	5	8	12	20	40	60	90	150	200	300	360	450
і квалітетов:													
	Варіант			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Квалітети			1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
				6	7	8	9	11	12	13	14	15	16

Результати обчислень порівняти із стандартними допусками.

2. Накреслити ескіз з'єднання (рис. 1.16), а також охоплюючої і охоплюваної деталей цього з'єднання, на ескізах поставити номінальні розміри з граничними відхилами, наведеними в таблиці.

Варіант	Розмір		Граничні відхили, мкм			
	позначення	значення, мм	отвору		вала	
			<i>ES</i>	<i>EI</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>
а	B	120	+220	0	-180	-400
б	D	100	+159	+72	0	-54
в	H	50	+39	0	-50	-89
	B	75	+120	0	-100	-220
г	d	25	+21	0	-20	-41
	в	8	+98	+40	0	-36
д	D	80	+30	0	+21	+2
	L	110	+1040	0	-120	-260

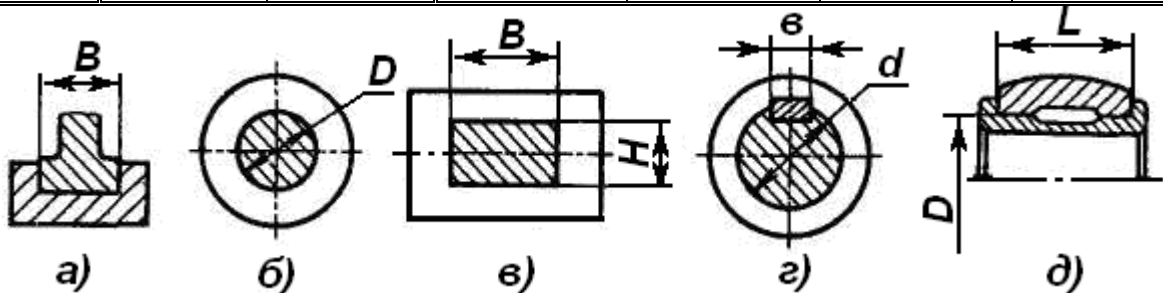


Рис. 1.16. З'єднання деталей

3. Дані посадки в системі отвору: 1.  $H7/g6$ ,  $H7/k6$ ,  $H7/r6$ ; 2.  $H7/h6$ ,  $H7/js6$ ,  $H7/s6$ ; 3.  $H6/g5$ ,  $H6/m5$ ,  $H6/p5$ ; 4.  $H8/f7$ ,  $H8/n7$ ,  $H8/s7$ ; 5.  $H8/e8$ ,  $H8/k7$ ,  $H8/u8$ ; 6.  $H6/js6$ ,  $H6/js5$ ,  $H6/r5$ ; 7.  $H5/g4$ ,  $H5/n4$ ,  $H5/s5$ ; 8.  $H7/c8$ ,  $H7/m6$ ,  $H7/u7$ ; 9.  $H9/d9$ ,  $H8/m7$ ,  $H8/x8$ ; 10.  $H6/h5$ ,  $H6/k5$ ,  $H7/t6$ .

Визначити групу і вид посадки. Перевести посадки в систему вала визначити, чи передбачені одержані посадки в ЕСДП; знайти граничні відхили і допуски; обчислити граничні розміри отворів і валів, граничні зазори натяг і допуски посадок; накреслити ескізи полів допусків посадок у масштабі; записати задані розміри з граничними відхиленнями. Номінальні розміри з'єднання наведено в задачі 1.

4. Дані посадки в системі вала: 1.  $D8/h6$ ,  $JS7/h6$ ,  $R7/h6$ ; 2.  $E8/h7$ ,  $K8/h7$ ,  $U8/h7$ ; 3.  $D8/h8$ ,  $JS8/h7$ ,  $N8/h7$ ; 4.  $F7/h6$ ,  $N7/h6$ ,  $T7/h6$ ; 5.  $G7/h6$ ,  $M7/h6$ ,  $S7/h6$ ; 6.  $G5/h4$ ,  $K5/h4$ ,  $P6/h5$ ; 7.  $H6/h6$ ,  $M6/h6$ ,  $P7/h6$ ; 8.  $F7/h5$ ,  $R6/h5$ ; 9.  $E9/h8$ ,  $N6/h5$ ,  $S6/h5$ .

Перевести задані посадки в систему отвору і виконати завдання, названі в задачі 4. Номінальні розміри з'єднання наведено в задачі 1.

5. Задане основний відхил вала. Обчислити основний відхил отвору; записати їх умовні позначення і накреслити ескізи полів допусків отвору і

вала.

Варіант	Діаметр вала, мм	Основний відхил вала, мкм	Квалітет	
			вала	отвору
1	2	-60	8	11
2	5	-30	10	8
3	8	-25	7	9
4	12	-16	6	6
5	25	-7	5	5
6	45	+2	7	7
7	65	+11	7	6
8	90	+23	6	8
9	150	+43	5	6
10	190	+77	6	7
11	280	+158	6	7
12	320	+268	6	7
13	420	+490	7	8
14	460	+68	6	7
15	220	+31	5	6

6. Дані посадки: 1. *H8/k8*; 2. *H9/k9*; 3. *H9/y10*; 4. *H9/x10*;

Перевести задані посадки в систему отвору і виконати завдання, названі в задачі 4. Номінальні розміри з'єднання наведено в задачі 1.

7. а) *H9/z10*; б) *H9/za10*; в) *H9/zb10*; г) *H10/zc10*;

д) *H10/d10*; е) *H11/k11*; ж) *H11/c11*.

Обчислити граничні відхили пластмасових деталей.

Номінальні розміри наведено в задачі 1.

### 1.4.3. Посадки з натягом

Розрахувати посадки з натягом за приведеними нижче даними.

Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з натягом

Варіант	d/d <sub>1</sub> , мм	d <sub>2</sub> , мм	l, мм	T, Нм
1	2	3	4	5
1	30/24	55	35	150
2	38/30	62	45	200
3	44/36	70	60	260
4	42/34	60	65	235
5	50/42	80	70	250
6	54/46	80	65	165
7	58/48	85	80	145
8	62/54	90	75	215

9	64/56	95	80	200
10	70/60	100	75	135
11	72/60	105	80	210
12	74/62	110	90	220
13	82/70	130	90	300
14	84/72	135	90	350
15	88/74	140	100	300
16	90/76	145	100	350
17	92/78	140	105	400
18	94/60	145	105	450
19	96/82	155	100	425
20	98/84	160	110	450
21	100/86	160	120	475
22	102/90	155	105	350
23	104/88	160	110	375
24	106/84	165	115	400
25	35/20	60	40	200
26	40/22	60	50	115
27	45/28	75	60	220
28	50/30	80	70	200
29	55/35	85	75	225
30	60/40	90	80	250
31	65/35	90	75	250
32	70/40	95	80	270
33	80/45	105	90	300
34	105/80	160	115	550
35	110/85	170	120	600
36	115/80	175	125	700
37	120/90	160	135	550
38	125/85	165	140	600
39	130/70	170	145	700
40	42/20	65	60	180

#### 1.4.4. Посадки з зазором

Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з зазором

Варі- ант	d/d <sub>1</sub> , мм	d <sub>2</sub> ,мм	l,мм	T,Нм	$\omega$ , р/с	p, Па·10 <sup>6</sup>	R <sub>zD</sub> , мкм	R <sub>zd</sub> , мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	44/22	70	65	200	90	0,48	6,3	3,2
2	46/18	75	65	220	90	0,50	3,2	3,2
3	48/20	80	70	240	85	0,52	3,2	1,6
4	50/22	85	70	260	85	0,54	1,6	1,6
5	52/24	85	75	170	85	0,46	1,6	1,6
6	54/26	85	80	180	80	0,48	1,6	0,8
7	58/30	90	90	250	80	0,26	3,2	1,6
8	60/40	90	90	260	75	0,27	3,2	1,6
9	62/36	95	95	270	70	0,28	1,6	0,8
10	64/32	90	85	110	65	0,35	1,6	0,8
11	66/34	90	85	115	60	0,38	1,6	1,6
12	68/32	90	85	120	55	0,47	1,6	0,8
13	70/35	100	90	125	55	0,46	1,6	0,8
14	72/32	100	95	130	60	0,50	1,6	0,8
15	74/30	110	100	200	45	0,30	3,2	1,6
16	76/28	115	105	210	45	0,45	1,6	0,8
17	78/40	195	90	210	60	0,32	1,6	0,8
18	80/36	110	95	220	55	0,38	3,2	1,6
19	82/38	125	90	270	60	0,43	3,2	1,6
20	84/40	130	95	280	65	0,45	1,6	1,6
21	86/42	130	90	290	55	0,40	1,6	0,8
22	88/36	135	95	300	55	0,46	1,6	0,8
23	90/46	140	100	400	60	0,53	1,6	1,6
24	92/42	145	100	410	60	0,55	1,6	0,8
25	100/60	170	130	250	55	0,63	12,5	6,3
26	102/58	170	130	255	60	0,64	6,3	3,2
27	108/52	175	135	270	35	0,67	1,6	1,6
28	112/60	180	150	280	30	0,69	3,2	1,6
29	116/55	155	160	220	40	0,71	6,3	6,3
30	122/60	160	165	235	35	0,74	3,2	1,6
31	126/54	170	175	245	30	0,76	1,6	0,8
32	130/40	180	185	255	25	0,78	1,6	0,8

### 1.4.5. Посадки перехідні

Вихідні дані для розрахунку і вибору перехідних посадок  
(посадки зубчастих коліс і шківів на вихідні кінці валів)

Вари-ант	d, мм	l, мм	F <sub>r</sub> , мкм	k	Вари-ант	d, мм	l, мм	F <sub>r</sub> , мкм	k
1	55	35	10	3	16	145	100	40	5
2	62	45	15	4	17	170	130	50	4
3	70	60	20	5	18	170	130	60	3
4	60	65	25	5	19	175	135	70	3
5	80	70	30	4	20	180	150	80	4
6	80	65	35	3	21	155	160	90	5
7	85	80	40	3	22	160	165	100	5
8	90	75	45	4	23	170	175	110	4
9	95	80	50	5	24	180	185	120	3
10	100	75	60	5	25	190	185	130	3
11	105	80	70	4	26	200	195	140	4
12	110	90	80	3	27	210	205	150	5
13	130	90	90	3	28	215	210	160	3
14	135	90	100	4	29	220	215	170	4
15	140	100	105	5	30	230	220	180	5

### 1.5. Підшипники кочення

#### 1.5.1. Контрольні питання

1. Якими показниками характеризується роботоздатність підшипників і якими способами її забезпечують?
2. Які класи точності встановлено для підшипників кочення? Наведіть коротку характеристику цих класів.
3. Назвіть області застосування підшипників кочення окремих класів точності. Чи вигідно застосовувати підшипники високих класів точності?
4. Викладіть основні правила умовних позначень підшипників кочення. Наведіть приклад.
5. Покажіть на ескізі підшипника кочення основні розміри, за якими підшипники сполучені з валами і корпусами, а також елементи, від точності яких залежить точність підшипників.
6. З яких причин кільця підшипників кочення можуть мати овальність, і за додержання яких умов вона допустима?
7. Розгляньте основні особливості системи допусків і посадок для єднання кілець підшипників кочення: а) з валами; б) з отворами; в) з отворами в корпусах.
8. Як розташовується поле допуску посадочної поверхні внутрішнього кільця підшипника? Чому прийнято таке розташування вказаного поля допуску?

9. Які зазори і натяги необхідні й допустимі для з'єднання кілець підшипників кочення з валами і корпусами: відносно великі чи відносно малі?

10. Чому до точності форми і шорсткості поверхонь валів і корпусів у місцях сполучення з кільцями підшипників кочення ставлять завищені вимоги?

11. Чому прийнятий спосіб утворення посадок за зовнішнім і внутрішнім діаметрами забезпечує скорочення номенклатури підшипників кочення?

12. Викладіть правила показання граничних відхилів і посадок за внутрішніми і зовнішніми кільцями підшипників.

13. Для яких умов встановлено поля допусків посадочних місць валів і корпусів для сполучення з підшипниками кочення. Чи можливе застосування цих полів допусків, якщо дійсні умови відрізняються від початкових?

14. Які основні фактори враховують за вибору посадок для сполучення підшипників кочення з валами і корпусами?

15. Чому за вибору посадок для сполучення кілець підшипників необхідно враховувати вид навантаження кілець?

16. Накресліть епюри розподілу навантаження між тілами кочення підшипників і розгляньте умови навантаження доріжок кочення і кілець підшипника.

17. Дайте визначення, характеристику і назвіть умови виникнення одного із видів навантаження кілець підшипників: а)місцевого; б)циркуляційного; в)коливального.

18. Які фактори визначають рухомість чи нерухомість кілець підшипників кочення?

19. Що враховують і які посадки назначають для кілець підшипників кочення: а)що випробовують місцеве и циркуляційне навантаження; б)нерухомих і що обертаються?

20. Який радіальний зазор у підшипниках кочення називають початковим, посадочним і робочим?

21. Чому в робочому підшипнику потрібний зазор? Яким способом забезпечується радіальний зазор?

22. Розгляньте методику вибору посадок для кілець підшипників кочення, що випробовують циркуляційне навантаження.

### 1.5.2. Задачі

1. Посадочний розмір (див. задачу 2) циркуляційно навантаженого кільця підшипника класу точності 0 або 6, поле допуску посадочної поверхні вала або корпуса:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Поле допуску	k5	m5	n5	k6	m6	n6	p6	r6	r7	M6	K6	M6	N6	K7	M7

Розрахувати посадочний зазор в підшипнику.

2. Визначити придатність кілець підшипників класу точності 0 або 6 за результатами вимірювання посадочних поверхонь діаметрів внутрішнього  $d_i$

зовнішнього D кілець.

Варіант	Діаметри внутрішніх d і зовнішніх D кілець, мм					
	d	D	d <sub>найб</sub>	d <sub>найм</sub>	D <sub>найб</sub>	D <sub>найм</sub>
1	5	16	5,002	4,998	16,001	15,990
2	15	35	14,990	14,988	35,002	34,992
3	20	47	19,996	19,987	47,008	46,995
4	35	72	35,001	34,990	72,000	71,985
5	60	110	59,997	59,	109,999	109,987
6	90	160	90,004	89,985	160,007	159,988
7	130	230	130,007	129,980	230,003	229,972
8	160	290	160,001	159,970	290,009	289,968
9	220	400	220,0056	219,976	400,011	399,961
10	30	62	29,998	29,991	62,001	61,994
11	100	215	100,005	99,989	215,002	214,980
12	75	130	74,998	74,981	130,004	129,971
13	110	240	109,990	109,975	240,009	239,957
14	260	360	260,001	259,664	360,002	359,961

*Примітка: Індексом найб і найм позначені найбільший і найменший вимірювані діаметри підшипників.*

3. Даний підшипник класу точності 0 або 6; поле допуску посадочної поверхні вала або корпусу:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Поле допуску	JS6	K6	K7	N6	M7	M6	g6	k7	h8	js6	K6	m6	n6

діаметр з'єднання:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Діаметр, мм:	$\frac{5}{d}$	$\frac{15}{d}$	$\frac{20}{d}$	$\frac{35}{d}$	$\frac{60}{d}$	$\frac{90}{d}$	$\frac{-}{d}$	$\frac{-}{d}$	$\frac{-}{d}$	$\frac{-}{d}$	$\frac{-}{d}$	$\frac{-}{d}$	$\frac{-}{d}$
	$\frac{-}{D}$	$\frac{-}{D}$	$\frac{-}{D}$	$\frac{-}{D}$	$\frac{-}{D}$	$\frac{-}{D}$	$\frac{16}{D}$	$\frac{22}{D}$	$\frac{42}{D}$	$\frac{62}{D}$	$\frac{95}{D}$	$\frac{140}{D}$	$\frac{200}{D}$

*Примітка: в чисельнику значення внутрішнього діаметра, в знаменнику-зовнішнього*

4. Для підшипника класу точності 0 або 6 задано тип підшипника і умови його роботи:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Поле допуску	35	303	306	309	414	417	221	200	2322	2311	7315	7219	7320

Підібрати поле допусків для сполучення кілець підшипника з валом і корпусом; накреслити схеми полів допусків; обчислити граничні й середні зазори (натяги); дати характеристики отриманих посадок, порівняв їх з аналогічними посадками ЄСДП; порахувати посадочні зазори; призначити точність форми і шорсткість сполучених поверхонь валів і корпусів; накреслити

ескізи підшипникової складальної одиниці, вала і корпусу в зоні сполучення з кільцями підшипників; позначити на ескізах поля допусків, точність форми і шорсткість поверхонь.

4. Підібрати поле допуску для циркуляційно навантажених кілець підшипника, накреслити поля допусків отриманої посадки. підрахувати зазори і натяги.

Вариант	Тип підшипника	Радіальна реакція, R, Н	Характер навантаження	Циркуляційно навантажене кільце	$d_{отв}/d$ або $D/D_{корп}$
1	Радіальний або радіально-упорний	4000	Ударний, перевантаження 300 %	Внутрішнє	Вал суцільного перерізу
2		6000			
3		8000			
4		10000	Спокійна з помірними поштовхами, перевантаження до 150 %	Зовнішнє	0,40
5		12000			
6		14000			
7		16000			
8		18000			
9	Радіально-упорні, кулькові або конічні роликові ( $\beta = 14^\circ$ )	11000		Внутрішнє	Корпус товстостінний
10		13000			
11		15000			
12		17000			
13		19000			
14			Ударний, перевантаження до 300 %	Зовнішнє	0,40
15					
16					

*Примітка. Діаметр посадочної поверхні циркуляційно навантаженого кільця вказаний в задачі 2; клас точності підшипника 0 або 6.*

## 1.6. Нарізні з'єднання

### 1.6.1. Контрольні питання

1. Дайте коротку характеристику основних типів стандартних нарізей. Бажано вказати номери стандартів.

2. Які нарізи і чому застосовують у нерухомих і рухомих нарізних з'єднаннях?

3. Назвіть переваги і недоліки нарізних з'єднань.

4. Накресліть ескізи з'єднань з нарізною: а) метричною; б) трапецеїдальною; в) упорною.

5. Наведіть визначення і необхідні формули, що пояснюють вплив на згвинчування і працездатність нарізі для параметрів: а)  $d, D, d_2, D_2, d_1, D$ ;

б)  $P, P_h$ ; в)  $H, H_1, H_2$ ; г)  $\alpha, \beta, \gamma$ ; д) кут підйому витка нарізі; е)  $D, D_2, D_4$  і  $d, d_2, d_3$ .

6. Які вимоги ставлять до нарізних з'єднань?

7. Як впливає на працездатність нарізних з'єднань точність нарізі? Якими мірами вона забезпечується?

8. Вплив форми западин зовнішньої і внутрішньої нарізі на працездатність нарізних деталей.

9. На працездатність яких нарізей і за яких умов роботи форма западини нарізі має більший вплив?

10. Які види посадок застосовують у нарізних з'єднаннях?

11. Від точності і співвідношення розмірів яких елементів нарізі залежить характер і якість нарізних посадок?

12. Накресліть ескіз полів допусків за профілем зовнішньої і внутрішньої нарізі і позначте на ньому граничні розміри, відхили і допуски.

13. Чому згвинчуваність нарізі забезпечується обмеженням похибок їх середніх діаметрів?

14. Що називається похибкою кута нарізі? Розгляньте види і причини цих похибок.

15. Що називається діаметральною компенсацією кута нарізі  $f_p$ ? Яким шляхом установлюється зв'язок між  $f_p$  і  $\Delta P_z$ ? Основні положення виводу рівняння для обчислення  $f_p$  нарізі: а) метричної; б) дюймової; в) трапецеїдальної; д) упорної.

16. Що називається діаметральною компенсацією похибки половини кута профілю нарізі  $f_\alpha$ ?

17. Основні положення виводу формули, що встановлює зв'язок між  $f_\alpha$  і  $\Delta(\alpha/2)$  для метричних нарізей.

18. Як визначають похибку половини кута профілю нарізі з симетричним і несиметричним профілем за обчислення  $f_\alpha$ ?

19. Що називають похибкою власне середнього діаметра  $d_2$  і  $D_2$ ?

20. Чому дорівнює і як розташоване поле сумарного допуску середнього діаметра нарізі: а) зовнішньої; б) внутрішньої?

21. В яких випадках нормують сумарний допуск за  $d_2, D_2$  і окремо його складові?

22. Який діаметр нарізі називають зведеним середнім діаметром і для яких цілей введено це поняття? Пояснить структуру формул для обчислення зведених  $d_2$  і  $D_2$ .

23. Коли точність нарізі визначають за  $d_{2ze}$  і  $D_{2ze}$ ?

24. Чому зведені середні діаметри повинні задовольняти таким умовам:  $d_{2ze} \leq d_2$  і  $D_{2ze} > D_2$ ?

25. Особливості системи допусків і посадок для таких нарізних з'єднань: а) метричні нарізі, посадки з зазором  $S_{min} > 0$ ; б) метричні нарізі, посадки з

зазором  $S_{min} = 0$ ; в) метричні нарізи, перехідні посадки; г) метричні нарізи, посадки з натягом; д) трапецеїдальні однозахідні нарізи; е) трапецеїдальні багато західні нарізи; ж) упорні нарізи.

26. Накресліть ескізи поздовжніх перерізів нарізи гвинта, нарізи гайки і їх з'єднання. На ескізах покажіть основні розміри, поля допусків за контуром нарізи, граничні відхили, розміри, зазори і натяги. Розгляньте одне із нарізних з'єднань, що вказані у питанні 25.

27. Накресліть схему розташування полів допусків за  $d_2$  і  $D_2$  одного із нарізних з'єднань, показаних у питанні 26.

28. Що називають довжиною згвинчування нарізного з'єднання? Чим вона характеризується і як впливає на характер і працездатність нарізного з'єднання?

29. Які встановлено, чим характеризуються і для яких цілей введені класи нарізних з'єднань?

30. Рекомендації, що відносяться до утворення посадок, приведених в одному із варіантів питання 25? Наведіть приклади позначення посадок.

31. За яких умов застосовуються посадки, про які йдеться в одному із варіантів питання 25? Наведіть приклади застосування і позначення посадок.

32. Які посадки в нарізних з'єднаннях відносяться до спеціальних? Назвіть умови їх застосування.

33. Назвіть принцип, переваги і недоліки селективного складання.

34. Чому для нарізних з'єднань з натягом застосовують селективне складання?

35. Особливості профілю нарізи і системи допусків і посадок для деталей із пластмас.

36. Правила позначення розмірів і допусків нарізи і нарізних з'єднань, вказаних у питанні 25.

37. Розшифруйте позначення розмірів і допусків нарізних з'єднань. Визначте посадку і номер стандарту на нарізь і допуски: напишіть окремо позначення зовнішньої і внутрішньої нарізи:

*a) M3 – 6G / 6d – 8; б) M4LH – 7G / 7g6g – 10; в) M8x2,5(P1,25) – 7H / 8h;*

*г) M14x1,5LH – 6H / 5g; д) M33x1,5 – 6G / 6e – 40; е) M48x3 – 4H5H / 5g – 50;*

*ж) M52LH – 5H / 5g6g; з) M56x4(P2)LH – 5H / 6g; і) M60 – 7H / 8g – 20;*

*к) M64 – 7H / 9g8g – 100; л) M10x1,25LH – 2H5D / 2r – 14;*

*м) M5 – 2H5D(2) / 3p – 27; н) M5 – 2H5D(2) / 3p(2);*

*о) M39x3 – 2H4C(3) / 2n(3) – 40; п) M42x3LH – 2H5C(2) / 3p(2) – 60;*

*р) M6 – 4H6H / 4jk – 8; с) M18x2LH – 4H6H / 4j – 27;*

*т) M22LH – 5H6H / 4j – 40; у) M45x3 – 5H6H / 4jh – 50.*

38. Виконати зазначене в питанні 37:

*a) Tr 10x2LH – 6e / 6H – 50; б) Tr 28x8 – 6g / 6H; в) Tr 36x6LH – 7e / 7H – 80;*

*г) Tr 52x8LH – 7g / 7H; д) Tr 60x8 – 8e / 8H – 150; е) Tr 80x10 – 8c / 8H;*

*є) Tr 90x5LH – 9c / 9H – 160; ж) Tr 48x16(P3) – 8c / 8H; з) Tr 12x9(P3) – 8c / 8H;*

*і) Tr 16x8(P2)LH – 9c / 9H – 12; ї) Tr 20x12(P4) – 10c / 9H – 63;*

к) *Tr 24x10(P5)–7e/7H*; л) *Tr 32x20(P10)–7g/8H–20*; м) *Tr 42x12–9c/9H*.  
 н) *Tr 50x6(P3)LH–8e/8H*; о) *Tr 55x24(P8)–7g/8H–40*; п) *Tr 60–9c/9H*.

Уточнити позначення нарізі.

39. За наведеними нижче даними складіть умовне позначення нарізі гвинта і гайки, їх посадки; вкажіть тип нарізі, номер стандарту, поєднання матеріалів, поля допусків за  $d, D_1, d_2, D_2$ .

Вариант	Номін. діаметр, мм	Шаг, P, мм	Кількість заходів	Поля допусків		Напрямок нарізі	Довжина згвинчування
				d, d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub>		
1	68	6	2	<b>5g6g</b>	<b>5H</b>	Права	30
2	76	3	1	<b>5h6h</b>	<b>5G</b>	Ліва	14
3	80	6	1	<b>6d</b>	<b>6G</b>	Права	90
4	90	4	3	<b>6g</b>	<b>6H</b>	Ліва	42
5	24	2	1	<b>6f</b>	<b>6G</b>	Права	25
6	36	4	1	<b>7h6h</b>	<b>7H</b>	Ліва	60
7	45	3	2	<b>7g6g</b>	<b>8H</b>	Права	40
8	14	1,5	1	<b>4jk</b>	<b>4H6H</b>	Ліва	15
9	20	2		<b>2m</b>	<b>3H6H</b>	Права	40
10	27	3		<b>4j</b>	<b>5H6H</b>	Ліва	36
11	42	4,5		<b>4jh</b>	<b>5H6H</b>	Права	45
12	5	0,5		<b>3m(3)</b>	<b>2H4D</b>	Ліва	6
13	8	1,25		<b>3p(2)</b>	<b>2H5D(2)</b>	Права	12
14	12	1,5		<b>2r</b>	<b>2H5C</b>	Ліва	20
15	16	2		<b>3n(3)</b>	<b>2H4C(3)</b>	Права	16
16	10	2		<b>8c</b>	<b>8H</b>	Ліва	15
17	20	4		<b>9c</b>	<b>9H</b>	Права	60
18	40	7		<b>8e</b>	<b>8H</b>	Ліва	90
19	60	8		<b>6g</b>	<b>6H</b>	Права	100
20	70	10		<b>6e</b>	<b>6H</b>	Ліва	40
21	16	4	2	<b>8e</b>	<b>8H</b>	Права	32
22	28	5	3	<b>9c</b>	<b>9H</b>	Ліва	70
23	40	6	2	<b>10c</b>	<b>9H</b>	Права	90
24	60	8	4	<b>7c</b>	<b>7H</b>	Ліва	60
25	90	12	1	<b>7g</b>	<b>7H</b>	Права	100

## 1.6.2. Задачі

1. Визначить допуски і граничні відхилення, розміри і зазори для посадок:  
*a) M4x0,5 – 6G / 6d; б) M5x0,5 – 7G / 8g; в) M8 – 8H / 9g8g; г) M10 – 6G / 6d;*  
*д) M12x1,5 – 4H / 4h; е) M20x02 – 4H / 4g; ж) M33 – 5G / 5h6h; з) M39 – 6H / 6e;*  
*і) M42x2 – 7H / 8h; к) M45x2 – 7G / 8g; л) M48x3 – 6H / 5h4h; м) M52 – 6G / 6h;*  
*н) M56x4 – 7G / 8h; о) M64x4 – 6H / 6p; п) M68 – 6H / 6h; р) M72x6 – 7H / 7e6e.*

Накресліть ескізи полів допусків за профілем і основними діаметрами нарізного з'єднання.

2. Визначить допуски і граничні відхилення, розміри і натяги для посадок:  
*a) M5 – 4H6H / 4jk; б) M8x1 – 3H6H / 2m; в) M18 – 4H6H / 4j;*  
*г) M30 – 5H6H / 4jk; д) M33x2 – 5H6H / 4j; е) M27 – 4H6H / 2m;*  
*ж) M16 – 5H6P / 4jk; з) M36 – 5H6H / 4jh; і) M5 – 2H5D / 2r;*  
*к) M6 – 2H5D / 2r; л) M8 – 2H4D / 3n(3); м) M10x1,5 – 2H5D / 2r;*  
*н) M12x1,25 – 2H5D / 3p(2); о) M14 – 2H5C / 2r; п) M18x1 – 4H / 2r;*  
*с) M22x2 – 2H5C(2) / 3p(2); т) M20 – 2H5C / 2r; у) M24 – 4H / 2r.*

Накресліть ескізи полів допусків за профілем і основними діаметрами нарізного з'єднання.

3. Визначить допуски, граничні відхилення, розміри і зазори для посадок:  
*a) S12x2 – 9AZ / 9h; б) Tr 20x2 – 7H / 7e; в) Tr 24x5 – 7H / 7g;*  
*г) Tr 28x8 – 8H / 8c; д) S32x10 – 8AZ / 8h; е) Tr 36x6 – 6H / 6e;*  
*ж) S40x10 – 7AS / 7h; з) Tr 44x7 – 7H / 8c; і) Tr 48x8 – 6H / 6B;*  
*к) S52x12 – 7AZ / 7h; л) S60x8 – 7AZ / 8c; м) Tr 70x4 – 8H / 7e;*  
*н) Tr 80x10 – 9H / 8c; о) Tr 90x5 – 8H / 7g; п) Tr 44x12 – 9H / 8e;*  
*р) S16x2 – 8AZ / 9h; с) S90x20 – 7AZ / 8c; т) Tr 65x16 – 7H / 7e.*

Накресліть ескізи полів допусків за профілем і основними діаметрами нарізного з'єднання.

4. Задані значення похибки кроку і половини кута профілю:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta P_{z,\delta}$	10	15	22	30	37	45	52	60	70	80
$\Delta(\alpha_{\delta} / 2)$	3	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\Delta P_{z,z}$	15	22	30	37	45	52	60	70	80	90
$\Delta(\alpha_z / 2)$	10	15	20	25	35	40	45	50	55	60

Тип нарізного з'єднання і посадки прийняти за варіантами задач 1 і 2.

Визначити, яку частину допуску за  $d_2$  і  $D$  можна використати для компенсації похибок власне середніх діаметрів нарізі за заданими похибками кроку  $\Delta P_{z,\delta}$  і  $\Delta P_{z,z}$  і половини кута профілю  $\Delta(\alpha_{\delta} / 2)$  і  $\Delta(\alpha_z / 2)$ . Накреслити ескіз полів допусків  $T_{d_2}$  і  $T_D$  та діаметральних компенсацій.

5. Задана нарізь болта та її поле допуску:

*a) M14x1,5 – 4g; б) M16x1,5 – 6d; в) M22x2 – 6e; г) M27x1,5 – 6f;*  
*д) M30x2 – 6h; е) M33x1,5 – 8h; ж) M36x2 – 4h; з) M42x3 – 8g;*

*i)M48 – 6g; κ)M52x3 – 5g6g.*

Похибки кроку  $\Delta P_{z,6}$  і половини кута профілю  $\Delta(\alpha_6 / 2)$  вказані в задачі 4. Вимірюваний середній діаметр  $d_{2\text{вум}} = d_{2\text{min}} + X \cdot T_{d_2}$ . Значення  $X$  вибрати за вказівкою викладача з ряду  $0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ . Визначити  $d_{236}$  і порівняти його з  $d_{2\text{max}}$  заданої різі.

6. Задана нарізь болта та її поле допуску:

*a)M14 – 5H; б)M16x1,5 – 6G; в)M22x1,5 – 4H; г)M27x2 – 7G;  
 д)M30x2 – 7H; е)M33x1,5 – 8H; ж)M36x2 – 5G; з)M42x3 – 8D;  
 і)M48 – 7G; κ)M52 – 6H.*

Похибки кроку  $\Delta P_{z,2}$  і половини кута профілю  $\Delta(\alpha_2 / 2)$  вказано в задачі 4. Вимірюваний середній діаметр  $D_{2\text{вум}} = D_{2\text{min}} - X \cdot TD_2$ . Значення  $X$  вибрати за вказівкою викладача з ряду  $0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ .

Визначити  $D_{236}$  і порівняти його з  $D_{2\text{min}}$  заданої нарізі.

7. Задано нарізне з'єднання з метричною нарізю.

Вариант	Позначення нарізі і посадка	Вимірні розміри нарізі, мм					
		болта			гайки		
		d	d <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	D	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>
1	<i>M10 – 5H / 5g6g</i>	9,884	8,913	8,307	10,085	9,118	8,531
2	<i>M12 – 4H / 3h4h</i>	11,883	10,813	10,051	12,092	10,936	10,248
3	<i>M24 – 5G / 5h6h</i>	23,751	20,859	20,694	24,097	21,240	21,075
4	<i>M27x2 – 6G / 6f</i>	26,760	25,509	24,776	27,118	25,892	25,123
5	<i>M36x3 – 6G / 6e</i>	35,647	33,829	32,672	36,086	34,274	33,143
6	<i>M39 – 6H / 6g</i>	38,629	36,184	34,528	39,104	36,603	35,143
7	<i>M42 – 6H / 6h</i>	41,652	38,923	37,051	42,128	39,287	37,576
8	<i>M45 – 6H / 6d</i>	44,481	41,821	39,957	45,150	42,287	40,576
9	<i>M48 – 7G / 8g</i>	47,430	44,408	42,486	48,180	45,107	43,258
10	<i>M52x3 – 7H / 8g</i>	51,527	49,827	48,612	52,257	50,287	49,172
11	<i>M56 – 5H / 4g</i>	55,691	52,239	49,923	56,097	52,614	50,446
12	<i>M50x4 – 4H5H / 4h</i>	59,815	57,293	53,608	60,078	57,536	55,987
13	<i>M64 – 7G / 7e6e</i>	63,418	59,872	57,397	64,164	60,500	58,172
14	<i>M68x3 – 8G / 9g8g</i>	67,557	65,741	64,609	68,082	66,279	65,334
15	<i>M64 – 7G / 7e6e</i>	71,625	69,128	67,621	72,125	69,669	68,170
16	<i>M76x6 – 6H / 5h4h</i>	75,762	71,935	69,342	76,168	72,353	70,039
17	<i>M80x6 – 7G / 7h6h</i>	79,517	75,849	73,226	76,206	76,423	74,172
18	<i>M85x4 – 6H / 8h</i>	84,460	82,153	80,597	84,254	82,735	81,303
19	<i>M90x4 – 6G / 6h</i>	89,518	85,917	83,350	90,186	86,433	84,118
20	<i>M80x4 – 4H5H / 4g</i>	79,783	77,245	75,590	80,109	77,536	76,024

Визначити граничні відхили і граничні розміри основних діаметрів нарізі болта і гайки ( $d, d_2, d_1, D, D_2, D_1$ ). Обчислити граничні зазори заданої

посадки. Накреслити поздовжній переріз нарізного з'єднання. За прийнятими значеннями вимірних розмірів основних діаметрів нарізі перевірити придатність болта і гайки за  $d$  і  $D$ ,  $d_1$  і  $D_1$ , а також обчислити зведені середні діаметри  $d_{2,36}$  і  $D_{2,36}$  (діаметральну компенсацію кроку  $f_p$  і половини кута профілю  $f_\alpha$  прийняти рівними половині невикористаної частини допуску середніх діаметрів нарізей).

8. Розрахувати (див питання 7) нарізне з'єднання з трапецеїдальною нарізкою.

Вариант	Позначення нарізі і посадка	Вимірні розміри різі, мм					
		болта			гайки		
		d	d <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	D	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>
1	<i>Tr 10x2 – 6H / 6e</i>	9,896	8,829	7,340	10,592	9,134	8,105
2	<i>Tr 12x3 – 6H / 6g</i>	11,858	10,342	8,349	12,617	10,649	9,158
3	<i>Tr 16x4 – 7H / 7e</i>	15,812	13,375	11,297	16,662	14,216	12,253
4	<i>Tr 24x8 – 7H / 8e</i>	32,757	22,208	20,226	24,635	22,701	21,198
5	<i>Tr 28x5 – 7H / 7g</i>	27,782	25,257	22,272	28,709	25,743	23,260
6	<i>Tr 32x6 – 8H / 8e</i>	31,750	28,592	24,676	33,226	29,365	26,241
7	<i>Tr 36x10 – 8H / 8c</i>	35,696	30,385	24,508	37,318	31,446	26,384
8	<i>Tr 40x7 – 8H / 8c</i>	39,715	36,076	31,563	41,271	36,889	33,286
9	<i>Tr 44x8 – 9H / 9c</i>	43,700	39,349	34,395	45,423	40,523	36,408
10	<i>Tr 48x12 – 6H / 7e</i>	47,613	41,524	34,496	49,291	42,337	36,538
11	<i>Tr 52x8 – 6H / 7g</i>	51,709	47,648	42,630	53,185	48,283	44,416
12	<i>Tr 60x12 – 6H / 8e</i>	59,740	55,014	49,509	61,249	55,800	51,381
13	<i>Tr 70x10 – 7H / 6g</i>	69,718	64,681	58,688	71,196	65,327	60,473
14	<i>Tr 80x16 – 7H / 6e</i>	79,584	71,527	61,519	82,254	72,476	64,637
15	<i>Tr 90x12 – 9H / 8e</i>	89,626	83,435	76,395	91,483	84,663	78,582
16	<i>Tr 10x2 – 9H / 9c</i>	9,990	8,693	7,278	10,605	9,181	8,125
17	<i>Tr 0x4 – 8H / 9c</i>	19,802	17,527	15,048	21,027	18,397	16,414
18	<i>Tr 80x10 – 8H / 7c</i>	79,663	74,567	68,583	81,127	75,267	70,219

## 1.7. Шпонкові і шліцьові з'єднання

### 1.7.1. Контрольні питання

1. Для яких цілей застосовують шпонкове і шліцьове з'єднання? Наведіть приклади застосування цих з'єднань.

2. Яким загальним вимогам повинні відповідати шпонкові й шліцьові з'єднання?

3. Які похибки впливають на точність, збирання і працездатність з'єднань: а) шпонкових; б) шліцьових прямобічних; в) шліцьових евольвентних?

4. Як впливають умови експлуатації на характер сполучення робочих поверхонь з'єднань: а) шпонкових; б) шліцьових?

5. Конструктивні й експлуатаційні особливості з'єднань зі шпонкою: а) призматичною; б) клинковою; в) сегментною; г) тангенціальною.

6. Розгляньте особливості системи допусків і посадок з'єднань зі шпонками: а) призматичними; б) клиновими; в) сегментними.

7. Напишіть умовні позначення посадок, які можна отримати із полів допусків, що встановлені: а) для призматичних шпонкових з'єднань, ГОСТ 23360-78; б) для з'єднань з сегментними шпонками, ГОСТ 24071-80. Накресліть ескізи приблизного розташування полів допусків, охарактеризуйте отримані посадки.

8. Утворить із полів допусків, що встановлені ГОСТ 23360-78 (ГОСТ 24071-80), посадки з найбільшими натягами і найбільшими зазорами.

9. Які посадки слід застосовувати для з'єднання з пазами вала і втулки: а) призматичної напрямної шпонки; б) призматичної ковзної шпонки; в) призматичної шпонки довжиною понад  $(1,5-2)l$  (з'єднання нерухоме).

10. Яку систему посадок (отвору або вала) прийнято для з'єднання призматичних (сегментних) шпонок за розміром  $b$  з пазами вала і втулки?

11. Які шліцьові з'єднання застосовують у машинобудуванні. Які з них найбільш перспективні, чому?

12. Конструкція і основні параметри шліцьових з'єднань: а) прямобічних; б) евольвентних.

13. Переваги, недоліки, застосування шліцьових з'єднань: а) прямобічних; б) евольвентних.

14. Особливості й існуючі способи центрування втулок на валах шліцьових з'єднань: а) прямобічних; б) евольвентних.

15. Яким мірами гарантується збирання шліцьових з'єднань і отримання потрібних посадок?

16. Що таке сумарна похибка шліцьових валів і втулок? Її відмінність від похибок окремих розмірів і параметрів шліцьових деталей.

17. Який шліцьовий контур (поверхня) називають реальним і номінальним? Яке практичне значення має цей контур (поверхня)?

18. Розгляньте системи допусків і посадок шліцьових з'єднань:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Центрування з'єднання:						
прямобічного	$D$	$d$	$b$			
евольвентного				$D_f$	$e, s$	$d_f$

19. Які поля допусків встановлені для нецентруючих діаметрів прямобічних шліцьових з'єднань за центрування за: а) бічних поверхнях шліців; б) зовнішньому або внутрішньому діаметру?

20. Які поля допусків встановлено для нецентруючих діаметрів евольвентних шліцьових з'єднань за центрування за: а) зовнішньому діаметру; б) внутрішньому діаметру; в) бічних поверхнях шліців?

21. Як впливає довжина сполучення на збирання і характер з'єднання шліцьових деталей?

22. Посадки якого характеру застосовують для нерухомих шліцьових з'єднань?

23. Яка основна особливість системи допусків і посадок евольвентних шліцьових з'єднань?

24. Які граничні відхилення встановлено на розміри  $e$  і  $s$  в евольвентних шліцьових з'єднаннях?

25. Які відхилення і допуски евольвентних шліцьових з'єднань називають сумарними і основними?

26. За якими джерелами приймають граничні відхилення і допуски для центруючих і нецентруючих поверхонь шліцьових з'єднань: прямобічних; евольвентних?

27. Які поля допусків застосовують за центрування по бічних поверхнях зубів у посадках: а) з зазором; б) з натягом?

28. Виведіть формули і розгляньте порядок обчислення граничних відхилів ширини западини  $e$  і товщини шліца  $s$  вала евольвентних шліцьових з'єднань.

29. Правила позначення допусків і посадок з'єднань (та їх деталей):

а) з призматичними шпонками; б) з клиновими шпонками; в) з сегментними шпонками; г) з прямобічними шліцями; б) з евольвентними шліцями.

30. Як здійснюють контроль: а) шпонкових пазів на валах і у втулках; б) валів і втулок з прямобічними шліцями; в) вала і втулок з евольвентними шліцями.

### 1.7.2. Задачі

1. Дано шліцьове з'єднання:

Варіант	З'єднання	Посадка	Центрування	Варіант	З'єднання	Посадка	Центрування
1	Прямобічне	Із зазором	$D$	7	Евольвентне	Із зазором	$s$
2			$d$	8			$D_a$
3			$b$	9			$D_f$
4		Перехідна	$D$	10		Перехідна	$s$
5			$d$	11			$D_a$
6			$b$	12			$D_f$
			13	Із натягом	$s$		

Для одного способу центрування накреслити ескізи поперечних розмірів западини втулки, шліца і шліцьового з'єднання. Вказати на ескізах поля допусків і позначити основні розміри. Написати формули для обчислення відповідних параметрів заданого з'єднання.

2. Дано умовне позначення евольвентного шліцьового з'єднання:

- $10 \times 0,5 \times 9H / 9g$  ГОСТ 6033 – 80;
- $20 \times H7 / g6 \times 0,8$  ГОСТ 6033 – 80;
- $25 \times 0,8 \times 9H / 8k$  ГОСТ 6033 – 80;
- $i38 \times 1,5 \times H7 / h6$  ГОСТ 6033 – 80;
- $48 \times H7 / h6 \times 2$  ГОСТ 6033 – 80;
- $52 \times 1,5 \times 9H / 7h$  ГОСТ 6033 – 80;
- $60 \times 2 \times 7H / 8k$  ГОСТ 6033 – 80;
- $i65 \times 2,5 \times H7 / n6$  ГОСТ 6033 – 80;
- $70 \times H7 / h6 \times 3$  ГОСТ 6033 – 80;
- $100 \times 3 \times 7H / 7n$  ГОСТ 6033 – 80;

11.  $i140 \times 5 \times H8/h6$  ГОСТ 6033 – 80; 12.  $160 \times 6 \times 7H/9r$  ГОСТ 6033 – 80;  
 13.  $120 \times H8/g6 \times 3,5$  ГОСТ 6033 – 80; 14.  $200 \times H7/js6 \times 6$  ГОСТ 6033 – 80;  
 15.  $180 \times 6 \times 7H/8p$  ГОСТ 6033 – 80.

Виконайте завдання, вказані у задачі 4.

3. Дано шпонкове з'єднання:

Варіанти	Умовне позначення	Вид з'єднання і призначення
1	Шпонка 12x8x56 ГОСТ 23360-78	Щільне
2	Шпонка 3-8x7x25 ГОСТ 23360-78	Вільне
3	Шпонка 2-2x3x15 ГОСТ 23360-78	Щільне
4	Шпонка 5x7,5 ГОСТ 24071-80 (D = 20 мм)	Нормальне, I
5	Шпонка 2x3,5 ГОСТ 24071-80 (D = 10 мм)	Нормальне, II
6	Шпонка 8x11 ГОСТ 24071-80 (D = 32 мм)	Щільне, I
7	Шпонка 4x6,5 ГОСТ 24071-80 (D = 14 мм)	Щільне, I
8	Шпонка 8x10 ГОСТ 24071-80 (40 мм)	Нормальне, II
19	Шпонка 14x9x70 ГОСТ 24068-80	-
10	Шпонка 3-20x12x95 ГОСТ 24068-80	-
11	Шпонка 2-16x10x80 ГОСТ 24068-80	-
12	Шпонка 3-6x6x24 ГОСТ 23360-78	Вільне
13	Шпонка 2-25x14x125 ГОСТ 23360-78	Щільне
14	Шпонка 32x18x160 ГОСТ 23360-78	Нормальне
15	Шпонка 18x11x100 ГОСТ 23360-78	Щільне

Розшифрувати умовне позначення шпонки і вибрати посадки для шпонкового з'єднання. Намітити номінальний діаметр з'єднання; знайти граничні відхили, обчислити граничні зазори і натяги. Накреслити схеми розташування полів допусків; надати ескізи поперечного перерізу з'єднання, шпонки, вала і втулки.

4. Наведені основні розміри і поля допусків деталей з евольвентними шліцями.

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модуль, мм	1	1	1	3	3	3	6	6	6
Діаметр ділильного кола, мм	30	60	120	30	60	120	30	60	120
Варіант	Поля допусків			Варіант	Поля допусків				
1	<b><i>7H, 9r, 8c, 7n</i></b>			3	<b><i>11H, 11a, 10d, 11c</i></b>				
2	<b><i>9H, 8f, 9g, 10d</i></b>			4	<b><i>7H, 7h, 8p, 9a</i></b>				

Визначити граничні відхили для заданих полів допусків і накреслити в масштабі схеми розташування полів допусків.

5. Дано умовне позначення прямобічного шліцьового з'єднання:

1.  $d - 6 \times 23H7 / f7 \times 26H12 / a11 \times 6F8 / js7$ ;
2.  $D - 10 \times 28H11 / \geq 24,4 \times 35H7 / n6 \times 4F8 / e8$ ;
3.  $b - 6 \times 26 \times 30 \times 6F10 / f8$ ; 4.  $d - 8 \times 36H7 / g6 \times 40 \times 7F8 / d8$ ;
5.  $b - 6 \times 28H11 \geq 26,7 \times 32H12 / a11 \times 7F8 / js7$ ;
6.  $D - 20 \times 82 \times 95H7 / h6 \times 6F8 / f8$ ; 7.  $b - 20 \times 92 \times 102 \times 7D9 / k7$ ;
8.  $d - 8 \times 32H7 / h6 \times 38 \times 6D9 / f7$ ; 9.  $d - 16 \times 72H7 / js6 \times 82 \times 7D9 / e8$ ;
10.  $b - 16 \times 56 \times 65 \times 5Js10 / d9$ ; 11.  $D - 6 \times 11 \times 14H7 / g6 \times 3D9 / f7$ ;
12.  $d - 20 \times 102H8 / e8 \times 115 \times 7D9 / d9$ ; 13.  $D - 8 \times 52 \times 60H8 / e8 \times 10D9 / d9$ ;
14.  $b - 8 \times 46 \times 54 \times 9F10 / e8$ ; 15.  $D - 8 \times 42 \times 46H8 / h7 \times 8F10 / 7$ .

Розшифруйте умовне позначення з'єднання, напишіть умовне позначення шліцьового вала і втулки; накресліть ескізи поперечних перерізів шліцьового з'єднання і складових його деталей; проставте на ескізах основні розміри з умовними позначеннями полів допусків. За вказівкою викладача розрахуйте задану посадку.

6. Для прямобічного шліцьового з'єднання складіть умовне позначення з'єднання, вала і втулки. Розрахуйте задану посадку.

Вариант	z x d x D	Поля допусків	Вариант	z x d x D	Поля допусків
Центрування за d			10	6 x 18 x 22	H7, f7; H8, f8
1	8 x 32 x 36	H6, g5; F8, f8	11	8 x 42 x 48	H7, h6; D9, e8
2	10 x 72 x 78	H7, h7; F8, f7	12	10 x 16 x 20	H8, e8; D9, d9
3	6 x 16 x 20	H7, h6; H8, h7	13	10 x 36 x 45	H7, g6; F8, e8
4	6 x 28 x 34	H7, js6; D9, h9	14	16 x 62 x 72	H8, h7; F10, f7
5	8 x 62 x 72	H7, f7; H8, js7	Центрування за b		
6	10 x 23 x 29	H7, n6; D9, e8	15	8 x 52 x 58	F8, e8
7	10 x 46 x 56	H7, e8; D9, f9	16	6 x 13 x 16	D9, f8
Центрування за D			17	6 x 23 x 28	H8, js8
8	8 x 46 x 50	H7, js6; F8, h6	18	8 x 56 x 65	F9, k7
9	10 x 92 x 98	H7, h6; F8, e8	19	10 x 23 x 29	F10, f8
			20	10 x 42 x 52	F10, k7

7. Для евольвентного шліцьового з'єднання виконайте завдання, вказане в задачі 6.

Вариант	D	m	Поля допусків	Вариант	D	m	Поля допусків
Центрування за e і s				10	25	1,5	H8, h6
1	11	0,8	7H, 7h	11	150	4	H8, n6
2	12	2	9H, 9h	12	55	1	H7, h6

3	13	4	<b>9H, 8f</b>	13	90	2,5	<b>H7, h6</b>
4	14	6	<b>11H, 10d</b>	14	200	8	<b>H8, f7</b>
5	130	5	<b>9H, 9g</b>	Центрування за $D_f$ і $d_a$			
6	190	8	<b>9H, 8f</b>	15	12	0,6	<b>H7, g6</b>
7	170	6	<b>7H, 7h</b>	16	40	1,25	<b>H8, n6</b>
Центрування за $D_a$ і $d_f$				17	50	5	<b>17</b>
8	6	0,5	<b>H7, js6</b>	18	80	3	<b>H7, g7</b>
9	18	1	<b>H8, g6</b>	19	105	10	<b>H7, h7</b>
				20	100	8	<b>H8, h6</b>

8. Намітьте тип з'єднання і підберіть посадку. Прийміть номінальний розмір з'єднання. Визначить граничні відхили, допуски, граничні зазори і натяги. Накресліть схеми розташування полів допусків у масштабі й ескіз поперечного перерізу з'єднання. Складіть умовні позначення з'єднання і його деталей.

Варіант	Призначення з'єднання	З'єднання	Точність центрування	Навантаження
1	З'єднання рознімного шківів з валом	Нерухоме	Низька	Спокійні, в основному постійні за напрямом
2				Змінні, великі; реверси
3			З'єднання зубчастої зчпної муфти з валом редуктора	Нормальна
4	Знакозмінні великі			
5	Знакозмінні ударні			
6	З'єднання запобіжної зубчастої муфти з валом	Рухоме	Нормальна	Значні, змінні, з рідкими перевантаженнями
7				Так само, з частими перевантаженнями
8	З'єднання веденої зірочки привідного ланцюга тихохідної передачі з валом	Нерухоме	Низька	Великі ударні. Невеличкі, постійні за напрямом
9				
10	З'єднання зубчастого колеса з валом редуктора загального призначення	Нерухоме	Нормальна	Змінні, помірні
11		Рухоме		
12	З'єднання блоку шестірень швидкохідного ступеня коробки передач	Рухоме	Висока	Змінні, часті реверси

13	З'єднання шків пасової передачі з циліндричним валом електродвигуна	Нерухоме	Підвищена	Невеликі, змінні											
14	З'єднання веденого шків тихохідного ступеня приводу конвеєра	Нерухоме	Низька	Спокійні, значні без реверсів											
15	З'єднання конічної фрикційної запобіжної муфти з валом приводу	Рухоме	Висока	Значні, змінні, з частими перевантаженнями											
16	З'єднання пружної муфти з конічним валом електродвигуна	Нерухоме	Нормальна	Помірні сталі за значенням											
17	З'єднання зубчастих коліс з валами лебідки з ручним приводом	Нерухоме	Низька	Сталі за значенням, невеличкі, часті реверси											
Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	125	13	14	15
d(D), мм	6	10	16	20	25	32	42	48	52	60	72	85	95	110	120
<i>Примітка: Числові значення номінальних розмірів з'єднань можна приймати: для сегментних шпонок із варіантів 1 - 6 ; для прямобічних шліців - 3 - 11; для призматичних і клинових шпонок і евольвентних шліців - із всіх варіантів.</i>															

## 1.8. Розмірні ланцюги

### 1.8.1. Контрольні питання

1. Що називають розмірним ланцюгом? Для розв'язування яких задач використовують розрахунки розмірних ланцюгів?
2. Яке значення мають розрахунки розмірних ланцюгів у забезпеченні якості машино- і приладобудівної продукції?
3. Що називають ланкою розмірного ланцюга?
4. Поясніть суть і різницю: а) збільшувальних і зменшувальних ланок; б) замикальної і вихідної ланок; в) замикальної (вихідної) і складальних ланок.
5. Наведіть класифікацію і дайте характеристику окремих видів розмірних ланцюгів.
6. Які дві основні задачі трапляються за розрахунок розмірних ланцюгів? Особливості й області застосування цих задач.
7. Суть і принципова відмінність методів розрахунку розмірних ланцюгів на максимум-мінімум й імовірного.
8. Переваги, недоліки й область застосування методів розрахунку розмірних ланцюгів на максимум-мінімум й імовірного.
9. Напишіть основне рівняння розмірного ланцюга. На якому принципі воно засноване?
10. Розгляньте порядок складання схеми розмірного ланцюга.

11. Яке розташування полів допусків рекомендується для складових збільшувальних і зменшувальних ланок?

12. Які відхили повинні мати складові, збільшувальні й зменшувальні ланки, коли для замикальної ланки намічено розташування поля допуску:

- а) симетричне; б) однобічне з нижнім граничним відхилом рівним нулю;
- в) однобічне з верхнім граничним відхилом рівним нулю?

13. Розгляньте суть, переваги, недоліки й область застосування методів розрахунку розмірних ланцюгів способом: а) допусків одного квалітету; б) рівних допусків.

14. Розгляньте основні правила постановки розмірів на кресленнях, керуючись методами розрахунку розмірних ланцюгів.

15. Чи можна указувати на кресленнях величину і допуск замикального розміру?

16. Які розміри деталей і складальних одиниць слід приймати як замикальні розміри?

17. Розгляньте принцип найкоротшого розмірного ланцюга і вплив його на точність: а) замикального розміру; б) складових розмірів за заданого допуску вихідного ланцюга.

18. Які числові значення можуть мати номінальні величини замикальних і вихідних розмірів?

19. Якими способами можна підвищити точність замикального розміру, не завищуючи вартість виготовлення виробів?

20. Накресліть ескіз і розгляньте найпростіший розмірний ланцюг.

21. На якому принципі оснований імовірний метод розрахунку розмірних ланцюгів? Розгляньте суть цього методу на прикладі найпростішого розмірного ланцюга.

22. Як визначають за імовірного методу розрахунку розмірних ланцюгів граничні відхили і граничні розміри: а) замикальної ланки; б) складових ланок?

23. Яким способом забезпечують рівність суми допусків складових ланок допуску замикальної ланки при розрахунку розмірних ланцюгів на повну імовірність?

24. Якій умові має відповідати співвідношення допуску замикальної ланки і допусків складових ланок за розрахунку розмірних ланцюгів імовірним методом? Як забезпечують потрібне співвідношення між цими допусками?

25. Яку ланку називають замикальною і як визначають допуск цієї ланки за розрахунку розмірних ланцюгів: а) на максимум-мінімум; б) імовірним методом?

26. Висловити порядок проектного розрахунку розмірних ланцюгів: а) на повну взаємозамінність; б) за ймовірним методом.

27. Розгляньте суть, переваги, недоліки й область застосування однієї із таких різновидів розмірного аналізу: а) селективного складання; б) регулювання; в) припасування.

### 1.8.2. Задачі

1. За заданими розмірами і полями допусків складових ланок деталі (рис. 1.17) розрахувати замикальну ланку; за заданим допуском замикальної ланки розрахувати допуски складових ланок.

Найменування ланок	Вид розмірів	Поля допусків для варіантів					
		1	2	3	4	5	6
Складові	що охоплює	H6	H7	H8	H9	H10	H11
	що охоплюється	h6	h7	h8	h9	h10	h11
Замикальна	-	H9	H10	H11	H12	H13	H14

*Примітка: Знаки граничних відхилів для складових ланок рекомендується приймати такими, щоб поля допусків були спрямовані в тіло виробу або за методом обробки, тобто плюс для полів допусків охоплюючих розмірів, мінус - для охоплюваних розмірів. Можна на всі розміри призначати поля допусків JS (js) тих же квалітетів.*

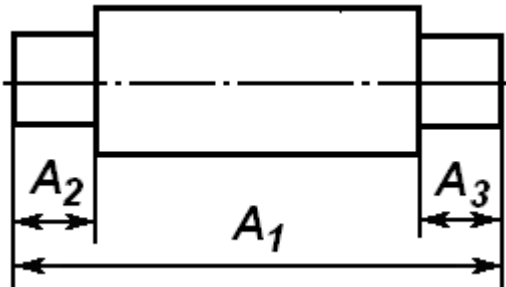


Рис. 1.17. Ескіз деталі до задачі 1.

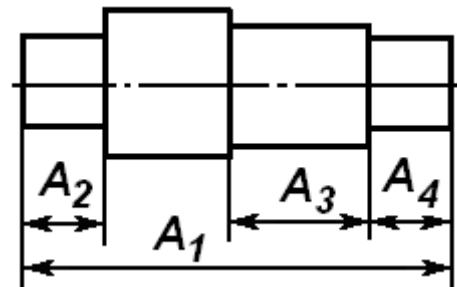


Рис. 1.18. Ескіз деталі до задачі 2.

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Складові ланки: $A_1$	10	12	20	32	693	85
$A_2$	2,5	2,8	3,2	4	6	6,5
$A_3$	3,2	3,5	4	4,5	7	10,5

*Вказівка. Правильність розрахунку перевірити за іншими формулами.*

2. Для деталі, що показана на рис. 1.18, розрахувати розмірний ланцюг, виконати умови задачі 1 (поля допусків див. у задачі 1).

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: $A_1$	40	60	100	140	200	280	360	450
$A_2$	6	6	10	15	20	30	40	60
$A_3$	20	32	53	70	100	140	200	260
$A_4$	8	10	12	20	35	50	60	90

3. Для деталі, що показана на рис. 1.19, розрахувати розмірні ланцюги  $A$  і  $B$  і виконати умови задачі 1.

Порівняйте результати розрахунку обох розмірних ланцюгів.

Вихідні дані:								
Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: $A_1$	50	70	100	140	210	280	360	460
$A_2 = A_5$	6	9	10	14	18	20	32	55
$A_3$	15	25	30	45	85	125	160	200
$A_4$	18	20	40	55	75	100	120	125

Поля допусків ланок вказано в задачі 1.

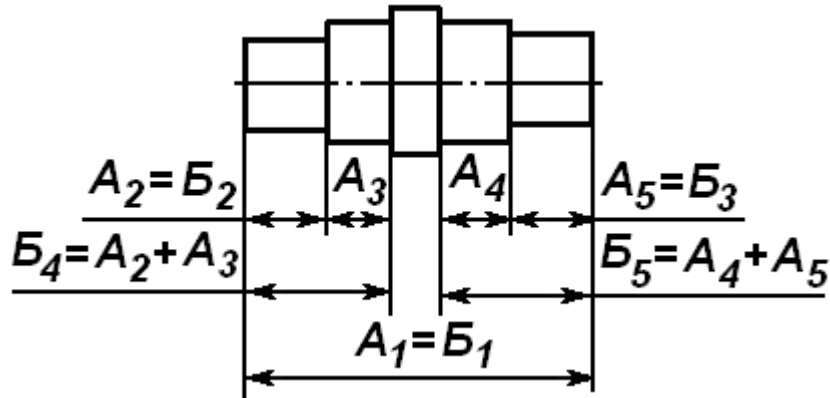


Рис. 1.19. Ескіз деталі до задачі 3.

4. Для деталі, що показана на рис. 1.20, розрахувати розмірні ланцюги  $A$  і  $B$  і виконати умови задачі 1.

Вихідні дані:								
Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: $A_1$	80	110	170	250	310	400	500	600
$A_2, JS14$	6	9	10	14	18	20	32	150
$A_3$	15	25	30	45	85	125	160	180
$A_4$	18	20	40	55	75	100	120	375
$A_5 = A_6$	25	32	53	82	95	120	150	180

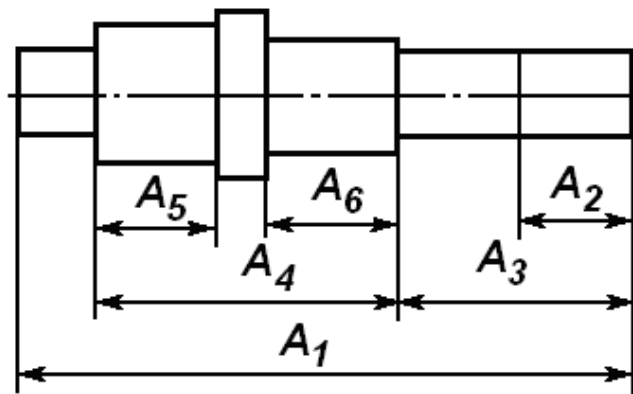


Рис. 1.20. Ескіз деталі до задачі 4.

Поля допусків ланок вказано в задачі 1.

5. Розрахувати ланку  $A_1$ , за якою перевіряється точність складової ланки  $A_2$  (рис. 1.21). Вимірювальна база - торець  $C$ . Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: $A_1$	30	45	70	120	160	240	300	400
$A_2$	8	12	20	32	55	90	100	125

Поля допусків ланок вказано в задачі 1.

*Вказівка.* Задача полягає у перерахунку баз. За умовами роботи деталі повинні бути витримані розміри, що вказані на кресленні. Обробку деталей і перевірку розмірів можна проводити тільки від однієї будь-якої бази, наприклад, від торця  $C$ . За такого порядку обробки і вимірювання розмір  $A_2$  (рис. 2.20), а також розміри  $A_2$  і  $A_3$  (рис. 1.21) в тих розмірних ланцюгах, що включають вимірювальні розміри  $B_j$ , фактично будуть замикальними: їх одержують у данному розмірному ланцюгу останніми; контролюють їх посереднім шляхом за розмірами  $B_j$ . Розв'язання задачі аналогічно прикладу 5. Допуски на ланки  $A_2$  слід призначати приблизно на один-два квалітети грубіше допусків, що прийняті на ланку  $A_1$ .

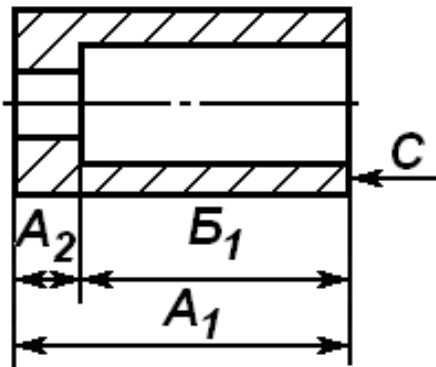


Рис. 1.21. Ескіз деталі до задачі 5.

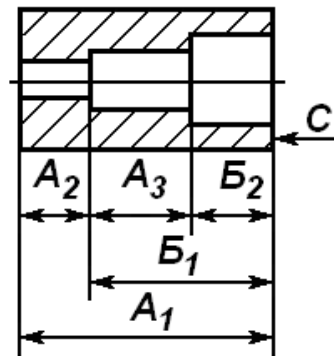


Рис. 1.22. Ескіз деталі до задачі 6.

6. Розрахувати ланки  $B_1$  і  $B_2$ , за якими перевіряється точність складових ланок  $A_2$  і  $A_3$  (рис. 1.22). Вимірювальна база – торець  $C$  (див. вказівку до задачі 5). Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: $A_1$	50	80	120	160	240	300	400	500
$A_2$	10	12	20	40	60	90	125	150
$A_3$	15	20	50	60	90	125	180	200

Поля допусків ланок вказано в задачі 1.

7. На скільки разів зміниться значення допуску замикальної ланки, обчислене імовірним методом, порівняно з допуском, порахованим методом максимуму-мінімуму, коли кількість ланок в розмірному ланцюгу:

а) 3; б) 5; в) 6; г) 7; д) 8; е) 9; є) 10; ж) 11?

*Вказівка.* Складальні ланки у кожному розмірному ланцюгу приблизно однакові. Розрахунок виконати способом допусків одного квалітету і способом рівних допусків. Для обох варіантів розрахунку намітити на складові ланки поля допусків 7–9 квалітетів, а на замикальну ланку - 10–12 квалітетів.

8. Розрахувати розмірний ланцюг складальної одиниці (рис. 1.23).

*Вказівка.* Поле допуску замикальної ланки вибрати із ряду: IT10, IT11, IT12. Задачу розв'язати двома способами: на максимум-мінімум і імовірним (див. вказівку до задачі 1).

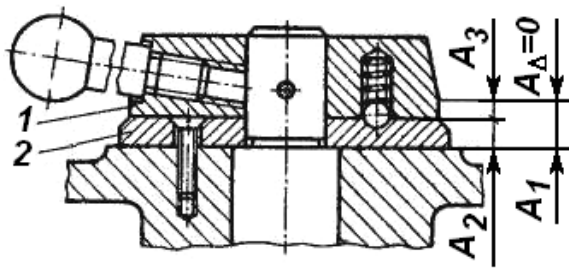


Рис. 1.23. Ескіз деталі до задачі 8.

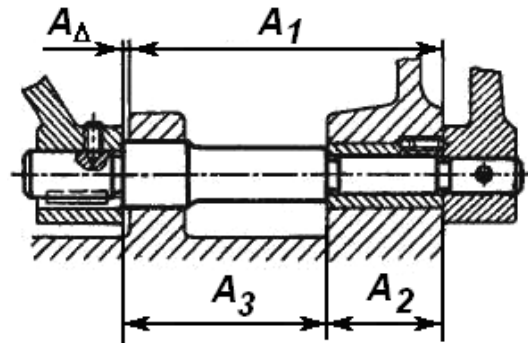


Рис. 1.24. Ескіз деталі до задачі 9.

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4
Складові ланки: $A_1$	12	14	20	22
$A_2$	6	6	10	12
$A_3$	6	8	10	12

9. Розрахувати розмірний ланцюг механізму, що вказаний на рис. 1.24 (див. вказівку до задачі 8). Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Складові ланки: $A_1$	29	46	20	90	125	160
$A_2$	9,5	12,5	20	28	36	52
$A_3$	20	34	56	63	90	110

10. Розрахувати розмірні ланцюги  $A$  і  $B$ , що вказані на рис. 1.25 (див. вказівку до задачі 8). Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Складові ланки: $A_1$	29	46	20	90	125	160
$A_2$	9,5	12,5	20	28	36	52
$A_3$	20	34	56	63	90	110
$B_1$	10	16	25	30	45	65
$B_2$	9,8	15,8	24,7	29,7	44,5	64,5

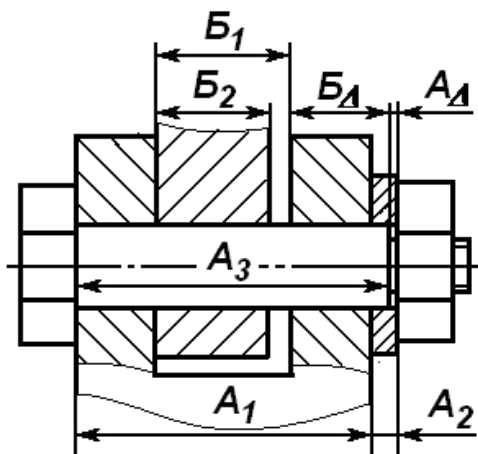


Рис. 1.25. Ескіз до задачі 10.

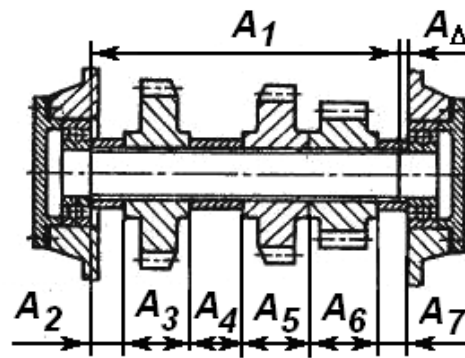


Рис. 1.26. Ескіз до задачі 11.

11. Розрахувати розмірний ланцюг проміжного вала, що поданий на рис. 1.26 (див. вказівку до задачі 8). Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Складові ланки: $A_1$	79,5	119	178	248	312	495
$A_2 = A_7$	7,5	14	20	32	22	40
$A_3 = A_5 = A_6$	15	20	32	52	82	125
$A_4$	20	32	44	30	25	45

## 1.9. Конічні з'єднання

### 1.9.1. Контрольні питання

1. Які встановлено одиниці вимірювання кутів? Назвіть відповідність між цими одиницями.
2. Наведіть приклади застосування: а) деталей, що мають кутові розміри; б) призматичних деталей; в) нерухомих конічних з'єднань; г) рухомих конічних з'єднань.
3. Переваги і недоліки конічних з'єднань.
4. Якими способами можна забезпечити взаємозамінність конічних з'єднань? Наведіть приклади застосування взаємозамінних конічних з'єднань.
5. Дайте визначення і позначення таких основних параметрів конусів і конічних з'єднань: а) основна і базова площина; б) діаметри зовнішніх і внутрішніх конусів; в) довжини конусів і конічних з'єднань; д) кути конусів і ухилу; е) конусність і ухил.
6. Якими параметрами характеризують основні параметри конічних з'єднань? Які параметри слід застосовувати для проектування конусів?
7. Який параметр конусів є основним і як він впливає на якість і працездатність конічного з'єднання?
8. Які кути називають незалежними і залежними?
9. Основні положення системи допусків кутів.
10. Як змінюються допуски кутів у кутових ( $AT_\alpha$ ) в лінійних ( $AT_h, AT_D$ ) одиницях зі збільшенням інтервалу довжини  $L$  і  $L_1$ ?
11. Які прийнято варіанти розташування полів допусків для кутових розмірів і конусів?

12. Виведіть формули для виразу допусків кутових розмірів і лінійних одиницях  $AT_h$  і  $AT_D$ .

13. Наведіть приклади застосування: а) ступенів точності кутів; б) нормальних конусностей.

14. Як впливають на базову відстань конічного з'єднання похибки: а) кутів конусів; б) діаметрів конусів?

15. Як впливають на якість конічного з'єднання відхилення форми конічних поверхонь?

16. Які встановлено допуски для конусів?

17. У яких випадках застосовують допуски  $T_D$  і  $T_{DS}$ ?

18. Розгляньте зв'язок між граничними відхиленнями діаметра конуса і його: а) граничними осьовими відхиленнями; б) граничними значеннями кінцевої базової відстані  $Z_{pf}$ .

19. Виведіть формулу для обчислення допусків осьових зміщень: а)  $T_z$ ; б)  $T_{zpf}$  через допуски діаметрів конусів

20. Що називають полем допуску конуса і які відхилення враховуються ним?

21. Як рекомендується розташовувати поля допусків сполучених конічних поверхонь: а) для зменшення допуску базової відстані; б) для покращення контакту конічних поверхонь; в) для посадок із зазором; г) для посадок із натягом; д) перехідних посадок?

22. Виведіть формулу для визначення допуску базової відстані конічних з'єднань для таких випадків: а) поля допусків обох конусів спрямовані в тіло виробу; б) поле допуску внутрішнього конуса спрямовано в отвір, а зовнішнього-в тіло; в) поле допуску внутрішнього конуса спрямовано в тіло, а зовнішнього-розташовано симетрично; г) поле допуску внутрішнього конуса спрямовано в тіло, а зовнішнього-розташовано вище його твірної; д) поле допуску внутрішнього конуса спрямовано в отвір, а зовнішнього-розташовано вище його твірної.

23. Способи осьової фіксації сполучених конусів.

24. Що враховують за вибору полів допусків конусів?

25. Виберіть ступінь точності для конічних поверхонь виробів:

а) конусні калібр-пробки і калібр-втулка; б) конічні центруючі кінець вала і отвору в маточині зубчастого колеса зубчастої передачі високої точності; в) конічні центруючі кінець вала і отвору в маточині зубчастого колеса зубчастої передачі підвищеної точності; г) не сполучені конічні поверхні; д) робочі поверхні виступів і западин кулачкових півмуфт; е) конічні центруючі штифти і отвори під них; є) робочі поверхні конусних фрикційних муфт; ж) цангові затискувачі;

26. Визначте конусність і ухил, які повинні мати деталі: а) конічні поверхні фрикційних муфт; б) конуси під набивку сальників; потайних головок болтів; в) конуси муфт граничного моменту; конуси кранів; г) закріпні втулки підшипників кочення, болти конічні; д) нерухомі з'єднання, що передають великі крутні моменти; е) конусні фрикційні муфти; є) з'єднувальні муфти валів; конічні штифти; ж) клинові шпонки; хвостовики калібрів-пробок; з) тангенці-

альні шпонки; фаски валів, осей, штифтів; і) цангові затискувачі, конічні оправки; л) конічні з'єднання деталей, що передають осьові навантаження.

### 1.9.2. Задачі

1. Визначити осьовий допуск конуса  $T_{zi}$ ,  $T_{ze}$  за заданим полем допуску його діаметра за вказівкою викладача поле допуску (H7/h7); конусність  $C = 1:50$ ;  $C = 1:20$ ;  $C = 1:10$  або  $1:5$ ; значення номінального діаметра  $D$  такі:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$D$ , мм	2	4	8	16	24	40	60	100	140	200	300	360	450
$Z_{pf}$ , мм	0,8	1,2	2	4	5	8	10	12	15	20	25	30	40

2. Дано конічну посадку: а)  $H6/g6$ ; б)  $H7/e7$ ; в)  $H8/f8$ ; г)  $H8/m7$ ; д)  $H9/js9$ ; е)  $H10/k9$ ; ж)  $H6/s6$ ; є)  $H5/g5$ ; ж)  $H7/n7$ ; з)  $H8/u8$ ,  $D$  і  $Z_{pf}$  (див. задачу 1), конусність (1:50). Фіксація конусів за заданим  $Z_{pf}$ . Визначити осьові відхилення конусів; граничні кінцеві базовідстані; діаметральні й осьові допуски конусів і конічної посадки. Накреслити ескіз конусів у сполученні з основними розмірами і полями допусків. Вказати умови, за яких може бути застосована задана посадка.

## 1.10. Зубчасті й черв'ячні передачі

### 1.10.1. Контрольні питання

1. Накреслите ескіз зубчастого зачеплення, вкажіть на ньому основні параметри і дайте найменування цих параметрів для однієї із передач: а) з циліндричними прямозубими колесами; б) з циліндричними косозубими колесами; в) з конічними зубчастими колесами; г) черв'ячної передачі з циліндричним черв'яком.

2. Складіть умовне позначення і наведіть визначення для таких груп параметрів зубчастих коліс: а) діаметри коло основної, початкової, ділильної, вершин і западин; б) кут основного торцевого коло, нормальний, осьовий за ділильною і початковою коло, а також кутовий крок; г) бокова поверхня і профіль зуба, контактна лінія і пляма контакту зубів; д) шестірня, колесо; міжосьова відстань, вимірювальна міжосьова відстань; е) профільна модифікація зуба й її види; є) товщина зуба колова, нормальна, за хордою, за сталюю хордою; висота за хордою зуба; загальна нормаль; ж) кут нахилу зуба; коефіцієнт торцевого і осьового перекриття; з) боковий зазор зубчастої передачі; нормальний, коловий, кутовий; і) кут зачеплення, кут профілю зуба; к) однопрофільне, двопрофільне, беззазорне зачеплення.

3. Як впливає на працездатність зубчастих передач точність зубчастих коліс і передач?

4. Ділення зубчастих передач за умовами роботи. Які точності вимоги являються основними для окремих видів передач?

5. Які норми і ступені точності встановлено в системі допусків для зубчастих циліндричних передач?

6. Які показники точності називають комплексними і по елементними? Вкажіть відмінності й умови застосування названих видів показників точності.

7. Основні правила утворення позначень показників точності.

8. Наведіть визначення і розгляньте суть таких норм: а) кінематичної точності; б) плавності; в) контакту зубів.

9. Що називають кінематичною похибкою зубчастого колеса і зубчастої передачі?

10. Які показники кінематичної точності зубчастих коліс і зубчастих передач є комплексними? Як визначають допуски цих показників?

11. Які причини викликають кінематичну похибку зубчастого колеса і зубчастої передачі? Якими мірами можна підвищити їх кінематичну точність?

12. Розгляньте такі показники норми кінематичної точності:

а) накопичена похибка кроків і накопичена похибка шагу по зубчастому колесі; б) радіальне биття зубчастого вінця і похибка обкату; в) коливання довжини загальної нормалі; г) коливання вимірювальної міжосьової відстані.

13. Показники плавності роботи передач ( $f_{zcor}$ ,  $f_{zkor}$  і  $f_{ior}$ ).

14. Розгляньте такі показники плавності роботи зубчастих коліс:

а) циклічна похибка і місцева кінематична похибка зубчастого колеса; б) відхил колового і основного кроку; в) коливання вимірювальної міжосьової відстані на одному зубі і похибка профілю зуба.

15. Якими мірами можна підвищити плавність роботи зубчастих коліс і передач? Які передачі (прямі чи косо зубі) і чому відрізняються більш плавною роботою?

16. Чому і в яких випадках форма і розміри плями контакту зубів впливають на працездатність зубчастих передач?

17. Комплексні показники повноти контакту зубів у передачі.

18. Які параметри впливають на повноту контакту зубів? Назвіть міри підвищення контакту зубів у передачі.

19. Які фактори враховують за вибору ступенів точності для зубчастих коліс і передач? Основні положення існуючих методів вибору ступенів точності.

20. Які переваги і обмеження має спосіб комбінування ступенів точності?

21. З яких причин потрібен і чи завжди необхідний боковий зазор у зачепленні зубів?

22. Що називають нормою бокового зазору? Якими параметрами характеризується і яким способом забезпечується боковий зазор у зачепленні зубчастих коліс?

23. Які встановлено види сполучень зубів? Який вид сполучення є основним?

24. Види допусків, що встановлені на боковий зазор.

25. Який зв'язок між видом сполучення, допуском бокового зазору і класом відхилення міжосьової відстані?

26. Якими вимогами повинен відповідати  $j_{nmin}$ ?

27. Що називають повним боковим зазором і яким вимогам він повинен задовольняти? Напишіть і поясніть формулу для розрахунку  $j_n$ .

28. Якими способами утворюють гарантований боковий зазор у зачепленні зубчастих передач?

29. Які норми точності є основними і визначаються за більш високими ступенями точності для зубчастих передач: а) ділільних механізмів верстатних пристосувань; б) редукторів загального призначення; в) редукторів вантажо-підйомних машин; г) коробок передач автомобілів; д) вимірювальних інструментів; е) диференціала заднього моста вантажних автомобілів; є) особливо прецизійних ділільних механізмів; ж) приводів транспортуючих машин.

30. Правила визначення точності зубчастих коліс і передач.

31. Для заданої передачі (див. питання 29) орієнтовно намітьте ступені точності за нормами точності, вид сполучення і вид допуску на боковий зазор. Складіть умовне позначення точності прийнятої передачі.

32. Розшифруйте такі визначення точності зубчастих передач:

а) 7-Е ГОСТ 1643-81; б) 8-7-7-С ГОСТ 1643-81; в) 8-7-6-Ав ГОСТ 1643-81; г) 6-5-5 D ГОСТ 1643-81; д) 9-А ГОСТ 1643-81; е) 4-Н ГОСТ 1643-81; ж) 7-6-6 Dc ГОСТ 1643-81; з) 8-Са ГОСТ 1643-81; і) 7-В/IV ГОСТ 1643-81; к) 5-5-N-Dc ГОСТ 1643-81; л) 7-С ГОСТ 1758-81; м) 8-7-6-В ГОСТ 1758-81; н) 9-8-8-Ае ГОСТ 1758-81; о) 7-8-9-Вс ГОСТ 1758-81; п) 9-6-7-100 ГОСТ 1758-81; р) 7-С ГОСТ 3675-81; с) 8-7-6-Ва ГОСТ 3675-81; т) 8-10-11-Ах ГОСТ 3675-81.

33. Основні особливості системи допусків: а) конічних і гіпоїдних зубчастих передач; б) черв'ячних циліндричних передач.

### 1.10.2. Задачі

1. Складіть умовне позначення циліндричної або конічної зубчастої передачі ( $m \geq 1$  мм). Поясніть складене позначення.

Вариант	Ступені точності за нормами			Вид		Клас відхилю $a_o$
	кінематичної точності	плавності роботи	контакту зубів	сполучення	допуску	
1	8	8	8	<b>D</b>	<b>d</b>	III
2	9	8	7	<b>C</b>	<b>d</b>	V
3	8	7	6	<b>A</b>	<b>a</b>	VIи
4	6	6	7	<b>H</b>	<b>h</b>	III
5	7	8	7	<b>B</b>	<b>b</b>	VI
6	10	9	10	<b>B</b>	<b>a</b>	VI
7	9	7	8	<b>A</b>	<b>b</b>	V
8	8		6	<b>C</b>	<b>d</b>	III
9	7		7	<b>E</b>	<b>h</b>	II
10	6		6	<b>D</b>	<b>c</b>	IV

2. Для прямозубого циліндричного зубчастого колеса визначити допуски і граничні відхилення комплексів і за елементними показниками точності:

$$F'_{ir}, F_{Pr}, F_{Pkr}, F_{cr}, F_{rr}, F_{cWr}, F''_{ir}, f_{fr}, f'_{ir}, f_{Pbr}, f_{tr}, f_{\beta r}; E_{Hs}, E_{Ws}, E_{cs}, E_{a''s}, E_{a''i}.$$

Напишіть найменування і позначення названих показників. Укажіть, за яких умов роботи дане зубчасте колесо може бути використано. Ступінь точності зубчастого колеса і вид сполучення вказані в задачі 1.

Варіант	Модуль, мм	Кількість зубів		Ширина колеса $b$	Варіант	Модуль, мм	Кількість зубів		Ширина колеса $b$
		$z_2$	$z_1$				$z_2$	$z_1$	
1	1,5	26	16	0,25 $a_\omega$	10	5	45	20	0,25 $a_\omega$
2	4	32			11	8	50		
3	7	48			12	12	70		
4	11	60			13	3	32	18	
5	3,5	34			14	5,5	60	20	
6	6	40			15	16	80		
7	10	60			16	1,75	50	25	
8	14	80			17	4,5	75	30	
9	2,5	30			18	9	105	35	

3. Для прямозубої циліндричної передачі задано експлуатаційні параметри (див. таблицю нижче). Розміри передачі прийняти за даними задачі 2.

Підібрати вид сполучення, вид допуску і клас відхилення міжосьової відстані. Обчислити кути вільного обертання зубчастих коліс.

Варіант	Частота обертання, об/хв.	Матеріал		Температура нагрівання, °С	
		зубчастого колеса	корпуса	зубчастого колеса	корпуса
1	750	Сталь	Сталь	50	20
2	1000			58	30
3в	1500			65	40
4	3000		Чавун	72	45
5	750			80	0
6	1000			25	-10
7	1500			20	-20
8	3000		Силумін	45	-25
9	1500			52	-30
10	1000			60	-40

4. Задано умови роботи, показники точності зубчастої циліндричної передачі.

Призначити ступені точності, вид сполучення, вид допуску і клас відхилення  $a_\omega$ . Визначити допуски і граничні відхилення комплексних і поелементних показників точності зубчастих коліс, передачі, обґрунтувати показники точності. Вказати, які показники точності було б краще застосовувати в даному разі; накреслити ескізи, пояснити принцип дії конструкції вимірювальних приладів та їх основних складальних одиниць, що слід використовувати для контролю заданої зубчастої передачі та її зубчастих коліс.

Варіант	Умови роботи
1	Редуктор турбін, швидкості високі.
2	Високі швидкості: потрібна висока плавність і безшумність роботи, реверси.
3	Редуктори загального призначення.
4	Зубчасті колеса сільськогосподарських машин невідповідальних складальних одиниць.
5	Зубчасті колеса вантажопідйомних механізмів, невисокі швидкості.
6	Зубчасті колеса механізмів подачі металорізальних верстатів
7	Особливо точні передачі відлікових пристроїв.
8	Швидкісні редуктори, що працюють за підвищених потужностей і помірних швидкостей.
9	Вимірювальні колеса для контролю зубчастих коліс 6-го ступеня точності.
10	Зубчасті колеса вантажних лебідок з ручним приводом.

Інші показники наведено в задачах 2 і 3.

Варіант	Показники точності за нормами			Показник бокового зазору
	кінематичної точності	плавності роботи	контакту зубів	
1	$F'_{ir}$	$f_{ar}$	$F_{br}$	$E_{Hs}$
2	$F_{cr}, F_{rr}$	$f_{pbr}, f_{fr}$	$F_{kr}$	$E_{Ws}$
3	$F_{vwr}$	$f_{pbr}, f_{ptr}$	$F_{pxnr}, F_{kr}$	$E_{cs}$
4	$F_{cr}, F''_{ir}$	$f''_{ir}$	$F_{pxnr}, f_{br}$	$E_{a's}$
5	$F_{rr}$	$f_{pbr}$	$F_{\beta r}$	$E_{a's}$

*Примітка. Зубчасті передачі відносяться до циліндричних прямозубих або вузьких косозубих з нерегульованим розташуванням осей,  $\varepsilon_{\beta}$  не перевищує граничні значення 1,5.*

5. Складіть умовне позначення ступеню точності зубчастої конічної передачі і поясніть це позначення.

Варіант	Ступені точності за нормами			Вид сполучення
	кінематичної точності	плавності роботи	контакту зубів	
1	6	8	7	E
2	7	8	8	D
3	6	6	6	H
4	10	10	10	A
5	9	8	8	B
6	8	7	6	C

6. Складіть умовне позначення ступеню точності черв'ячної передачі і поясніть це позначення. Вихідні дані вказані в задачі 5.

7. Для конічного прямозубого колеса задано розміри і показники точності. Ступені точності і вид сполучення вказано в задачі 5.

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m_n$ , мм	1,5	3	4	6	8	10	5	2,5	1	1,25
$d_1$ , мм <sub>1</sub>	45	75	140	180	200	250	90	50	25	30
$u$	5,6	5	4	3,15	2,80	2,24	1,4	1,8	1,6	3,55

Визначити допуски і граничні відхилення заданих показників норм точності та виду сполучення зубів.

Варіант	Показники точності за нормами			Показник бокового зазору
	кінематичної точності	плавності роботи	контакту зубів	
1	$F'_{ir}$	$f_{ptr}, f_{cr}$	Відносний розмір сумарної плями контакту	<b>E</b>
2	$F_{rr}$ і $F_{cr}$	$f_{ptr}, f_{cr}$		<b>D</b>
3	$F_{Pr}$ і $F_{rr}$	$f_{zkr}$		<b>C</b>
4	$F''_{i\Sigma Or}$	$f''_{i\Sigma Or}$	Відносні розміри зони дотику	<b>B</b>
5	$F_{rr}$	$f_{ptr}$		<b>A</b>

8. Для циліндричного черв'яка і черв'ячного колеса задано:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
$m_n$ , мм	1,6	2	3,15	4	5	6,3	8	10
$d_1$ , мм	32	50	63	72	90	126	144	160
$d_2$ , мм	100	200	380	500	700	900	1000	1200

Для всіх варіантів  $z_1 = 2$ ,  $z_2 = d_2/m$ . ширина зубчастого вінця черв'ячного колеса  $B=0,75d_1$ ,  $\alpha = 20^\circ$  і  $\sin 20^\circ / \sin \alpha = 1$ ,  $a_\omega = 0,5(d_1 + d_2)$ . Ступені точності і вид сполучення вказано в задачі 5.

Визначити допуски і граничні відхилення.

Варіант	Показники точності за нормами			Показник бокового зазору
	кінематичної точності	плавності роботи	плями контакту	
1	$F'_{ir}$	$f_{hsr}, f_{hr}; f_{hkr}$	Сумарна пляма контакту	<b>H</b>
2	$F''_{ir}$	$f_{hcr}, f_{hkr}, f_{flr}$		<b>E</b>
3	$F_{rr}$	$f_{pxr}, f_{pxkr}, f_{flr}, f_{rkr}$		<b>D</b>
4	$F_{Pr}, F_{Pkr}$	$f_{hsr}, f_{hr}; f'_{ir}$	$f_{ar}, f_{\Sigma r}$	<b>C</b>
5	$F_{cr}, F_{rr}$	$f_{pxr}, f_{rr}; f_{flr}; f_{ikt}$		<b>B</b>
6	$F''_{ir}, F_{cr}$	$f_{pxr}, f_{rr}; f_{flr}; f_{ptr}, f_{2r}$	$f_{xr}$	<b>A</b>

9. Скласти умовні позначення циліндричних зубчастих передач для таких випадків ( $m \geq 1$  мм): а) за всіма нормами точності прийнято 8-й ступінь, вид сполучення С, вид допуску бокового зазору с; IV клас відхилення  $a_\omega$ ; б) ступінь точ-

ності: за нормою кінематичної точності 8, за плавністю роботи 7, за плямою контакту не встановлено, вид сполучення E, вид допуску бокового зазору d; III клас відхилю  $a_w$ ; в) ступені точності за нормою кінематичної точності 9, за плавністю роботи 8, за плямою контакту 7; вид сполучення D, вид допуску бокового зазору c, IV клас відхилю міжосьової відстані,  $a_w=250$  мм.

10. Для прямозубого некоригованого реверсивного зубчастого колеса ( $m = 4$  мм,  $d = 200$  мм) ділительного механізму вибрати ступені точності і показники точності за нормами точності і виду сполучень зубів. Контроль зубчастого колеса може бути виконаний міжцентроміром і нормалеміром. Зачеплення змащується занурюванням.

Дані:  $m_n = 5$  мм,  $a_w=250$  мм,  $\alpha = 20^\circ$ ;  $u=4$ ,  $z_2= 80$ ; колова швидкість зубчастих коліс  $v=15$  м/с; нагрівання зубчастого колеса  $t_1=60$  °С; корпусу  $t_2=45$  °С; зубчасті колеса сталеві ( $\alpha_1=11,5 \cdot 10^{-6}$ ), корпус чавунний ( $\alpha_2= 10,5 \cdot 10^{-6}$ ); за всіма нормами точності встановлений 7-й ступінь точності.

Підібрати вид сполучення, вид допуску і клас відхилю міжосьової відстані, а також визначити вільні кути повороту зубчастого колеса.

11. Для прямозубого некоригувального реверсивного зубчастого колеса ( $m = 5$  мм,  $d = 150$  мм) ділительного механізму вибрати ступені точності і показники точності за нормами точності і виду сполучень зубів. Контроль зубчастого колеса може бути виконаний міжцентроміром і нормалеміром. Зачеплення змащується занурюванням.

Дані:  $m_n = 5$  мм,  $a_w=250$  мм,  $\alpha = 20^\circ$ ;  $u = 5$ ,  $z_2= 60$ ; колова швидкість зубчастих коліс  $v=15$  м/с; нагрівання зубчастого колеса  $t_1=70$  °С; корпусу  $t_2=50$  °С; зубчасті колеса сталеві ( $\alpha_1=11,5 \cdot 10^{-6}$ ), корпус чавунний ( $\alpha_2= 10,5 \cdot 10^{-6}$ ); за всіма нормами точності встановлений 7-й ступінь точності.

Підібрати вид сполучення, вид допуску і клас відхилю міжосьової відстані, а також визначити вільні кути повороту зубчастого колеса.

12. Для конічного прямозубого колеса задано розміри і показники точності. Ступені точності і вид сполучення вказано в задачі 5.

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m_n$ , мм	1,5	3	4	6	8	10	5	2,5	1	1,25
$d_1$ , м	45	75	140	180	200	250	90	50	25	30
$u$	5,6	5	4	3,15	2,80	2,24	1,4	1,8	1,6	3,55

Визначити допуски і граничні відхили заданих показників норм точності та виду сполучення зубів.

Варіант	Показники точності за нормами			Показник бокового зазору
	кінематичної точності	плавності роботи	контакту зубів	
1	$F'_{ir}$	$f_{ptr}, f_{cr}$	Відносний розмір сумарної плями контакту	<b>E</b>
2	$F_{rr}$ і $F_{cr}$	$f_{ptr}, f_{cr}$		<b>D</b>
3	$F_{Pr}$ і $F_{rr}$	$f_{zkr}$		<b>C</b>

4	$F''_{i\Sigma_{or}}$	$f''_{i\Sigma_{or}}$	Відносні міри дотику	роз- зони	$B$
5	$F_{rr}$	$f_{ptr}$			$A$

## ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форми навчання з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» / уклад. Г. О. Іванов, Д. В. Бабенко, П. М. Полянський, С. М. Степанов, О. В. Баранова. Миколаїв, 2019. 100 с.
2. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форми здобуття вищої освіти / уклад. Г. О. Іванов, Д. В. Бабенко, Н. А. Доценко, П. М. Полянський, С. М. Степанов, О. В. Баранова. Миколаїв, 2024. 108 с.
3. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: метод. реком. для виконання розрахунково-графічної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми здобуття вищої освіти / уклад. : Г. О. Іванов, Д. В. Бабенко, Н. А. Доценко, П. М. Полянський, С. М. Степанов, О. В. Баранова. Миколаїв : МНАУ, 2024. 92 с
4. Прикладна механіка. Практикум : навч. посіб. / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко та ін. Миколаїв : МНАУ, 2024. 260 с.
5. Прикладна механіка : навч. посіб. / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко та ін. Миколаїв : МНАУ, 2024. 320 с.
6. Цвіркун Л. О., Омельченко О. В. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання : навч. посіб. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2022. 117 с.



---

## ЗМІСТ

МОДУЛЬ 1. Взаємозамінність.....	3
1.1. Основні поняття про допуски і посадки .....	3
1.1.1. Контрольні питання.....	3
1.1.2. Задачі .....	7
1.2. Відхили форми і розташування поверхонь .....	10
1.2.1. Контрольні питання .....	10
1.2.2. Задачі .....	12
1.3. Шорсткість поверхонь .....	15
1.3.1. Контрольні питання .....	15
1.3.2. Задачі .....	16
1.4. Система допусків і посадок .....	17
1.4.1. Контрольні питання .....	17
1.4.2. Задачі .....	22
1.4.3. Посадки з натягом .....	24
1.4.4. Посадки з зазором .....	26
1.4.5. Посадки перехідні .....	27
1.5. Підшипники кочення .....	27
1.5.1. Контрольні питання .....	27
1.5.2. Задачі .....	28
1.6. Нарізні з'єднання .....	30
1.6.1. Контрольні питання .....	30
1.6.2. Задачі .....	34
1.7. Шпонкові і шліцьові з'єднання .....	36
1.7.1. Контрольні питання .....	36
1.7.2. Задачі .....	38
1.8. Розмірні ланцюги .....	42
1.8.1. Контрольні питання .....	42
1.8.2. Задачі .....	44
1.9. Конічні з'єднання .....	48
1.9.1. Контрольні питання .....	48
1.9.2. Задачі .....	50
1.10. Зубчасті й черв'ячні передачі .....	50
1.10.1. Контрольні питання .....	50
1.10.2. Задачі .....	52
ЛІТЕРАТУРА .....	57

Навчальне видання

**Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання :**  
методичні рекомендації для виконання самостійних робіт  
(Модуль 1 «Взаємозамінність») здобувачами першого  
(бакалаврського) рівня вищої освіти  
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»  
денної та заочної форм здобуття вищої освіти

Укладачі:

**Іванов** Геннадій Олександрович.  
**Полянський** Павло Миколайович.

Технічний редактор – П. М. Полянський  
Комп'ютерний набір – Г. О. Іванов, П. М. Полянський

Комп'ютерна верстка – П. М. Полянський  
Формат 60x84/1/16. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк. 3,75. Наклад 30 прим. Зам. №

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54008, м. Миколаїв, вул. Геологія Гонгадзе, 9.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.