

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Л. А. Міхєєнко, М.С. Мамута

ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ПРИЛАДІВ

Навчальний посібник

Київ
НТУУ «КПІ»
2015

Основи конструювання приладів: Навчальний посібник / Л.А. Міхеєнко,
М.С. Мамута. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 202с.

*Гриф надано Вченою радою НТУУ «КПІ»
(Протокол № 3 від 6 квітня 2015 р.)*

Електронне навчальне видання

ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ПРИЛАДІВ

Навчальний посібник

для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Опtotехніка»

Викладено принципи та методиконструювання механічних деталей і їхніх з'єднань середньої складності, кріплення оптичних деталей, конструювання простих оптико-механічних вузлів і елементів механізмів оптичних приладів. Для засвоєння матеріалу надано багато прикладів конкретних конструкцій та практичних конструкторських завдань.

Для студентів за напрямами опtotехніки та оптико-електронного приладобудування.

Автори: Міхеєнко Леонід Андрійович, д.т.н., доцент
Мамута Марина Сергіївна, к.т.н.

Відповідальний редактор Колобродов Валентин Георгійович, д.т.н., професор

Рецензенти: Тягур Володимир Михайлович, к.т.н.
Русняк Ігор Миколайович, к.т.н.

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ КОНСТРУЮВАННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ.....	8
1.1 Загальні питання конструювання	8
1.1.1 Етапи й зміст процесів проектування і конструювання	8
1.1.2 Методи конструювання.....	10
1.1.3 Розвиток науки про конструювання	12
1.1.4 Структурні елементи конструкції.....	12
1.1.5 Механічні системи оптичних і оптико-електронних приладів	13
1.2 Основи взаємозамінності	14
1.2.1 Основні поняття й визначення	14
1.2.2 Системи допусків і якості	19
1.2.3 Види посадок і їхнє застосування.....	22
1.2.4 Допуски форми й розташування поверхні	27
1.2.5 Шорсткість поверхні	37
1.3 Контрольні запитання та завдання	46
2 КОНСТРУЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ І ЇХНІХ З'ЄДНАНЬ.....	48
2.1 Конструювання деталей приладів	48
2.1.1 Структура деталей	48
2.1.2 Зміст і етапи конструювання деталей.....	49
2.1.3 Вибір матеріалу.....	50
2.1.4 Вибір форми деталі.....	53
2.1.5 Визначення розмірів деталі.....	55
2.1.6 Нанесення захисних покриттів	60
2.1.7 Технологічні основи конструювання деталей.....	65
2.1.8 Конструювання деталей із пластмас.....	72
2.1.9 Розробка технічних вимог	77
2.2 Нероз'ємні з'єднання.....	78
2.2.1 Зварні з'єднання	78
2.2.2 З'єднання паянням	82

2.2.3 Клейові з'єднання.....	84
2.2.4 Заклепувальні з'єднання	86
2.2.5 Кріплення заформуванням	87
2.3 Роз'ємні з'єднання	88
2.3.1 Нарізні сполучення.....	88
2.3.2 Штифтові з'єднання	97
2.3.3 Шпонкові та центруючі з'єднання.....	98
2.3.3.1 Шпонкові з'єднання	98
2.3.3.2 Центруючі з'єднання	100
2.3.4 Шліцьові з'єднання	101
2.3.5 Затиски і цанги.....	102
2.3.6 Штикові з'єднання	102
2.4 Контрольні запитання та завдання	105
3 ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ І ЇХ КРІПЛЕННЯ	
.....	107
3.1 Основи конструювання оптичних деталей	107
3.1.1 Спільні вимоги	107
3.1.2 Конструювання лінз	109
3.1.3 Конструювання призм	113
3.1.4 Конструювання дзеркал	115
3.1.5 Конструювання плоскопаралельних пластин	117
3.1.6 Правила виконання схем оптичних виробів.....	119
3.2 Кріплення оптичних деталей	122
3.2.1 Кріплення круглих оптичних деталей	122
3.2.2 Кріплення різьбовим кільцем.....	123
3.2.3 Кріплення пружинним дротяним кільцем	126
3.2.4 Кріплення пружинними планками.....	126
3.2.5 Кріплення оптичних деталей приклеюванням	127
3.2.6 Кріплення призм	128

3.2.7 Кріплення дзеркал	131
3.2.8 Кріплення захисних скелець (ілюмінаторів).....	136
3.2.9 Основні тенденції розвитку кріплення оптичних деталей	138
3.3 Контрольні запитання та завдання	138
4 КОНСТРУЮВАННЯ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИХ ВУЗЛІВ.....	139
4.1 Загальні питання конструювання оптико-механічних вузлів	139
4.1.1 Вимоги, пропонувані до конструкції.....	139
4.1.2 Компонування конструкції.....	140
4.1.3 Розробка креслення загального виду й специфікації.....	142
4.2 Конструювання типових оптико-механічних вузлів	145
4.2.1 З'єднання труб в оптичних приладах	145
4.2.2 Конструювання корпусів.....	145
4.2.3 Конструювання освітлювачів.....	152
4.2.4 Конструювання вузлів сіток і діафрагм.....	155
4.2.5 Основи конструювання об'єктивів і окулярів	158
4.3 Контрольні запитання та завдання	160
5 ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ	162
5.1 Передавальні механізми.....	162
5.1.1 Призначення й класифікація передавальних механізмів.....	162
5.1.2 Важільні механізми	164
5.1.3 Кулачкові механізми	165
5.1.4 Механізми із гнучкими зв'язками	167
5.1.5 Гвинтові механізми.....	169
5.1.6 Механізми переривчастого руху.....	171
5.1.7 Зубчасті механізми	173
5.1.7.1 Призначення.....	173
5.1.7.2 Основні типи зубчастих зачеплень	174
5.1.8 Черв'ячні механізми.....	182
5.1.9 Фрикційні механізми	182

5.2 Вали, осі, опори рухливих систем приладів.....	184
5.2.1 Вали й осі	184
5.2.2 Опори з тертям ковзання	185
5.2.3 Кульбові опори	188
5.2.4 Опори на кернах.....	188
5.2.5 Ножові опори	189
5.2.6 Опори з тертям катання.....	190
5.2.7 Пружні опори з тертям	194
5.2.8 Напрявні для прямолінійного руху	194
5.3 З'єднання деталей механізмів	198
5.3.1 Фіксатори	198
5.3.2 Муфти.....	198
5.4 Конструювання пружних елементів	201
5.4.1 Призначення, класифікації.....	201
5.4.2 Параметри пружних елементів	204
5.4.3 Матеріали для пружних елементів	204
5.5 Контрольні запитання та завдання	205
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	207

ВСТУП

Дисципліна "Основи конструювання приладів" є базовою в конструкторській підготовці бакалаврів і фахівців зі спеціальності "Оптичне й оптико-електронне приладобудування". Її метою є вивчення методів конструювання механічних деталей і їхніх з'єднань середньої складності, кріплення оптичних деталей, конструювання простих оптико-механічних вузлів і елементів механізмів приладів. Ці питання викладені в даному посібнику, доповнені значним довідковим матеріалом, що може бути корисним не тільки при вивченні теоретичного курсу, але й при виконанні самостійних робіт: розрахунково-графічної роботи й курсового проекту. Його також можуть використовувати студенти старших курсів при практичному конструюванні.

1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ КОНСТРУЮВАННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Загальні питання конструювання

1.1.1 Етапи й зміст процесів проектування і конструювання

Процес створення нового зразка технічного об'єкта (приладу, пристрою) містить наступні найважливіші стадії:

- 1) розробка функціональної ідеї й первинних технічних умов її реалізації;
- 2) вибір технічного принципу реалізації ідеї і розробка принципової схеми;
- 3) розробка конструкцій об'єкта (креслення конструкції);
- 4) виготовлення й випробування дослідного зразка.

Друга та третя стадії об'єднують терміном «*проектування*». Під проектуванням розуміється сукупність логічних і математичних процесів пошуку, вибору й обґрунтування оптимального варіанта принципу дії і конструкції розроблювального об'єкта, що полегшує розробку реального приладу і відповідає вимогам технічного завдання, сучасним науковим і технічним досягненням, патентній чистоті й перспективі розвитку галузі.

Конструювання є одним з етапів загального процесу проектування і виконуються після розробки принципової схеми.

У процесі розробки конструкції відбувається втілення в матеріальні тіла (деталі) і їхні композиції (складальні одиниці) елементів схеми, виражених за допомогою умовних символів. Графічне зображення окремих матеріальних тіл і їхніх композицій становить зміст конструкторських креслень. Хоча при конструюванні безпосередньо розробляються тільки графічні моделі, його, проте, можна розглядати умовно як процес матеріалізації принципів схем.

Конструювання розділяється на ряд вироблених практикою етапів:

- ескізного (реалізація загальної ідеї);
- технічного (розробка складальних креслень);
- робочого (виконання креслень, документації).

Етапи проектування та виготовлення приладів показано на рис. 1.1.

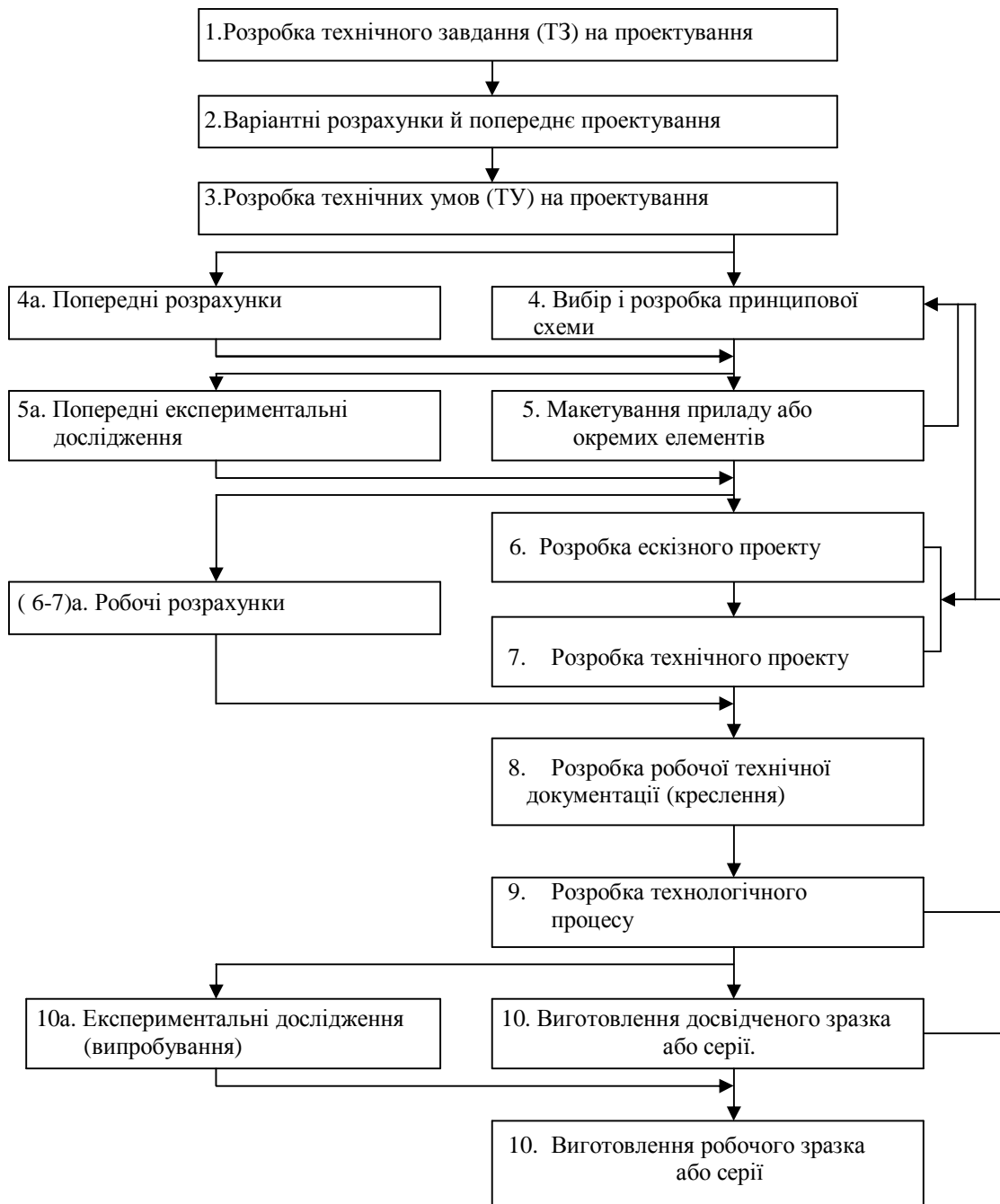


Рис. 1.1. Етапи проектування та виготовлення приладів

Найбільш відповідальним є перший етап, на якому виробляється пошук оптимальних рішень всіх завдань по створенню конструкції об'єкта.

На другому етапі конструкція остаточно оформляється у вигляді складальних креслень об'єкта.

Третій етап складається з розробки технічної документації для виробництва.

Незалежно від призначення приладу при проектуванні й конструюванні необхідно враховувати наступні основні вимоги:

- забезпечення заданої точності функціонування, міцності і жорсткості окремих елементів у цілому, надійності, взаємозамінності;
- конструкція повинна мати мінімальну масу, габаритні розміри, бути економічно обґрунтованою;
- розроблювальна конструкція повинна задовольняти вимогам ергономіки, бути простою, зручною в експлуатації й ремонті, а також технологічною у виготовленні;
- важливим критерієм, що визначає якість приладу, є його зовнішній вигляд. Зручна й гарна форма окремих механізмів і приладів, а також гармонічне їхнє сполучення забезпечує підвищення продуктивності праці працюючого, зменшення стомлюваності, а також приводить до підвищення точності виміру;
- при проектуванні конструктор повинен використовувати стандарти на деталі, матеріали, оформлення креслярсько-конструкторських документів. Застосування стандартів скорочує строки проектування й знижує вартість продукції;

1.1.2 Методи конструювання

Характерними рисами конструювання складних об'єктів є масовість вирішуваних завдань і багатоваріантність можливих рішень. Варто розрізняти дві групи методів:

- 1) метод пошуку оптимальних рішень;
- 2) метод оцінки можливих рішень.

Основним методом пошуку в наш час є метод аналогій, обумовлений особистим досвідом конструктора й досвідом, узагальненим у довідковій літературі. Більшість рішень приймається завдяки цьому методу. Оцінка прийнятих рішень носить якісний характер, і тільки в окремих випадках заснована на виконанні перевірочних розрахунків (на міцність, точність, жорсткість). У тих випадках, коли виникають труднощі з застосуванням однозначного рішення, конструктор використовує метод перебору можливих варіантів. Оцінка варіантів має велике значення, і в особливих випадках ґрунтується на перевірці результатів і навіть на експериментальних дослідженнях, однак рішення й тоді приймають головним чином на основі досвіду.

Наступний щабель ускладнення процесу ухвалення рішення характеризується недостатністю набору відомих можливостей варіантів, тоді процес конструювання виконується методом проб і помилок і складається в розробці нових варіацій на основі комбінації відомих. При цьому нерідкі випадки винаходу оригінальних рішень. У загальному випадку якість майбутнього об'єкта повинна задовольняти ряду вимог, тобто повинна оцінюватися по декількох показниках якості, наприклад: по точності, надійності, вартості й т.д.

Досвід показує, що описані методи конструювання не забезпечують у цих умовах оптимальності прийнятих рішень. Основною причиною є труднощі одночасної оптимізації параметрів об'єкта за всіма показниками. У реальних умовах проектування конструктор хоча і тримає в полі уваги всі показники, але вибирає лише деякі, при яких конструкція найбільш критична.

Таким чином, у даний час існує тільки обмежена оптимізація.

Розширення області оптимізації можна забезпечити застосуванням обчислювальної техніки, але для цього необхідна розробка методів математичного моделювання творчих процесів проектування неоднорідних за структурою об'єктів.

1.1.3 Розвиток науки про конструювання

Історично довгий час конструювання було долею талановитих умільців і розглядалося як область діяльності, що межує із мистецтвом і не піддається науковому аналізу. З часом, у міру розвитку техніки і залучення до неї широкого кола людей, погляди на конструювання змінювались.

У наш час переважає точка зору, що конструювання представляє в основному логічний, розумовий процес. Зміна поглядів привела до проникнення науки в процес конструювання, вона давно прийшла на допомогу конструкторові в області інженерних розрахунків, однак ці розрахунки носять по суті перевірочний характер. Первинний синтез, як структурний, так і параметричний, конструктор виконує на основі досвіду й інтуїції.

Розвиток основ теорії конструювання на рівні синтезу протікає повільно. Необхідно в першу чергу розробити принципи, установити залежність між конструктивними рішеннями й показниками якості конструкції об'єкта.

Основна література з питань конструювання носить рецептурний характер, учить на конкретних прикладах і не містить теоретичних узагальнень. Особливо слід зазначити роль теорії точності для конструювання приладів. Вона має фундаментальне значення й практичний характер для проектування об'єктів, де точність функціонування є головним показником якості.

1.1.4 Структурні елементи конструкції

Усякий складний виріб можна розділити на такі складові частини, при розробці яких є істотні розходження в методах і принципах конструювання. Ці частини цілого є елементами структури його конструкції. У теперішній час прийнято такий поділ конструкції на складові (рис. 1.2):

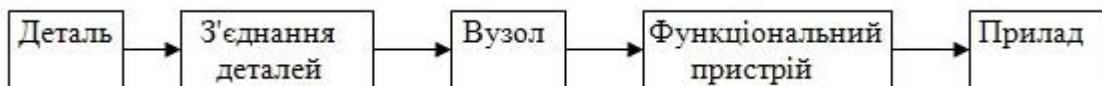


Рис. 1.2. Складові конструкції

Виявлення структурних елементів важливо для здійснення процесу конструювання, вивчення конструкцій готових об'єктів і навчання конструюванню. Первинними елементами реальної конструкції приладу є *деталі*. Виконання деталями їхніх функцій у виробі здійснюється через їхні парні з'єднання, які являють собою елементарні складальні одиниці. Із з'єднань утворюються *вузли*. Вузол може окремо виконувати певні завдання й надходити в зібраному вигляді на загальне складання.

Вузли, у свою чергу, є основою для побудови *функціональних пристроїв* (ФП), що виконують конкретні операції в процесі функціонування об'єкта. Розчленування конструкції приладу на перераховані елементи задовольняє умові функціональної автономності, а принципи й методи конструювання мають істотні розходження. Крім того, розчленування приладу на перераховані елементи дозволяє підвищити його технологічність, спростити його експлуатацію й ремонт, зробити більш ефективним процес розрахунку й конструювання, дозволяє розширити можливість застосування в нових виробках відпрацьованих і вузлів, що перебувають у виробництві.

1.1.5 Механічні системи оптичних і оптико-електронних приладів

Залежно від виконуваних функцій, у конструкції приладу можна виділити наступні групи механічних систем:

- механічні несучі системи, за допомогою яких здійснюється внутрішнє орієнтування схемних і конструктивних структурних елементів; ці системи визначають загальне компонування конструкції й точність щодо розташування всіх її елементів;
- механічні системи зовнішньої орієнтації приладу щодо вхідного сигналу: за допомогою цих же систем здійснюється керування функціонуванням приладу;
- механічні перетворювачі, що беруть участь у виконанні різноманітних метрологічних, регулюючих і інших функцій приладу;

Характерною рисою оптичних і оптико-електронних приладів є органічне сполучення й взаємодія оптичних, механічних і електронних систем при значній частині механічних.

1.2 Основи взаємозамінності

1.2.1 Основні поняття й визначення

Конструкція будь-якого приладу, машини, установки передбачає використання великої кількості деталей, геометрично зв'язаних між собою. Природно, що при складанні, налагодженні або ремонті виробу конструкція повинна бути забезпечена можливістю заміни кожної із взаємозамінних деталей.

Взаємозамінністю називається властивість незалежно виготовлених із заданою точністю деталей і складових частин забезпечити можливість складання без додаткової механічної обробки (або заміни при ремонті) деталей, що сполучаються, у складальні одиниці, а останні - у виробу, з дотриманням пропонованих до них технічних вимог. Взаємозамінність у широкому розумінні може називатися функціональною, якщо після складання або заміни окремого елемента система продовжує нормально функціонувати, дотримуючи незмінними всі робочі параметри. Наприклад, у механізмі машини при заміні підшипника він не тільки повинен

бути прикріплений на місці вибувшого з ладу, але й повинен сприймати ті ж навантаження й працювати з тим же коефіцієнтом тертя.

При виготовленні будь-якої деталі через появу технологічних похибок, що мають як систематичний так і випадковий характер, неможливо одержати дійсний розмір, рівний номінальному. При виготовленні партії деталей їхні розміри будуть різні, тобто буде розсіювання розмірів.

Для забезпечення геометричної взаємозамінності, кожний розмір обмежується якимись межами; значення цих меж вибирають таким чином, щоб дійсний розмір не виходив за ці межі.

Звичайно межі відхилення розмірів задають щодо *номінального розміру* ($D_{\text{ном}}=D$), що проставляється на кресленні й служить початком відліку відхилень[1]. Для деталей, що становлять з'єднання, номінальний розмір є загальним. Номінальні розміри, що визначають величину деталі, знаходять із розрахунків на міцність, твердість і інші параметри. Для скорочення кількості типорозмірів заготовок і деталей, що обробляє й вимірювального інструмента, і для типізації технологічних процесів, значення номінальних розмірів, отриманих у результаті розрахунків, округляють до значень, передбачених стандартом і який складає геометричну прогресію зі знаменником $\varphi_n = \sqrt[n]{10}$. По міжнародному стандарті в порядку зменшення переваги передбачають 4 види розрядів:

1. R5 (найбільш преорітетний) $j_n = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$

2. R10 $j_n = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$

3. R20 $j_n = \sqrt[20]{10} \approx 1,12$

4. R40 $j_n = \sqrt[40]{10} \approx 1,06$

Максимальний і мінімальний розміри, між якими повинен знаходитися дійсний розмір деталі називається *граничним розміром*[1].

$$\left(\begin{array}{cc} D_{\max} & - \text{ для отвору}; \quad d_{\max} & - \text{ для вала} \\ D_{\min} & - // - \quad 15 \quad d_{\min} & - // - \end{array} \right)$$

Алгебраїчна різниця між найбільшим D_{\max} і найменшим граничним розміром D_{\min} та номінальним називається відповідно *верхнім і нижнім граничним відхиленням*[1].

Відхилення є позитивним, якщо граничні розміри більше номінальних, і негативним у протилежному випадку.

Стандартом прийняті наступні умовні позначки відхилень[1, 2]:

ES і EI – верхнє й нижнє відхилення отвору (отвір – прописні літери):

$$ES = D_{\max} - D,$$

$$EI = D_{\min} - D;$$

es і ei – верхнє й нижнє відхилення валу (вал – малі літери):

$$es = d_{\max} - D,$$

$$ei = d_{\min} - D.$$

T – допуск або поле припустимого розсіювання розмірів, що визначається як різниця граничних розмірів або граничних відхилень:

$$\text{для отвору: } TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI,$$

$$\text{для валу: } Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei.$$

Залежно від розташування полів допусків валуTd або отвору TD при сполученні деталі можуть з'являтися як зазори S, так і натяги N (рис. 1.3, рис. 1.4)[1, 2].

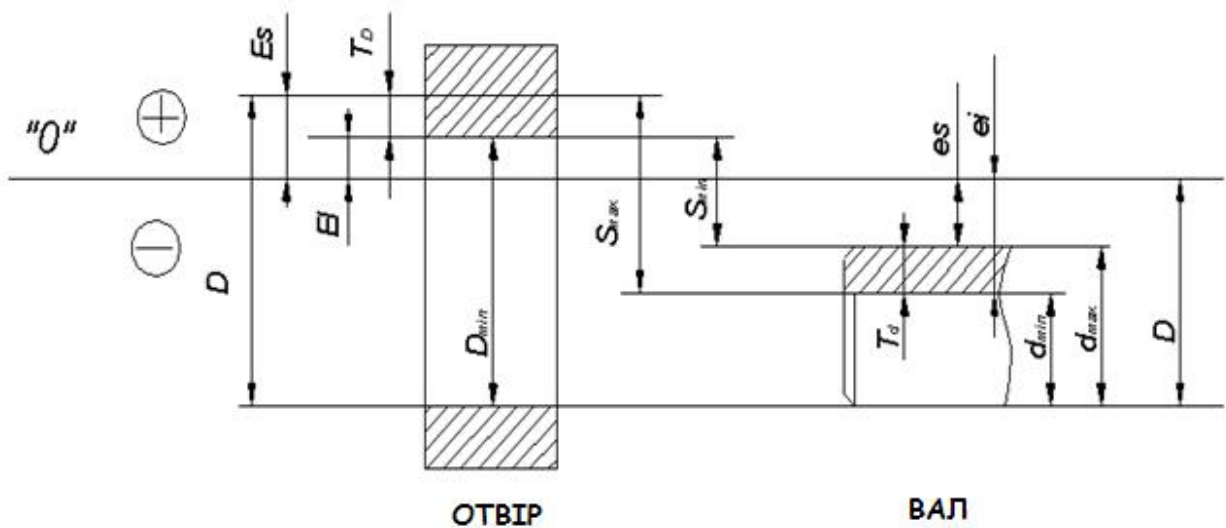


Рис. 1.3. Сполучення з зазором

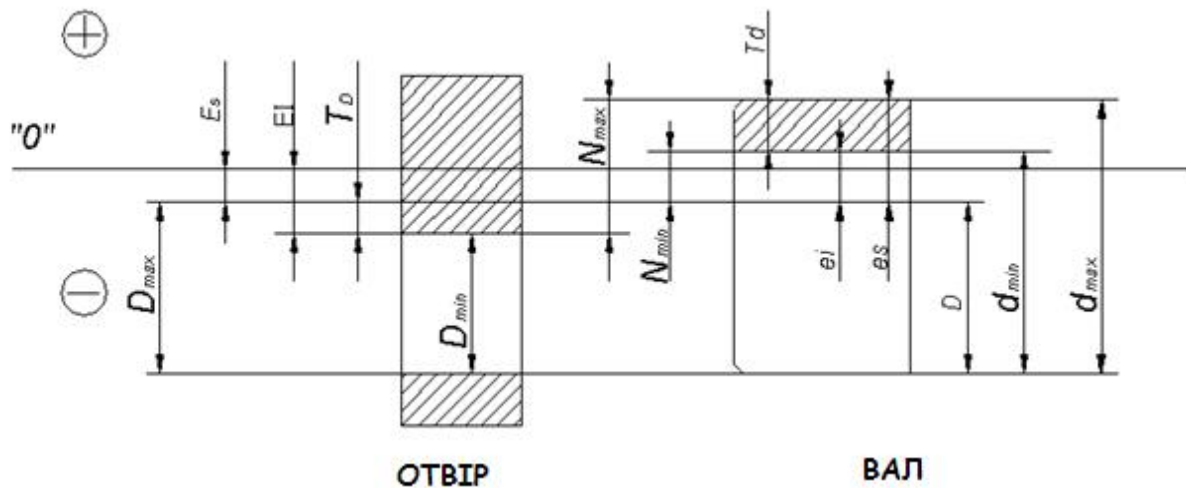


Рис. 1.4. Сполучення з натягом

Натягом називають різниця розмірів валу й отвору до складання, якщо розмір валу більший за розмір отвору [1]. Найбільший і найменший зазори й натяги визначають по формулах[2]:

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

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

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

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

При розрахунках використовують середнє значення зазорів і натягів[2]:

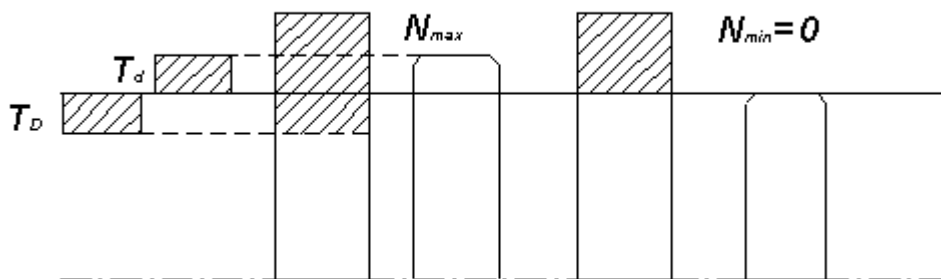
$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$$

$$N_m = \frac{N_{max} + N_{min}}{2}$$

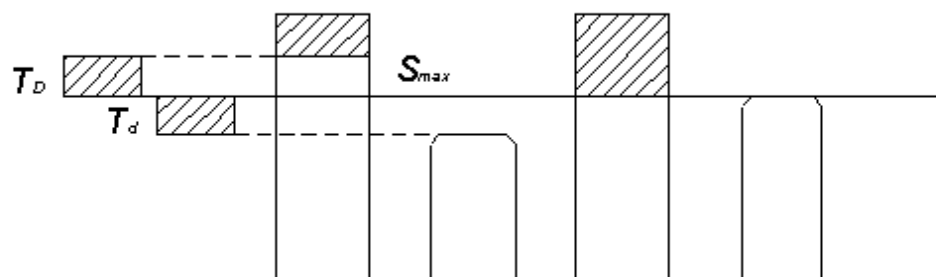
Очевидно, що ступінь рухливості двох деталей визначається зазором з'єднань, а ступінь міцності залежить від натягу.

Стандартом передбачені три групи посадок або типів сполучень (рис. 1.5):

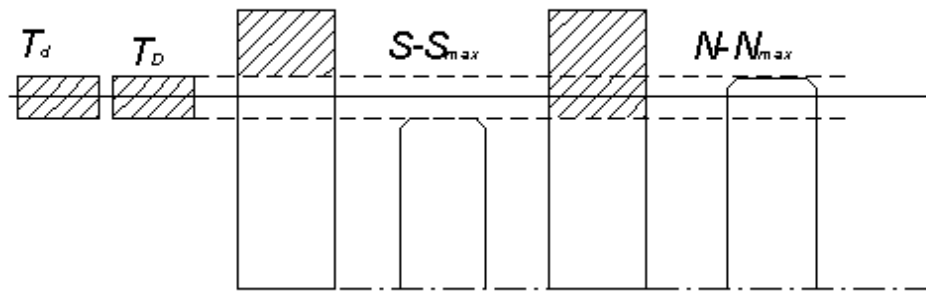
- 1) рухливі, які характеризуються додатнім зазором;
- 2) нерухливі, які характеризуються додатнім натягом;
- 3) перехідні, які характеризуються тим, що поле допуску отвору накладається на поле допуску валу. Перехідні посадки не гарантують ні зазору, ні натягу й визначаються більшою або меншою ймовірністю того або іншого.



а)



б)



в)

Рис. 1.5.Посадки: а – нерухливі; б – рухливі; в – перехідні

1.2.2 Системи допусків і квалітети

З 1977р. введена єдина система допусків і посадок всіх типових з'єднань. Допуски й посадки регламентуються на основі стандартів міжнародної системи ISO[2]. Відповідно до цього стандарту щоб одержати ту або іншу посадку, рекомендується змінити положення поля допусків отвору або навпаки. У системі отвору (рис. 1.6) за основну деталь приймають отвір (охоплюючи деталь), положення поля допуску якого залишається незмінним для різних посадок і розташовується так, що нижня границя збігається з лінією номіналу, тобто $EI = 0$ [1]. У системі валу (рис. 1.7) за основну деталь приймають вал (охоплювана деталь), для якої поле допуску розташовується так, що його верхня границя збігається з лінією номіналу, тобто $es = 0$ [1].

Система отвору є більш поширеною. Це пояснюється тим, що при її використанні потрібно значно менше число технологічного й вимірювального інструмента, тому що точна обробка валів значно простіше, ніж отворів. Система валу знаходить застосування в тих випадках, коли внутрішня сполучена деталь (вал) є стандартною, наприклад, для зовнішнього кільця підшипника кочення при його монтажі в корпус приладу.

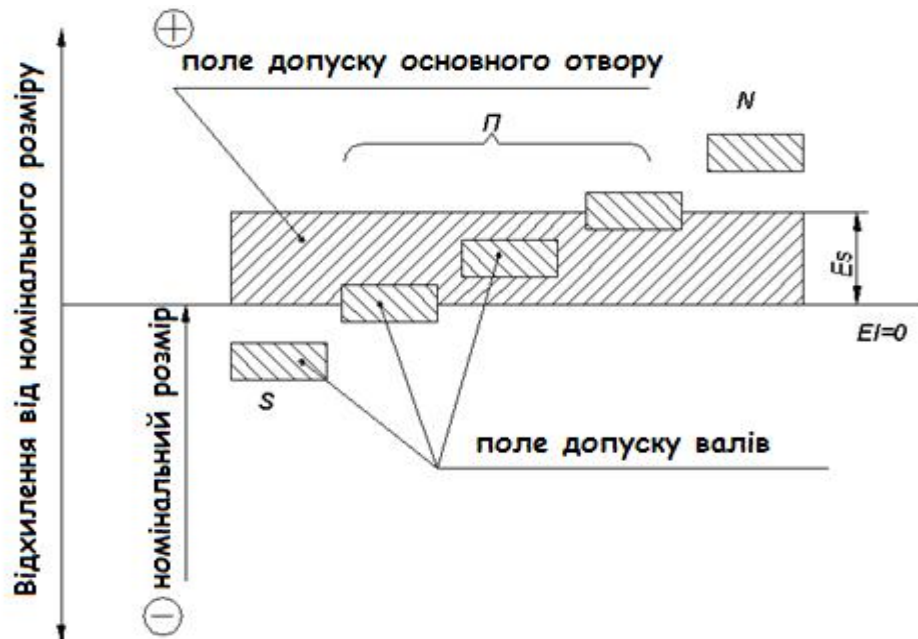


Рис. 1.6.Посадки в системі отвору

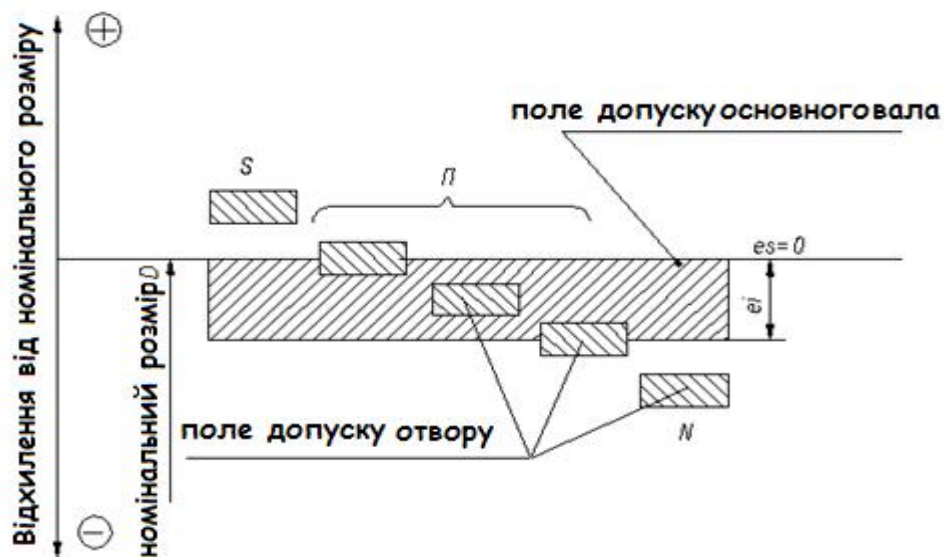


Рис. 1.7.Посадки в системах валу

Допуск на розмір, призначуваний конструктором, багато в чому визначає вартість конструкції, оскільки для одержання малих допусків потрібні більш складні й дорогі технологічні операції.

У зв'язку із цим за основу єдиної системи допусків і посадок (ЄСДП) складають ряди допусків – квалітети[2]. *Квалітетом* називається сукупність допусків, відповідно до однакової точності для всіх номінальних розмірів.

Для сукупності полів допусків установлені 4 діапазони номінальних розмірів[3]:

- менш 1 мм;
- від 1 до 500 мм;
- від 500 до 3150 мм;
- від 3150 до 10000 мм.

Для забезпечення стандартизації й обмеження числа різних допусків всі діапазони розділені на ряд стандартних інтервалів. Для розмірів від 1 мм до 500 мм встановлено 13 основних і 22 проміжних інтервалів; границі основних інтервалів наведені в табл. 1.1, для них зазначені величини допусків. Для найпоширенішого інтервалу від 1 мм до 500 мм передбачено 19 квалітетів: 01, 0,1,2,...,17. Допуски перших квалітетів від 01 до 5 призначені для еталонів і калібрів. Допуски останніх квалітетів з 13 до 17 призначені для вільних розмірів (табл. 1.2)[2].

Таблиця 1.1

Значення допусків T у мкм

Основні інтервали розмірів, мм	Квалітет							
	01	0	...	8	9	...	16	17
...								
Від 3 до 6	0,4	0,6		18	30		750	1200
...								
Від 315 до 400	3,0	5,0		89	149		3600	5700

Таблиця 1.2

Економічно обґрунтовані квалітети механічної обробки деталі

Метод механічної обробки	Квалітет
1. чорнове точіння, стругання	12-13
2. чистове точіння, стругання	11
3. тонке точіння	6-7
4. чорнове фрезерування	11
5. чистове фрезерування	8-10

6. свердління по розмірах	12-13
7. свердління по кондуктору	10-11
8. попереднє розгортання	8-9
9. остаточне розгортання	6-8
10. протягання	6-7
11. грубе шліфування	8-9
12. чистове шліфування	6-8
13. прецизійне шліфування	5-6
14. притирання, доведення, алмазна обробка	4-5

1.2.3 Види посадок і їхнє застосування

Посадка визначається взаємним положенням полів допусків двох сполучених деталей, тобто характеризується основним відхиленням поля допуску отвору й валу щодо нульової лінії.

Основним *відхиленням* називається відхилення, найближче до нульової лінії або лінії номінального розміру (рис. 1.8)[1].

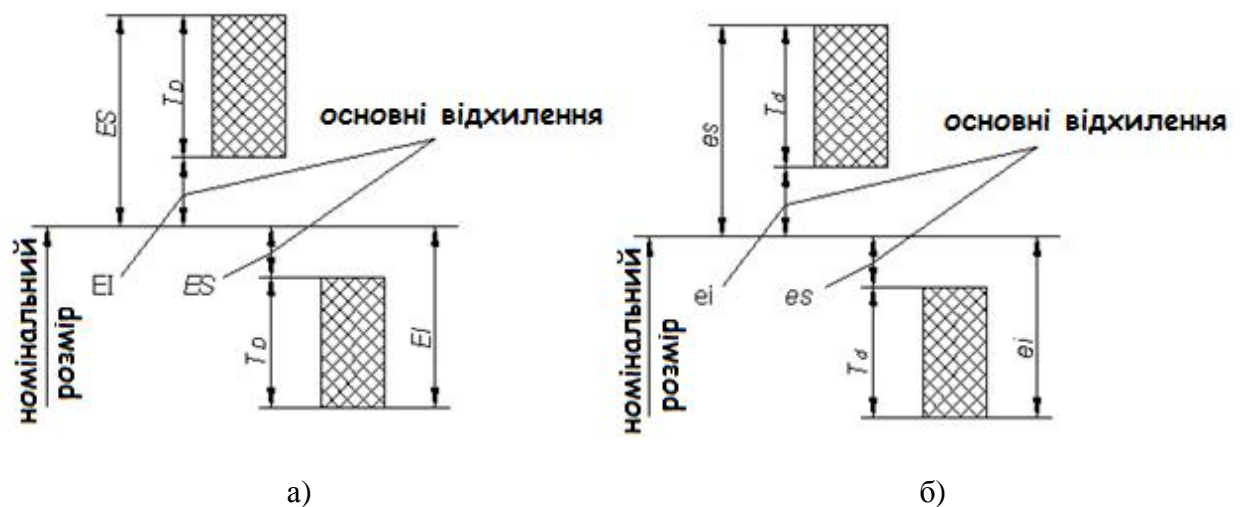


Рис. 1.8. Основні відхилення: а – поля допусків отвору; б – поля допусків валу

Відповідно до стандарту, основне відхилення позначається буквою або двома буквами латинського алфавіту: прописними – для отвору (A,B,C,D), рядковими – для валів (a,b,c,d), букви O,W,Q,L не використовуються (рис. 1.9).

Значення основного відхилення визначається номінальним розміром і не залежить від якості.

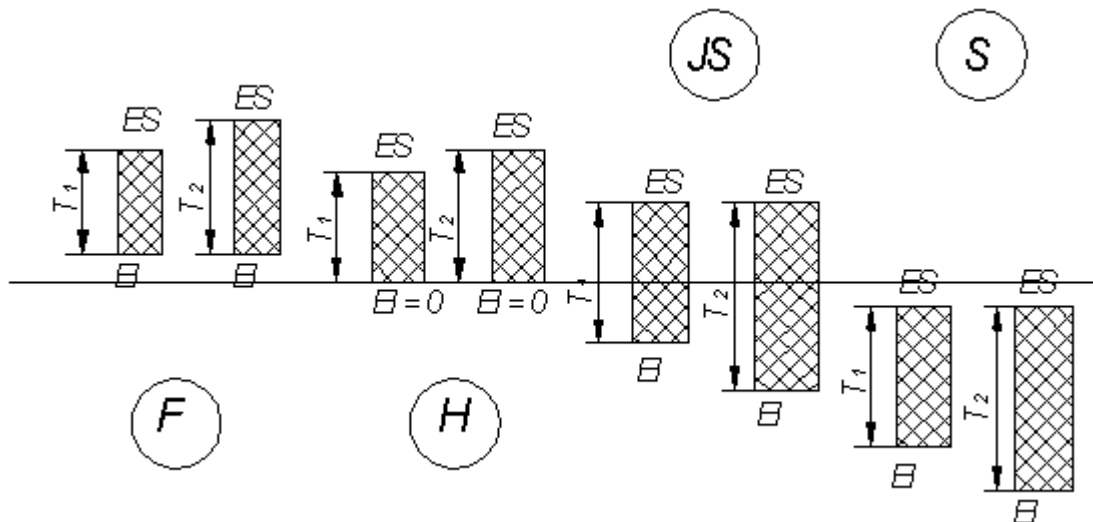


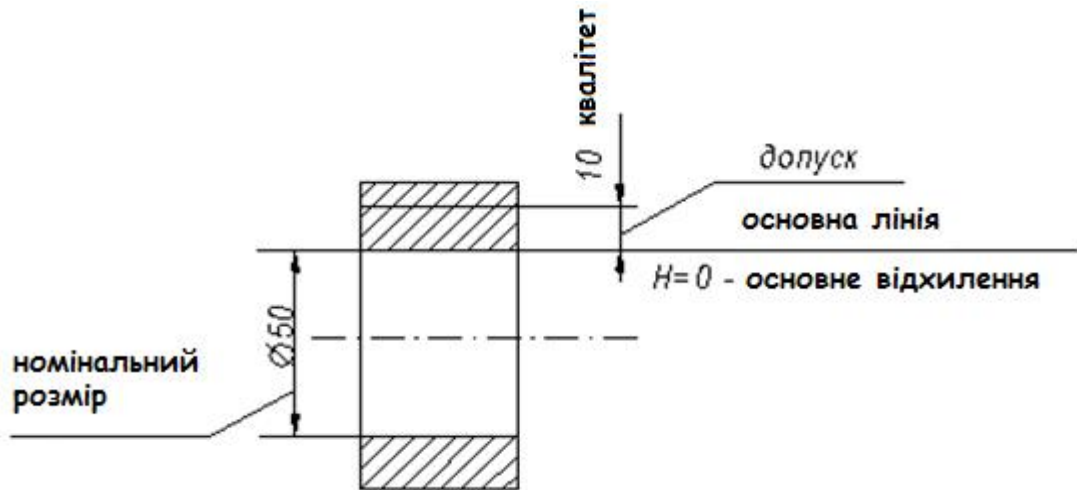
Рис.1.9. Приклади утворення полів допусків отвору

У цілому положення поля допуску характеризується значенням допуску і його відхиленням від нульової лінії. Відповідно до цього на кресленнях за розміром, для якого вказується поле допуску, треба умовна позначка, що складається з букви або двох букв і цифри: буква характеризує відхилення від нульової лінії, а цифра – квалітет або допуск.

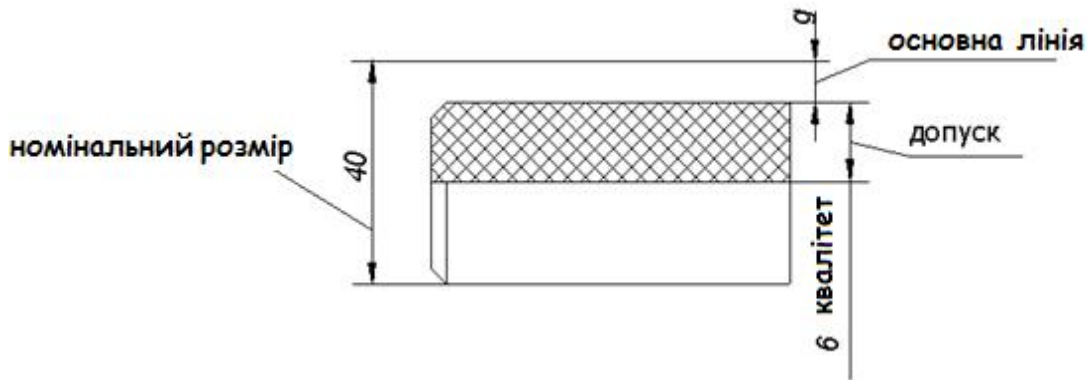
Наприклад, $\varnothing 50H10$ позначає отвір, номінальний розмір якого 50 мм, основне відхилення типу H и допуск по 10-му квалітеті (Рис.1.10а);

$\varnothing 40g6$ позначає: номінальний розмір валу 40 мм, основне відхилення типу g і допуск по 6-му квалітеті (Рис.1.10б).

Допуск H має нижнє відхилення рівне нулю і є основним у системі отворів. У цій системі всі посадки утворюються сполученням поля допуску H для отвору, з яким або припустимим від a до za для валу.



а)



б)

Рис. 1.10. Позначення допусків: а – $\text{Ø } 50\text{H}10$; б – $\text{Ø } 40\text{g}6$

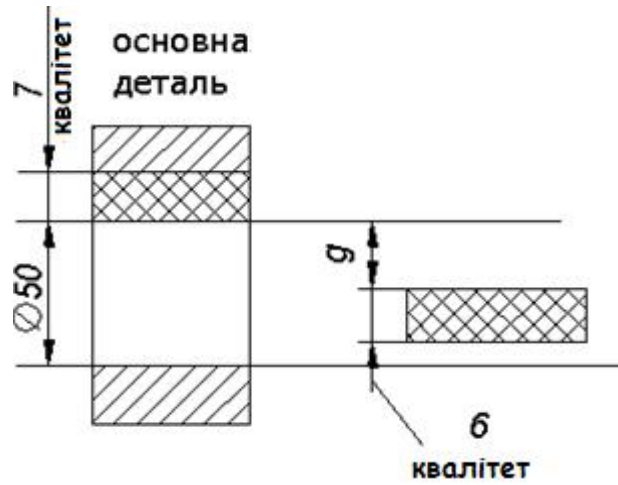
У системі валу основним для валу є поле допуску h , верхнє відхилення якого дорівнює нулю. Посадки в системі валу утворюються сполученням одного з допусків від A до ZA для отвору з полем допуску h для валу.

У позначення посадки входить номінальний розмір, спільний для обох елементів, що сполучаються, за якими слідує позначення полів допусків для кожного елемента, починаючи з отвору[2].

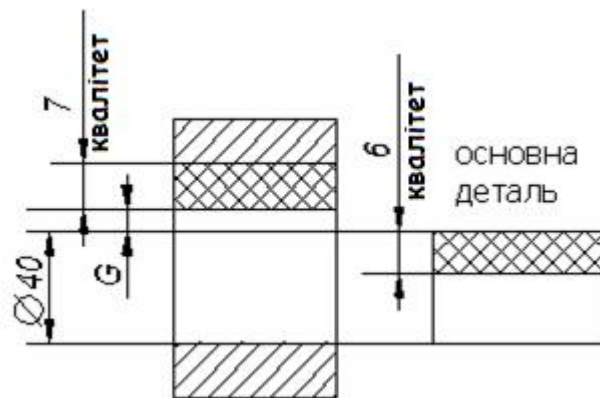
Наприклад: $\text{Ø}50 \begin{matrix} \text{H}7 \\ \text{g}6 \end{matrix}$ означає: сполучення виконане у системі отвору, отвір має поле допуску типу H , допуск на отвір виконаний по 7-му квалітету, а на вал по 6-му (Рис. 1.11 а);

$$\begin{matrix} G7 \\ \text{h}6 \end{matrix}$$

Ø40 означає: сполучення виконане в системі валу, допуск на отвір 7 квалітет, а на вал – 6 квалітет (Рис. 1.11 б).



а)



б)

Рис. 1.11.Позначення посадок: Ø50H7; 6 – Ø 40g6

Для кожної з посадок при виборі квалітету, що визначає значення допуску, а значить і точність обробки деталі, необхідно враховувати можливості виробництва й собівартість виготовлення (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Застосування посадок

Посадка	Умова роботи
---------	--------------

ПОСАДКИ ІЗ ЗАЗОРОМ

Призначені для одержання рухливих з'єднань. Посадки з мінімальним зазором, рівні нулю (H/h) застосовують для нерухливих у робочих умовах з'єднань, якщо необхідно забезпечити досить легке переміщення (від руки) або поворот при установці або регулюванні

H5/h5	Особливо точне центрування
H7/h6; H8/h7	Забезпечує високу міцність центрування (змінні зубчасті колеса)
H8/h8; H9/h8; H9/h9	Застосовується для нерухомо закріплених деталей, що випробовують малі навантаження (зубчасті колеса, муфти, шківни).
H11/h11	Грубе центрування, невідповідальні рухливі з'єднання.
H5/g5; H7/g6	Посадки з малим зазором для точного обертання деталі при невисоких швидкостях
H5/g4	Посадки з малим зазором при невисоких швидкостях в особливо точних механізмах
H7/f7	Опори ковзання при помірних швидкостях
H6/f6	Точні підшипники
H8/f8; H8/f9; H9/f9	Відносно невисокі вимоги до співвісності, для опор, що перебувають на значній відстані.
H7/e7; H7/e8; H8/e8; H8/e9	Підшипники ковзання при більших швидкостях
H7/d8; H8/d8	Великогабаритні підшипники
H11/d11	Невідповідальні рухливі з'єднання

Продовження табл. 1.3

Посадка	Умова роботи
<i>ПЕРЕХІДНІ ПОСАДКИ</i>	
<p>Застосовуються для точного центрування деталей, нерухливих при роботі механізму, але підлягаючому періодичному складанню й розбиранню, а також для закріплення підшипників кочення. Перехідні посадки з номерами, не зазначеними в цій таблиці, використовують в аналогічних випадках при</p>	

Відповідно низьких або високих вимогах до точності центрування.	
H7/k6; H7/js6	Забезпечує гарне центрування, не вимагає значних зусиль при складанні або розбиранні, застосовують для посадки на вали шківів, зубчастих коліс, муфт маховиків, але за допомогою шпонки.
H7/n6	Дає досить міцне з'єднання, що використовується для установки на вали зубчастих коліс, що передають великі зусилля.
<i>ПОСАДКИ З НАТЯГОМ</i>	
Призначені для одержання нероз'ємних з'єднань без додаткових з'єднувальних пристроїв.	
H7/p6; H7/r6; H7/p7; H8/s7	Для невеликих навантажень; при більших навантаженнях вимагає кріплення шпонкою; легко збирається ручним пресом;
H7/i7; H8/i8	Сприймають значні навантаження, встановлюється під пресом;
H8/x8; H8/z8	Для важко навантажених з'єднань;

1.2.4 Допуски форми й розташування поверхні

Геометрична точність будь-якої деталі характеризується не тільки точністю окремих розмірів, але й точністю поверхонь, що утворюють деталь і точністю їхнього взаємного розташування. Відхилення форми й розташування поверхні в рухливих з'єднаннях приводять до збільшення зношування, до порушення плавності ходу, шумоутворення, зниженню точності функціонування механізму, а в нерухливих з'єднаннях - до зниження їхньої міцності й точності центрування.

Під *відхиленням форми* розуміють відстань від реальної поверхні, що обмежує деталь від навколишнього середовища, до прилеглої, у якості якої використовується поверхня, що має форму номінальної (тобто заданої кресленнями деталі) і дотична з реальної так, що відхилення від її найбільш вилученої крапки реальної поверхні мінімальне (рис. 1.12)[1].

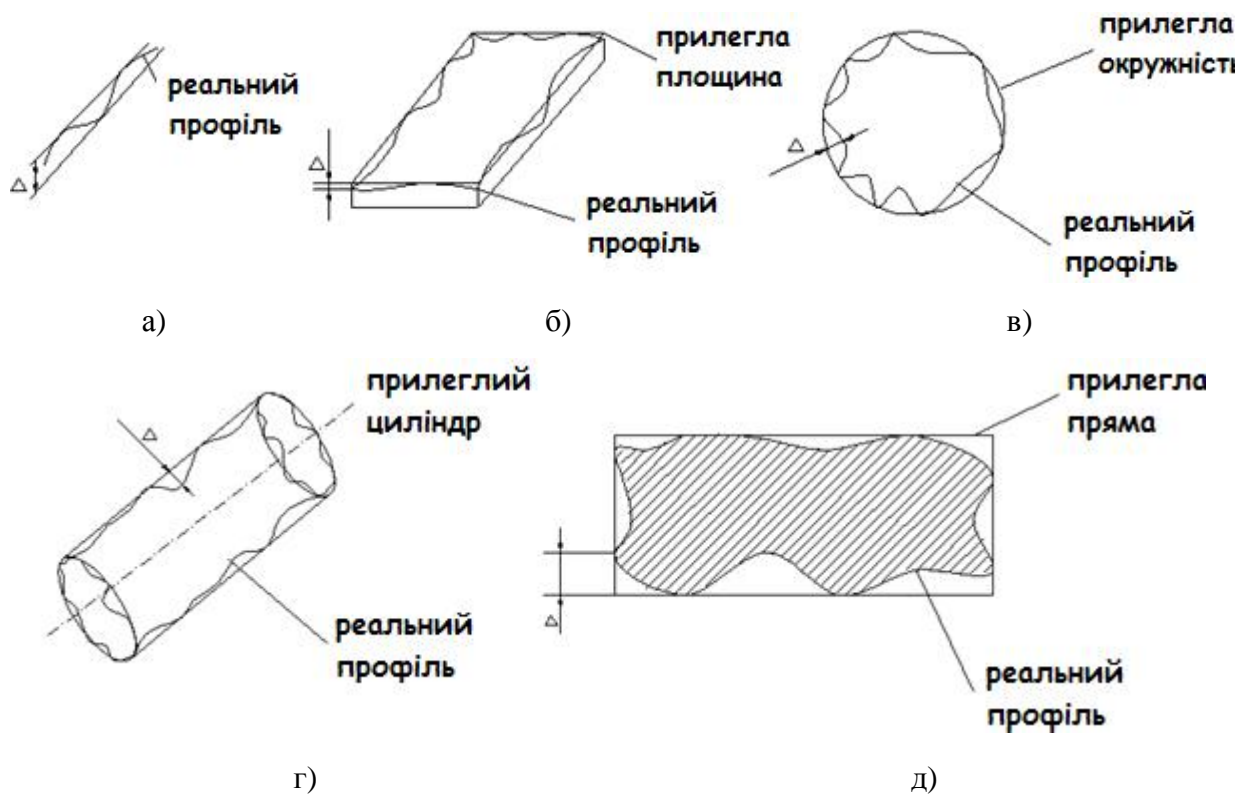


Рис. 1.12. Допуски форми: а – допуск прямолінійності; б – допуск площинності; в – допуск круглості; г – допуск циліндричності; д – допуск профілю поздовжнього перетину

Відхиленням розташування називають відхилення реального розташування поверхні (осі або площини) від номінального розташування (рис. 1.13)[2]. Під номінальним розуміється розташування, обумовлене номінальними (координатними) розмірами між розглянутими елементами й базою.

При визначенні номінального розташування плоских поверхонь координуючі розміри задають безпосередньо від них. Для циліндричних, конічних і інших поверхонь обертання, для різьби, призматичних пазів і

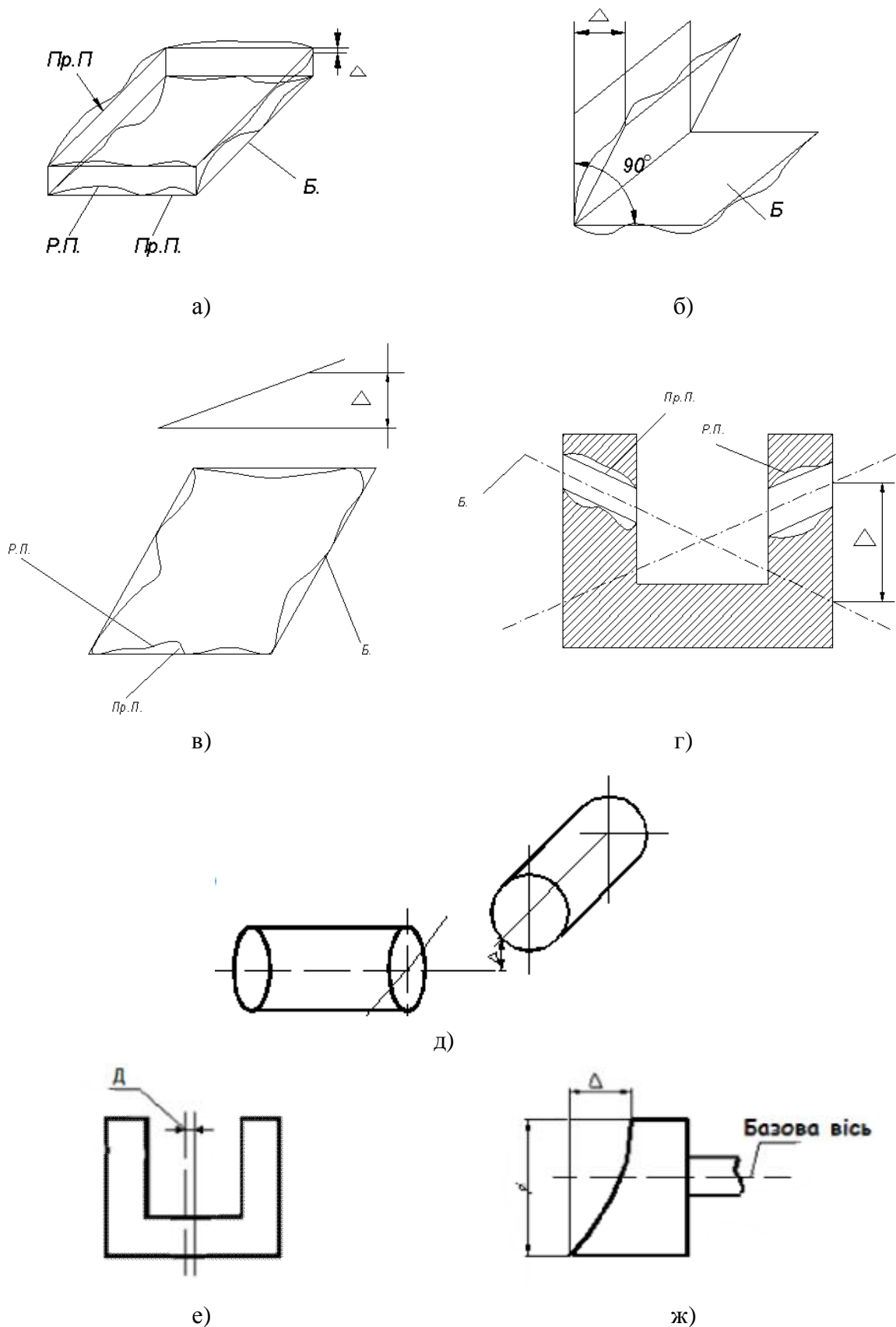


Рис. 1.13. Допуски відхилення розташування: а – відхилення від паралельності; б – відхилення від перпендикулярності; в – відхилення від паралельності; г – відхилення від співвісності; д – допуск перетинання осей; е – відхилення від симетрії; ж – допуск биття; Р.П. – реальна поверхня;Пр.П. – прилягаюча поверхня;Б – база.

виступів, симетричних груп поверхонь, що координують розміри звичайно задають від їхніх осей або площин симетрії.

Для оцінки точності розташування поверхонь призначають бази. У загальному випадку бази підрозділяють на конструкторські, технологічні й вимірювальні [4].

Конструкторською базою називається поверхня деталі, по якій вона контактує з іншими деталями в складальній одиниці (рис. 1.14). Задавши лінійні й кутові розміри, можна визначити положення інших поверхонь деталі щодо бази.

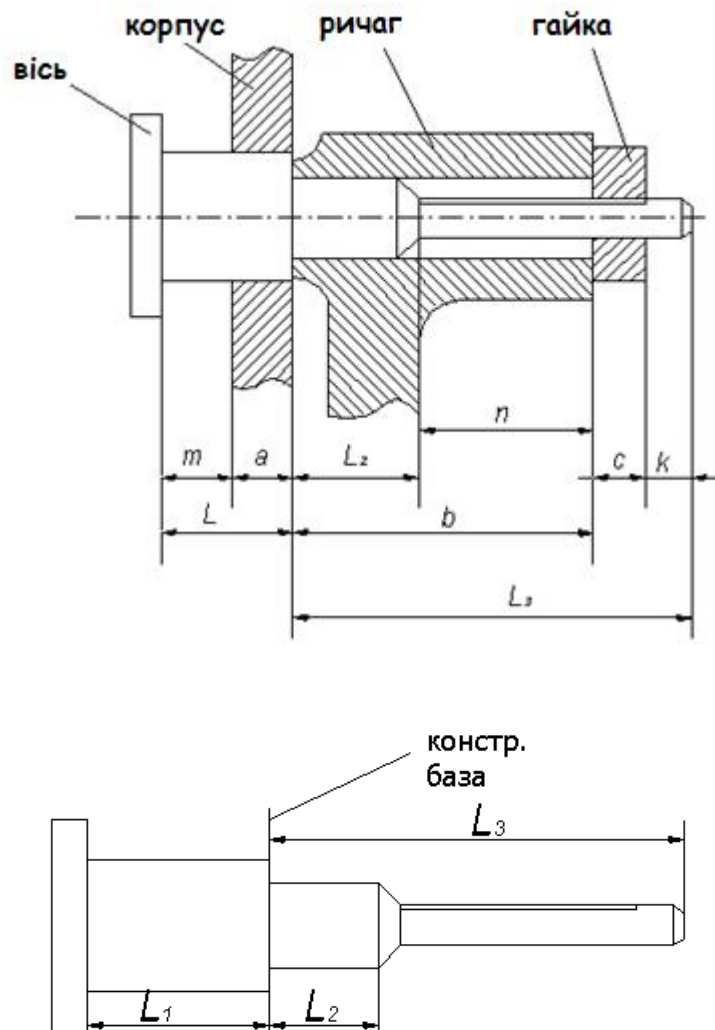


Рис. 1.14. Вибір конструкторської бази

Б – база. L_1 і a визначають величину поздовжнього люфту M осі. L_2 і b визначають величину n , необхідну для гарантійного кріплення важеля

на осі. L1, b, z – визначають величину запасу різьблення K. L1, L2, L3 – функціональні розміри визначаються функціями всього складання.

Технологічною базою називають поверхню деталі або заготовлі, по якій вона встановлюється в затискний пристрій обробного верстата й щодо якої за допомогою зазначених розмірів визначається положення оброблюваного інструмента (рис. 1.15).

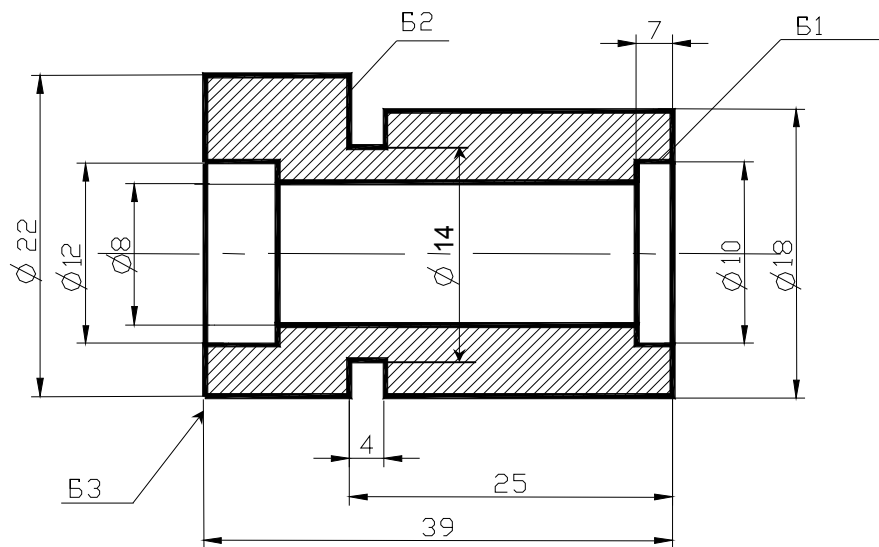


Рис. 1.15. Вибір технологічної бази

Вимірювальною *базою* називають поверхню, по якій деталь устанавлюється у вимірювальному пристрої для визначення правильності розташування інших поверхонь (рис. 1.16).

Через гострі кромки важко витримати конструктивні розміри. Одержання й вимірювання цих розмірів спрощується, якщо гострі кромки цих поверхонь замінити поверхнями, шириною t .

У деяких випадках конструкторська, технологічна й вимірювальна бази можуть не збігатися.

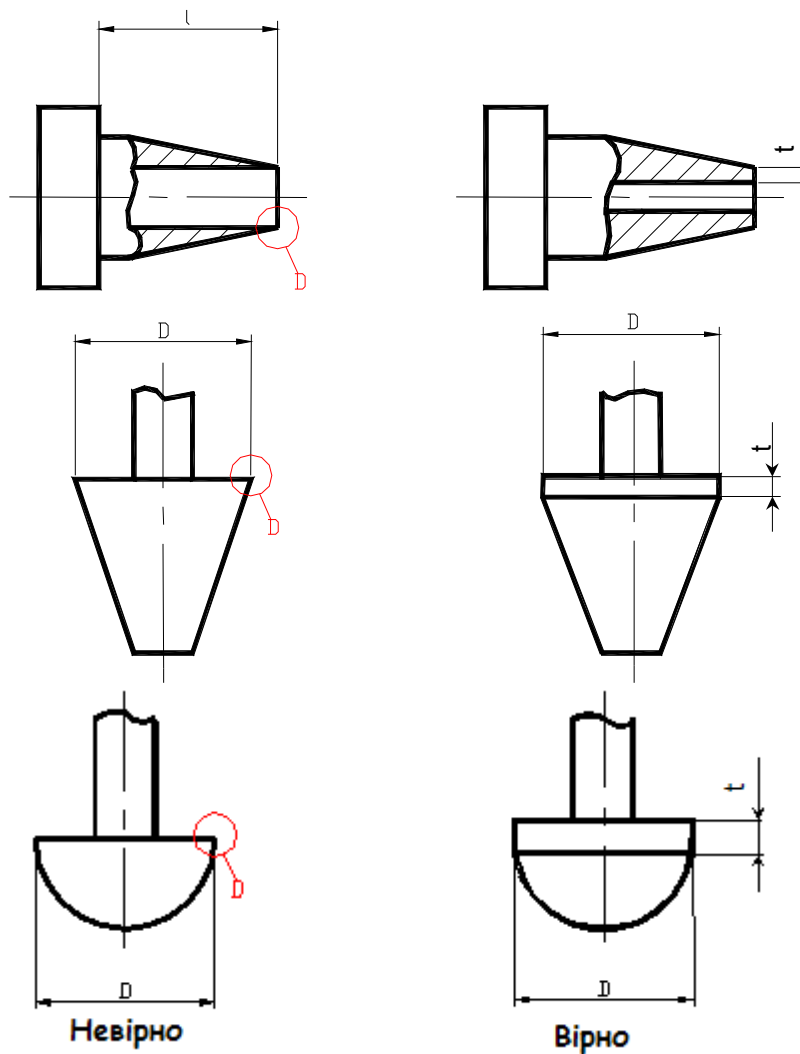


Рис. 1.16. Конструктивні заходи створення зручної виміральної бази

Допуски форми й розташування поверхні вказують на кресленнях одним із двох способів: умовною позначкою (кращий спосіб), або текстом у технічних вимогах. Відомості про граничні відхилення форми й розташування вказують у прямокутній рамці, розділеній на дві або три частини, у яких послідовно розташовуються умовні позначки відхилення, величина допуску в мм, і літерне позначення бази або іншої поверхні розташування. Якщо баз декілька, то в останню частину рамки вписують всі їх позначення (рис. 1.17, табл. 1.4)[5, 6].

Рамку з даними про граничні відхилення форми з'єднують із лінією, відображаючи на кресленнях дану поверхню прямою або ламаною лінією зі

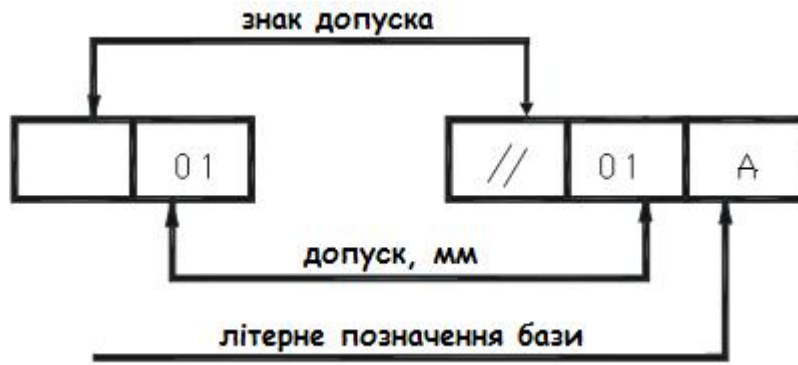


Рис. 1.17. Приклад позначення допусків форми і розташування

стрілкою на кінці. Рамку з даними про граничне розташування поверхонь з'єднують із базою прямою або ламаною лінією, котра закінчується чорним трикутником. Якщо з'єднання рамки з базою ускладнено, то поверхня позначається прописною буквою, що вписується в третю частину рамки.

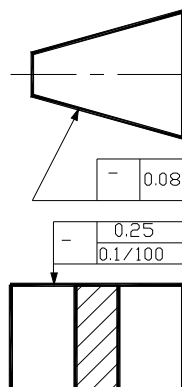
Цю ж букву вписують у квадратну рамку, що з'єднують із позначуваною поверхнею лінією, що закінчується чорним трикутником, якщо позначають базу, або стрілкою, якщо позначають поверхню, що не є базою. Якщо на кресленні допуски форми й розташування поверхні не зазначені, то мається на увазі, що вони не перевищують допуску розміру.

Таблиця 1.4

Позначення на кресленнях допусків форми й розташування поверхонь

Позначення допусків форми й розташування поверхонь

Пояснення



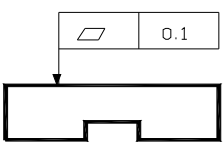
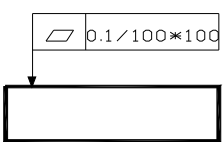
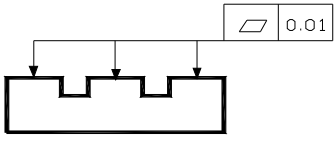
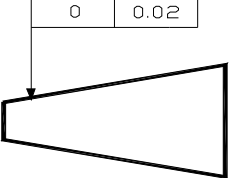
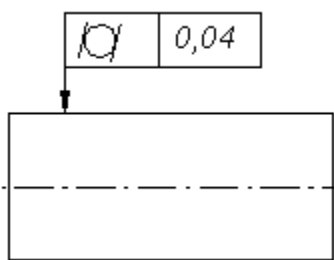
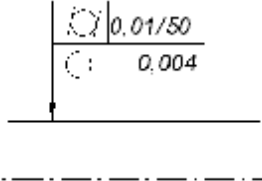
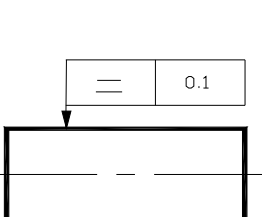
позначення допуску прямолінійності утворюючої поверхні конуса 0,08 мм

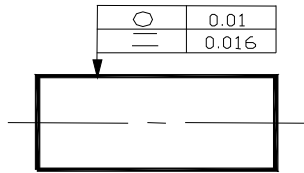
позначення допуску прямолінійності поверхні по всій довжині 0,25 мм і 0,1 мм на довжині 100 мм

Продовження табл. 1.4

Позначення допусків форми й розташування поверхонь

Пояснення

	<p>позначення допуску площинності 0,1 мм</p>
	<p>позначення допуску площинності 0,1 мм на площі 100*100 мм</p>
	<p>позначення допусків площинності 0,01 мм на кожній поверхні</p>
	<p>позначення допуску круглості конуса 0,02 мм</p>
	<p>позначення допуску циліндричності 0,04 мм</p>
	<p>позначення допуску циліндричності 0,01 мм на довжині 50мм і округлості 0.004 мм</p>
	<p>позначення допуску профілю поздовжнього перетину 0,1мм</p>

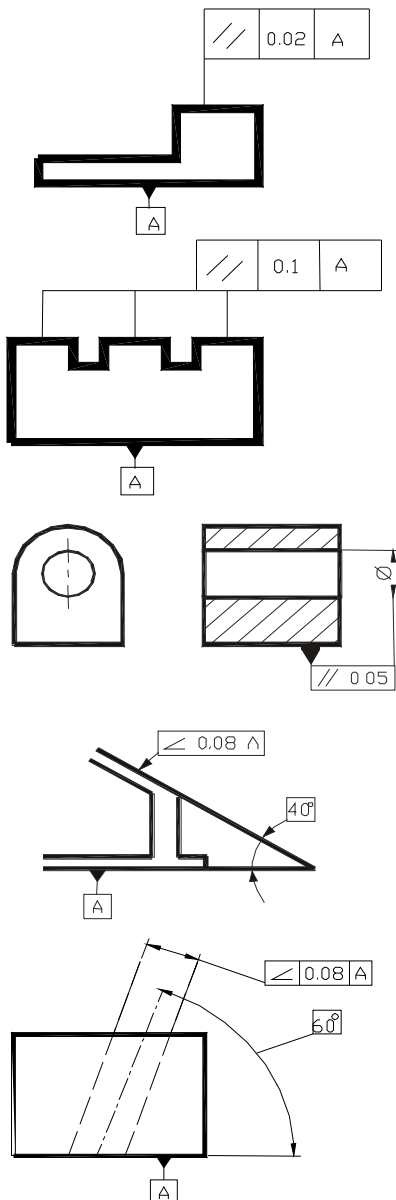


позначення допуску округлості 0,01 мм і допуску профілю поздовжнього перетину 0,016 мм

Продовження табл. 1.4

Позначення допусків форми й розташування поверхонь

Пояснення



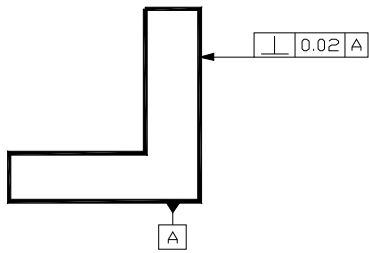
позначення допусків паралельності щодо бази А 0,02 мм

позначення допусків паралельності кожної поверхні відносно бази А 0,1 мм

позначення допуску паралельності осі отвору щодо основи 0,05мм

позначення допуску нахилу щодо базової поверхні А 0,08 мм. У рамках вказуються номінальний розмір: кут 40°.

позначення допуску нахилу щодо базової

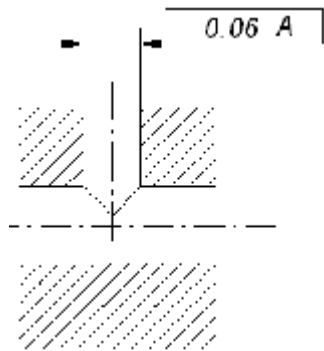


позначення допусків перпендикулярності щодо бази

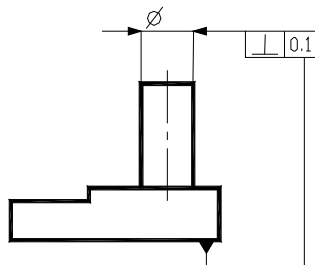
Продовження табл. 1.4

Позначення допусків форми й розташування поверхонь

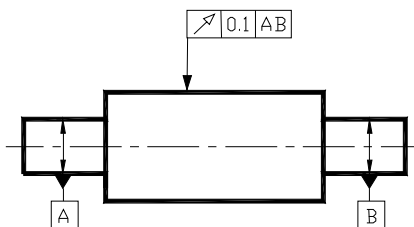
Пояснення



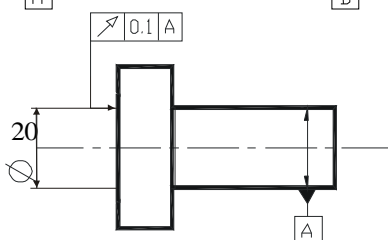
позначення допуску перпендикулярності осі верхнього отвору щодо осі базового отвору А 0,06 мм



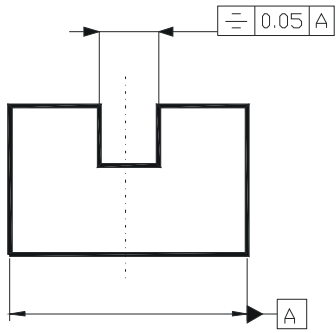
позначення допуску перпендикулярності осі виступу щодо основи 0,1 мм



позначення допуску радіального биття поверхні щодо загальної осі поверхонь А и В 0,1 мм



позначення допуску торцевого биття на діаметрі 20мм щодо осі поверхні А 0,1мм

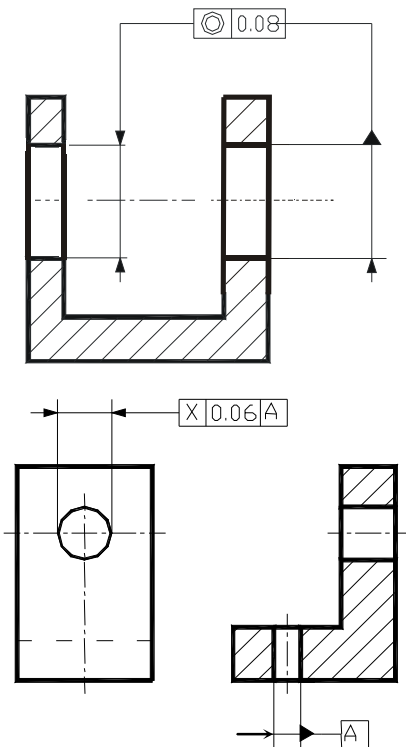


позначення допуску відхилення від симетрії паза щодо бази А – площини симетрії 0,05 мм

Продовження табл. 1.4

Позначення допусків форми й розташування поверхонь

Пояснення



позначення допуску співвісності осі лівого отвору щодо бази А 0,08 мм

позначення допуску перетинання осей

1.2.5 Шорсткість поверхні

При будь-якому способі виготовлення деталі її дійсна поверхня буде відрізнятися від номінальної, адже залишаються мікросліди обробки (рис. 1.18).

Сукупність мікронерівностей поверхні залежно від співвідношення кроку S і висоти мікронерівностей h називається *шорсткістю*, якщо відношення $S/h < 50$, і *хвилястістю*, якщо $S/h \geq 50$ [3].

Хвилястість виникає головним чином внаслідок коливань у системі верстат-інструмент-деталь. Хвилястість розглядається як частина відхилення від форми поверхні, і, якщо не зроблено особливих вказівок, обмежується допуском форми.

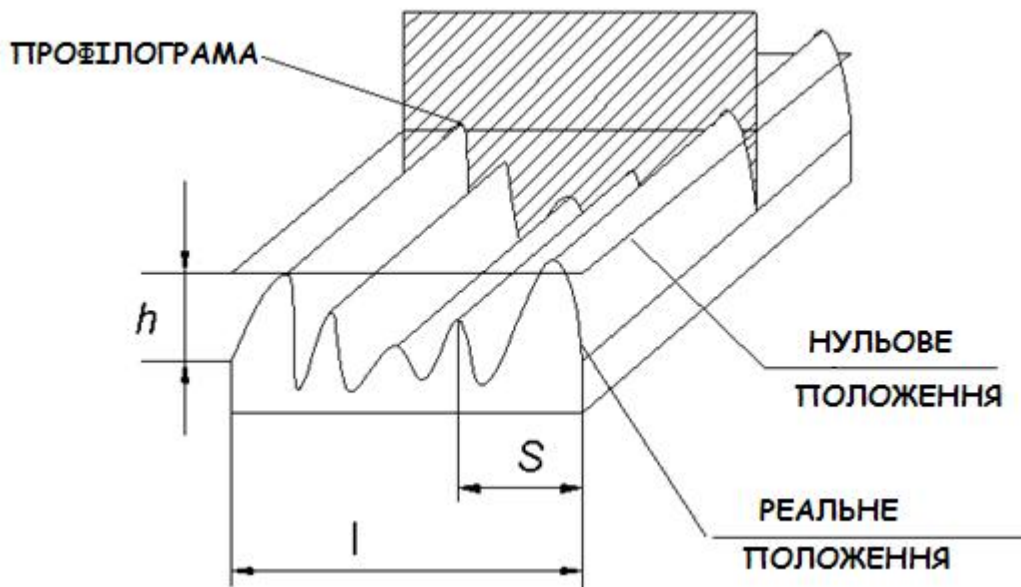


Рис. 1.18. Шорсткість і хвилястість: l – база, S – крок, h – висота мікронерівності

Основними причинами появи шорсткості є копіювання поверхні інструмента й форми його ріжучої кромки, вібрації при обробці, тертя, що приводить до задиру, сколювання поверхні й інші причини. Шорсткість багато в чому визначає стан поверхні, і поряд з точністю форми є однією з основних геометричних характеристик її якості. Шорсткість відіграє важливу роль у рухливих з'єднаннях деталей, істотно впливає на тертя й зношування. Зменшення шорсткості вносить більшу визначеність у характер сполучень

деталі, підвищує їхню міцність, особливо при змінних навантаженнях, поліпшує антикорозійну стійкість.

Шорсткість пов'язана також із щільністю й герметичністю з'єднань, міцністю зчеплення при склеюванні, нанесенні покриттів, точністю вимірів, зовнішнім виглядом. Щоб відрізнити шорсткість від нерівностей з відносно більшими кроками, її розглядають у межах обмеженої ділянки, довжина якої називається *базовою довжиною* l . Базою для відліку відхилень профілю є середня лінія профілю – лінія, що має форму номінального профілю й проведена так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю від цієї лінії мінімальне. З достатнім ступенем точності можна вважати, що середня лінія ділить профілограму таким чином, що сума площ виступів профілю над нею дорівнює сумі площ западин під нею (рис. 1.19)[1].

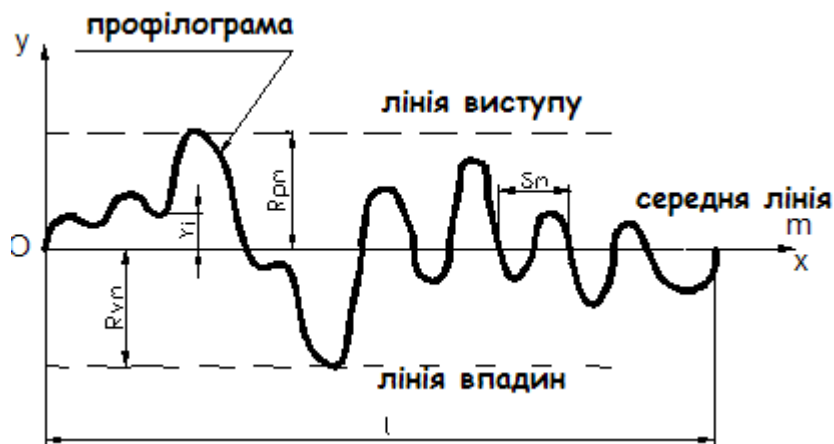


Рис. 1.19. Параметри шорсткості: R_{pm} – висота найбільшого виступу профілю; R_{vm} – глибина найбільшої впадини профілю; S_m – крок

Для оцінки шорсткості поверхні використовують наступні критерії:

1. Середнє арифметичне відхилення профілю R_a (рис. 1.20):

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

де $y(x)$ – сама профілографа; y_i – дискретний ряд зсуву висоти; n – кількість обраних точок профілю на базовій довжині l .

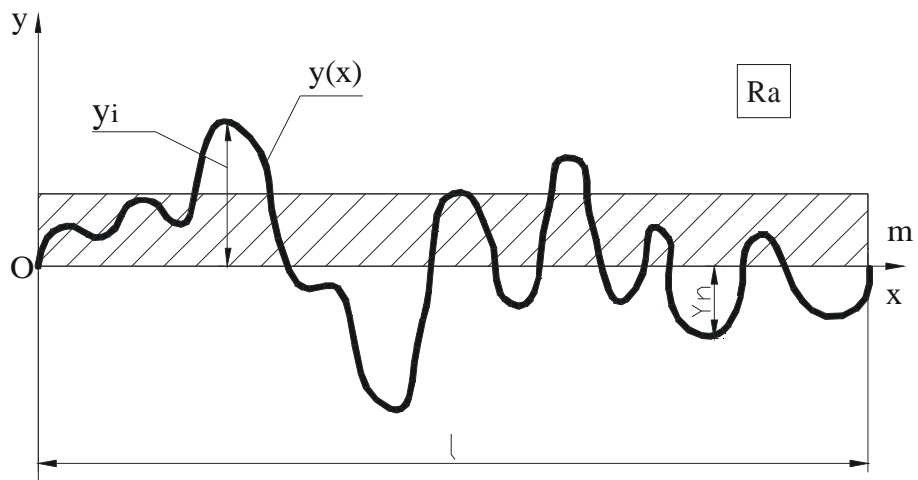


Рис. 1.20. Середнє арифметичне відхилення профілю

2. Висота нерівності профілю по десяти крапках, R_z (рис. 1.21):

$$R_z = \frac{1}{10} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}| \right)$$

де y_{pmi} , y_{vmi} – відхилення 5-ти найбільших виступів і западин профілю відповідно.

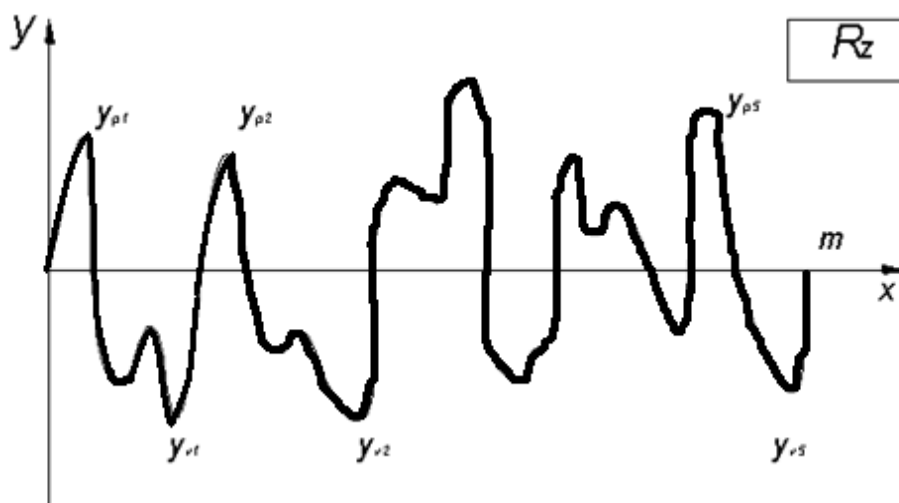


Рис. 1.21. Висота нерівності профілю по десяти крапках: v – западини; p – виступи

3. Найбільша висота нерівностей профілю, R_{max} (рис. 1.22).

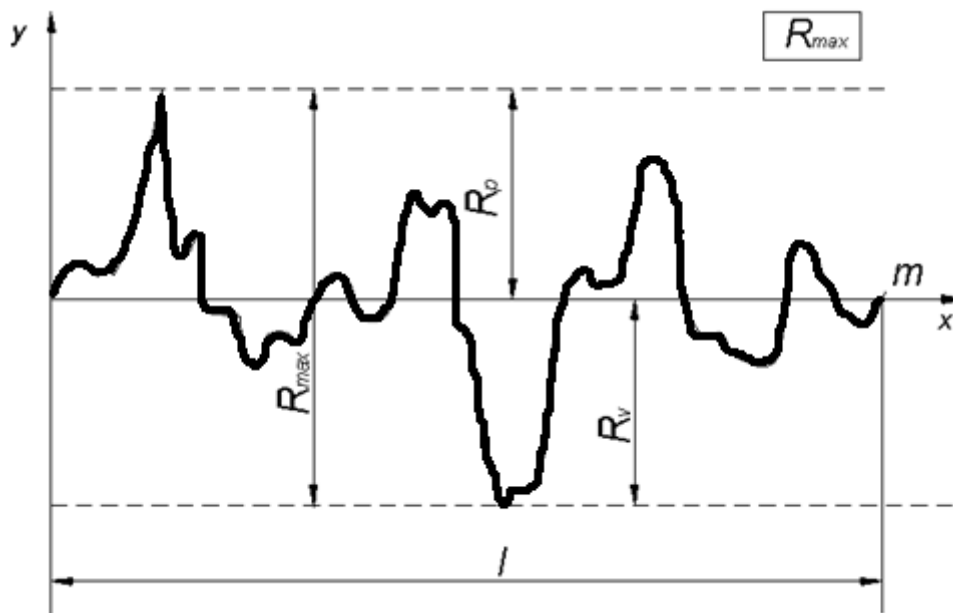


Рис. 1.22. Найбільша висота нерівностей профілю: R_p – висота найбільшого виступу профілю; R_v – глибина найбільшої западини профілю; R_{max} – відстань між лінією виступів профілю та лінією западин профілю в межах базової довжини

4. Середній крок нерівностей профілю, S_m (рис. 1.23):

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi},$$

де S_{mi} – відрізок середньої лінії укладеної між точками перетину суміжних виступів і западин із середньою лінією. Параметр S_m характеризує частотні характеристики шорсткості поверхні.

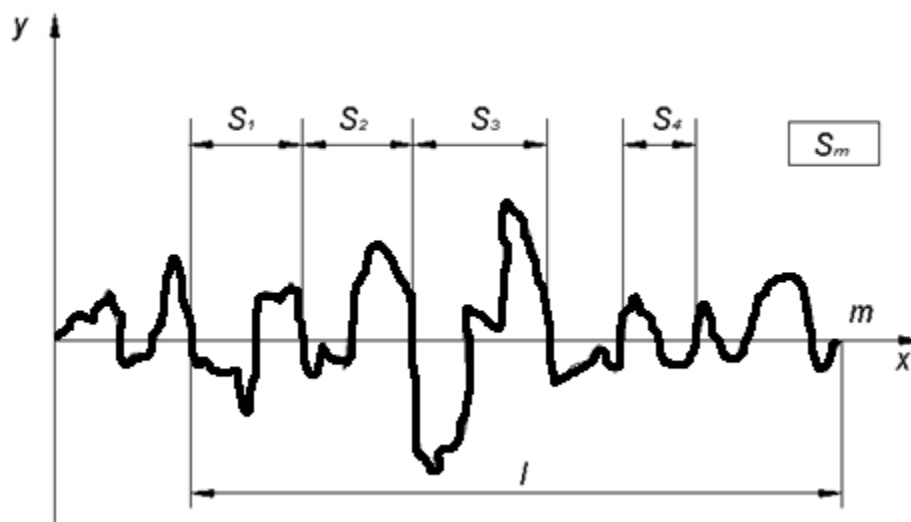


Рис. 1.23. Середній крок нерівностей профілю

5. Відносна опорна довжина, t_p (рис. 1.24):

$$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \times 100\% ,$$

де b_i – довжина відрізка, що відтинається в матеріалі деталі, лінією еквідистантної середньої лінії й розташованої на рівні P від лінії виступів профілю. Рівень перетину P звичайно виражається у відсотках. Параметр t_p показує стан шорсткої поверхні після певного часу експлуатації.

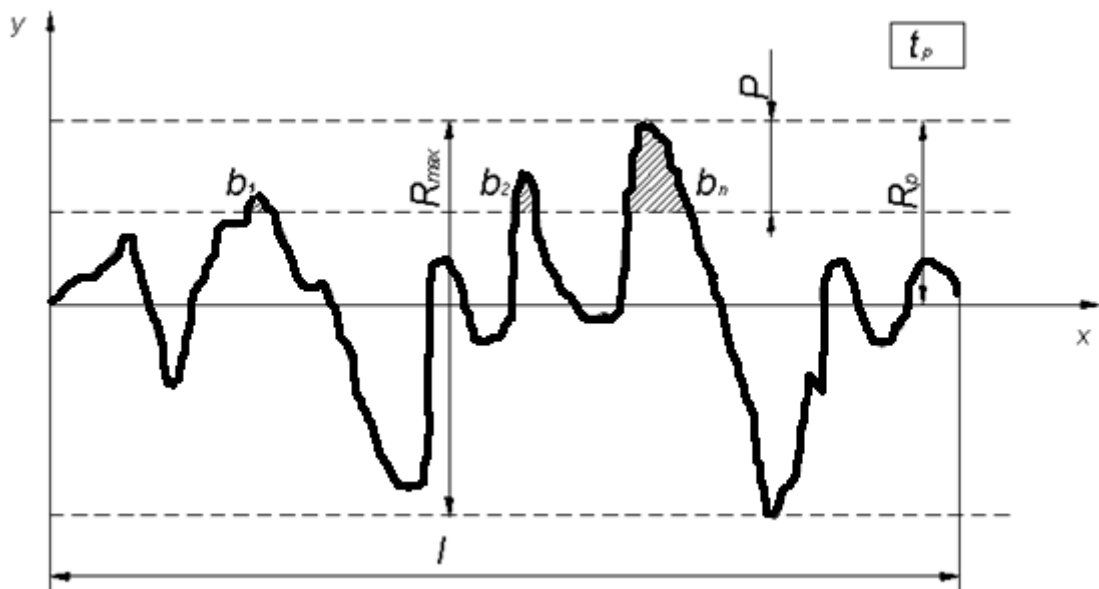


Рис. 1.24. Відносна опорна довжина профілю

Вимоги до шорсткості встановлюють шляхом зазначення числового значення нормованого параметра (або декількох). Шорсткість поверхні позначається знаками із зазначенням над ним нормованого параметра шорсткості (знак основного параметра R_a опускають) і його числового значення в мікрометрах.

Знаки позначають[5]:

- ✓ вид обробки не встановлюється;
- ✓ поверхня повинна бути утворена видаленням шару матеріалу;
- ✓ поверхня збережена в стані поставки.

У відповідальних випадках конструктор може встановлювати додаткові вимоги до виду обробки, базової довжини й числове значення напрямку обробки (рис. 1.25 – 1.28)[5].



Рис. 1.25. Повне позначення шорсткості

Параметр шорсткості варто вибирати з урахуванням умов роботи й експлуатаційних властивостей поверхні. Варто враховувати й можливість забезпечення заданих вимог до шорсткості раціональними методами обробки

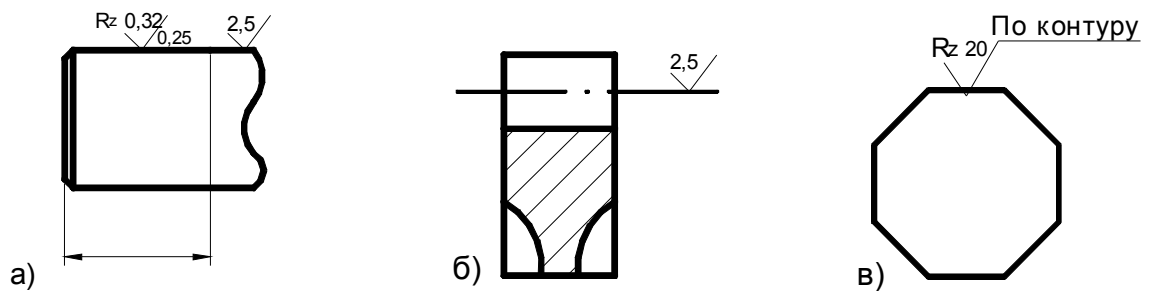


Рис. 1.26. Особливі випадки вказівки шорсткостей: а – позначення шорсткості на виділеній ділянці; б – для робочих поверхонь зубів і евольвентних шліць; в - обробка по всьому контуру

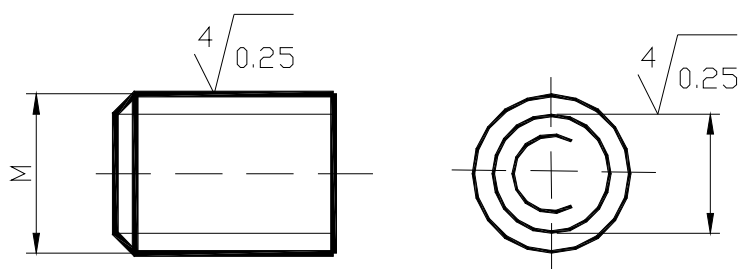


Рис. 1.27. Позначення шорсткості різьблення

Стандартом передбачений ряд числових параметрів Ra і Rz:

100; 80; 63; **50**; 32; **25**; 20; 16; **12,5**; 10; 8; **6,3**; 5; 4; **3,2**; 2,5; 2; **1,6**; 1,25; 1; **0,8**; 0,63; 0,5; **0,4**; 0,32; 0,25; **0,2**; 0,16; 0,125; **0,1**; 0,08; 0,063; 0,05; 0,04; 0,032; 0,025; і т.д.

Виділені значення є кращими.

В табл. 1.5 наведено рекомендації з нормування шорсткості.

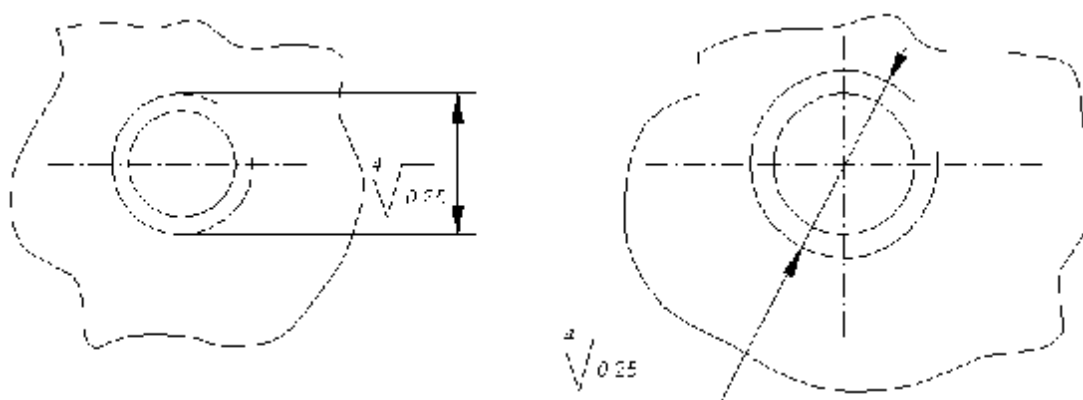


Рис. 1.28. Вказівка шорсткості різьблення

Таблиця 1.5

Рекомендації з нормування шорсткості

Параметри шорсткості, мкм		Типові поверхні деталей	Способи одержання
Ra	Rz		
	80-40	Болти, гайки нормальної точності, поверхні фасок, канавок	Обточування, фрезерування, гаряче кування, центробіжне лиття звичайної якості

	40-20	Гвинти, штифти, болти і гайки підвищеної точності, неробочі поверхні осей, валів, муфт, маточин	Те ж саме, але покращеної якості
	20-10	Неробочі поверхні деталей, корпусів, косинців, кронштейнів, пластин і т.п.	Чистове обточування, стругання, фрезерування, свердління, лиття під тиском
2, 5-2,0		Отвори для встановлення двигунів, деталей з поверхнями, що центрують	Те ж саме, але високої якості
2, 0-1,0		Площини рознімань і базові поверхні корпусів, зовнішні незв'язані деталі до зовнішнього вигляду яких пред'являються підвищені вимоги	Те ж саме

Продовження табл. 1.5

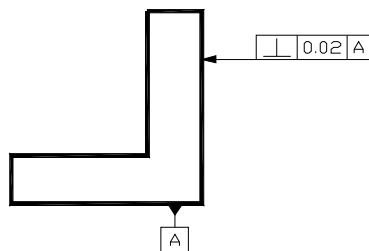
Параметри шорсткості, мкм		Типові поверхні деталей	Способи одержання
Ra	Rz		
1, 25-0,63		Поверхні сферичних опор, робочі поверхні шківів, гальмових барабанів, посадкові поверхні зубчастих коліс, втулок, черв'яків	Тонке точіння, фрезерування, грубе шліфування, протягання, прокат труб і листа
0, 63-0,32		Робочі поверхні ходових валів, посадкові поверхні осі ексцентриків і зубчастих коліс, поверхні валів під підшипники кочення, рукоятки, кнопки, маховики	Те ж саме, але покращеної якості
0, 32-0,08		Робочі поверхні передавальних, колінчастих і розподільних валів	Тонке шліфування, розгортання, Середнє притирання, обкатування роликом
0, 08-0,04		Кульки й ролики підшипників кочення, поверхні тертя фрикціонів	Тонке притирання, шліфування-обробка
0, 04-0,02		Вимірювальні поверхні калібрів	Те ж саме
	0, 1-0,05	Вимірювальні поверхні	Тонке притирання, грубе полірування

	0, 05- 0,008	Поверхні винятково точних вимірювальних приладів, робочі поверхні оптичних деталей	Полірування
--	-----------------	--	-------------

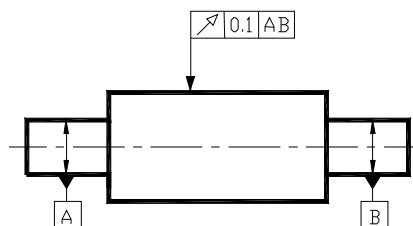
Певні обмеження шорсткості пов'язані з допуском розміру й форми нормованої поверхні. Однак однозначного зв'язку між цими параметрами немає. Як граничні значення можна рекомендувати співвідношення $R_a \leq 0.1 \times T$ між параметром R_a і полем допуску.

1.3 Контрольні запитання та завдання

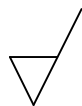
1. Назвіть стадії створення нового зразка.
2. Поясніть зміст та задачі кожного етапу конструювання.
3. Обґрунтуйте необхідність розбиття конструкції на структурні елементи.
4. Поясніть призначення та особливості конструювання кожного структурного елемента.
5. Розшифруйте напис $\text{Ø } 50\text{H}10$
6. Розшифруйте напис $\frac{G7}{h6} \text{Ø}40$
7. Які ви знаєте види баз?
8. Яке позначення допуску використовується в даному кресленні?



9. Яке позначення допуску використовується в даному кресленні?



10. Поясніть значення даного знаку



2 КОНСТРУЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ І ЇХНІХ З'ЄДНАНЬ

2.1 Конструювання деталей приладів

2.1.1 Структура деталей

Деталь як об'єкт конструювання являє собою єдине неподільне тіло, матеріал, форма й розміри якого обумовлені його функціональним призначенням. По функціональному призначенню деталі поділяються на[7]:

- основні (або схемні), що забезпечують роботу системи, у яку вони входять;
- додаткові, що забезпечують функціонування деталей першої групи (проміжні, монтажно-кріпильні);
- допоміжні, призначені для керування системою й захисту її від зовнішніх впливів (рукоятки, захисне скло, кожухи).

За рівнем типізації деталі відносять до:

- стандартних (гвинти, гайки);
- типових за формою й котрі розрізняються тільки розмірами (валики, втулки й ін.);
- спеціальних, що розроблені заново й застосовуються тільки в даному приладі.

У кожній деталі можна виділити три структурних взаємозалежних елементи:

- робочий елемент (РЕ), що виконує основне функціональне призначення деталей;
- базовий елемент (БЕ), призначений для приєднання деталі до базового;
- вільний елемент (ВЕ), що з'єднує в одне ціле робітник і базовий елементи.

На рис. 2.1 показано конструкцію простого вузла – кріплення об'єктива в оправі [7]. У складання входять дві деталі: лінза й оправка. РЕ – лінза (об'єктив), БЕ – для установки лінзи в оправку. З'єднання РЕ й БЕ виконує ВЕ.

При розробці кожної деталі відбувається послідовна розробка зазначених структурних елементів, оскільки всі ці елементи конструюються з

різних умов і по різним вихідним даним. Для оцінки співвідношень розмірів елементів варто виходити з того, що завжди необхідними є РЕ й БЕ. БЕ необхідно мінімізувати.

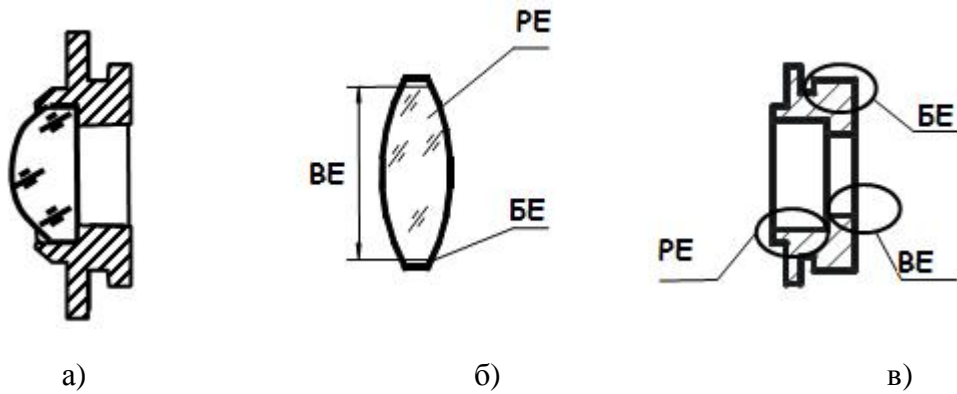
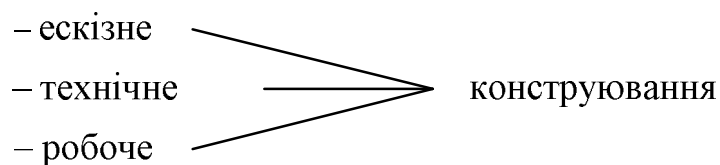


Рис. 2.1 Складання деталі: а – кріплення об’єктива в оправі; б – лінза; в – оправка

2.1.23міст і етапи конструювання деталей

Конструювання деталей складний, комплексний і в загальному випадку невизначений процес. Успішний розв’язок його на практиці базується головним чином на досвіді конструктора й широкому використанні рецептурного матеріалу з довідника.

З визначення деталі, її основні ознаки: матеріал, форма й розміри. Вибір цих елементів і становить основне завдання конструювання. Процес конструювання деталі не є незалежним. Він підпорядкований процесу компонування приладу й ділиться на етапи[7]:



Протягом процесу компонування, починаючи від пошуку оптимальної конструкції до її завершення, деталь залишається в ескізному зображенні. Після того, як варіант компонування обраний і відбувається креслення

загального виду, проводиться відпрацювання (уточнення) форм і розмірів деталі з перевіркою їх на жорсткість, міцність і т.д. При цьому остаточно вибирається матеріал для кожної деталі. Цей етап називається технічним конструюванням. У процесі робочого конструювання проводиться випуск технічної документації на деталь із урахуванням технології її виготовлення.

Показники якості, по яких оцінюється конструкція, у загальному випадку діляться на три групи[8]:

- експлуатаційні (жорсткість, міцність і т.д.);
- конструктивні (конструктивно-доцільні й функціонально обґрунтовані маса й розміри, мінімально необхідні обсяги, естетичність форм);
- технологічні (можливість виготовлення на наявному устаткуванні з необхідними параметрами).

Цими показниками конструктор керується протягом усього процесу конструювання, роблячи відповідні розрахунки й оцінки.

2.1.3 Вибір матеріалу

Знання матеріалів та вміння знаходити необхідний з-поміж відомого в техніці широкого набору є обов'язковими для інженера-конструктора. Матеріали, як відомо, поділяються на метали та неметали[9]. Метали в свою чергу – на чорні та кольорові, а неметали – на пластмаси, спеціальні та допоміжні. Характеристики деяких найважливіших властивостей найбільш розповсюджених матеріалів наведені в табл. 2.1[7], галузі застосування – в табл. 2.2 та 2.3 [1].

При виборі матеріалу закладається багато показників якості конструкції в цілому: маса, жорсткість, міцність, економічність та ін. У загальному випадку завдання на вибір матеріалу характеризується багатоваріантністю внаслідок великої кількості впливаючих факторів, тому конструктор може керуватися лише загальними принципами й вимогами до

деталі виходячи з її призначення, умов роботи, типу виробництва. Разом з тим процес вибору матеріалу не повинен бути тривалим через масовість характеру цих операцій. Тому емпіричний метод аналогій, заснований на досвіді й знаннях конструктора, є головним.

Таблиця 2.1

Властивості конструкційних матеріалів

Матеріали	Густина ρ , г/см ³	Межа міцності, $\sigma_B \cdot 10^{-1}$, Мпа	Модуль пружності, $E \cdot 10^6$, Па	Коеф. лін. розширення, $\alpha \cdot 10^{-6}$ 1/°C
Сталь вуглецева	7,85	50	2,1	11,4
Чавун легований	5,5-7,5	12-38	0,91	10-12
Бронзи безолов'янисті	7,5-8,9	36-103	0,9-1,3	15,6-20,4
Латунь, що деформ.	8,1-8,85	22-75	1,1-1,18	17-20,7
Алюмінієвий сплав (ливарний)	2,63-2,94	12-30	---	21,1-24,5
Алюмінієвий сплав (що деформ.)	2,65-2,84	13-55	---	22-24
Титанові сплави (що деформ.)	4,4-4,9	105-140	1,05-1,25	8-10
Текстоліт	1,3-1,4	12,5	0,1	33
Пластмаси конструкційні	1,13-1,15	5,5-10	---	120-140
Пластмаси антифрикційні (фторопласт)	2,1	---	0,012-0,014	---

Основні фізико-механічні властивості матеріалу.

Твердість – оцінюється у відносних одиницях по Бринелю й Роквелу, вона оцінюється по діаметру відбитка кульки, що вдавлюється в поверхню[1].

Під міцністю матеріалу мають на увазі його здатність пручатися руйнуванню або деформації під впливом зовнішніх сил. Вона характеризується межею міцності при розтягненні, яка являє собою відношення навантаження P прируйнуванні зразка до площі його перетину A :

$$\sigma_B = P/A, [\text{МПа}].$$

Пластичність характеризується відносним подовженням δ зразка, що представляє собою відношення довжини зразка після розриву l до його первісної довжини l_0 : $\delta = l/l_0$.

Щільність матеріалу визначається відношенням маси матеріалу M до його обсягу V : $\rho = M/V, [\text{г/м}^3]$.

Коефіцієнт лінійного розширення α – це відношення приросту довжини Δl до початкової довжини зразка при підвищенні температури від t_1 до t_2 :

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0(t_2 - t_1)} \left[\frac{1}{\text{К}} \right].$$

Таблиця 2.2

Рекомендації з вибору матеріалу

Матеріал, марка	Галузь застосування, особливості
Сталь 08 КП	Для мало навантажених деталей, що штампуються, з високою пластичністю. Недорога.
Сталь 20	Для оправ для завальцовки оптич. деталей, оправ, різьбових кілець.
Сталь 40	Для осей і валіків зубчастих коліс і деталей муфт. Обробка гірше ніж Ст20.
Сталь 50	Для деталей високої міцності: зубчастих коліс, штоків, рейок, міцних осей, ексцентриків. Обробляється задовільно.
Сталь 60	Для деталей, від яких потрібна висока міцність і зносостійкість: напрямні, кулачки, пружинні кільця.
A20	Для різьбового кріплення, втулок, фланців, дрібних різьбових оправ.
Сплав алюмінієвий АЛ-2	Для корпусів, кронштейнів, виготовлених тонкостінним литтям (кріпильні різьблення менше ніж М3 не застосовувати). Не виносить тертя. Ливарний сплав.
АЛ-9	Для корпусів, оправ, кронштейнів, що направляють із легким тертям. Добре обробляється, працює на стирання, добре оксидується, ливарний сплав
АМц	Для виробів виготовлених глибокою витяжкою (згинанням), листовий матеріал, добре зварюється. Для коробок, футлярів, кронштейнів.
Д16Т	(Дюралюміній), для різних деталей приладів середньої й підвищеної міцності, за винятком штампувань і кувань, погано

Матеріал, марка	Галузь застосування, особливості
	працює на тертя.

Продовження табл. 2.2

Матеріал, марка	Галузь застосування, особливості
Бронза АЖ9-4	Для фасонного лиття, підшипникових втулок, черв'ячних коліс, антифрикційних деталей.
Б-2	Для пружинних деталей
Латунь ЛС59-1	Антифрикційний сплав для мало навантажених деталей, не боїться корозії, добре обробляється, недорогий.

Таблиця 2.3

Деякі пластмаси

Матеріал, марка	Галузь застосування, особливості
1	2
ДО-15-2	Фенопласт, використовується у виробництві кнопок, маховиків, плат, корпусів, піддонів, електроізоляційних деталей.
Пресувальний матеріал АГ-4	Пресувальний матеріал; використовується для: каркасів, електро-радіо деталей і електроізоляційних деталей
Склотекстоліт ВФТ-С	Для друкованих плат і панелей
Органічне скло СОЛ, полістирол	Для виготовлення корпусів приладів, ненавантажених деталей, добре піддається гострінню, фрезеруванню, свердлінню
Фторопласт	Для підшипників ковзання, електроізоляційних деталей, антифрикційних вкладишів.
Поліуретан ПУ-1	Для антифрикційних вузлів і деталей середнього навантаження, не боїться ударних навантажень.

2.1.4 Вибір форми деталі

Вибір форми деталей зводиться до вибору форм їх поверхонь, з набору поверхонь, використовуваних при конструюванні. Набір містить групу типових поверхонь: площина, циліндр, сфера; і групу спеціальних:

параболоїд, еліпсоїд, евольвента та ін[7]. Типові поверхні більш технологічні й не вимагають спеціального устаткування. При виборі форми поверхні керуються критеріями:

- функція деталі;
- конструктивна доцільність;
- технологічність;
- естетичність.

Функція деталі впливає на вибір її форми (наприклад поверхня оптичного елемента).

Конструктивна доцільність відображає в основному дотримання принципу мінімізації вільних елементів.

При виборі методу виготовлення поверхні необхідно враховувати[7]:

- обробка на основі робочих ходів верстата забезпечує більш високу точність, ніж обробка фасонним елементом
- чим більше параметрів повинно витримуватися при обробці, тим нижче точність;
- результуюча точність безперервного процесу вище, ніж дискретного;
- з збільшенням довжини поверхні, знижується точність її обробки.

На вибір форми поверхні впливають також наступні дані:

- приладобудівні заводи на 90% оснащені універсальним металообробним устаткуванням, що допускає обробку лише типових поверхонь;
- до 80% номенклатури виробів припадає на дрібносерійне виробництво, що обмежує можливість застосування спеціалізованого устаткування;
- усі поверхні, що сполучаються, деталей не нижче 7-8 квалітетів обробляється остаточно різанням на металорізальнім устаткуванні.

Естетичність форм деталей характеризує гармонійність, а також технічно раціональну композицію структурних елементів стосовно цілого[7]. Дотримання пропорцій, виражених певним співвідношенням елементів форми – найбільш ефективний засіб гармонізації форм матеріальних тіл. Одним із проявів гармонії є симетрія, яка символізує почуття врівноваженості й збалансованості елементів у цілому. Використовується пропорціональність елементів форми на основі ряду ірраціональних чисел. Широке застосування має золоте співвідношення 0,618:1. Прикладом такого співвідношення може служити співвідношення між шириною лінійного інтервалу й довжини штрихів у шкал. Такі пропорції значно знижують стомлюваність оператора.

2.1.5 Визначення розмірів деталі

Залежно від належності до структурних елементів деталі, розміри підрозділяються на розміри робочих елементів, базових елементів, вільних елементів[7]. Крім того існують розміри, що координують положення робочих елементів щодо базових.

Розміри робочих елементів визначаються, в основному, з умов функціональної точності прибору, параметричної надійності й контактної жорсткості з'єднань. Розміри базових елементів знаходять із умов точності орієнтування робочих елементів, а також технологічності зборки. Розміри вільних елементів - з умов загальної міцності й жорсткості деталі. Розміри, що орієнтують робочі елементи щодо базових, вибирають із конструктивних умов компонування конструкції.

Визначення розмірів деталі засноване на комбінації методів вибору й розрахунків, причому домінуючу роль відіграє вибір. Розрахунки застосовуються в тих випадках, коли вдається побудувати математичну модель, що зв'язує розміри деталі з вимогами до показників якості.

Для оптичних деталей такі моделі дозволяють за допомогою габаритно-абераційних розрахунків знайти всі конструктивні розміри робочих елементів оптичних деталей. І тільки базові елементи вибираються зі стандартів галузі.

Для деталей механічних систем розрахунками визначається тільки мала частина розмірів. В основному використовуються рекомендації, нормалі й стандарти.

Нанесення розмірів на кресленні є одним з найбільш важливих етапів конструювання! Правила нанесення розмірів на креслення стандартизовані (ДЕРЖСТАНДАРТ 2.307)[5]. Загальна кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення й контролю, тому неприпустимо проставляти розміри у вигляді замкненого ланцюжка.

Приклади нанесення розмірів показано на рис. 2.2:

а) $38 \pm 0,4$ – габаритний розмір;

б) 20^* – розмір для довідок;

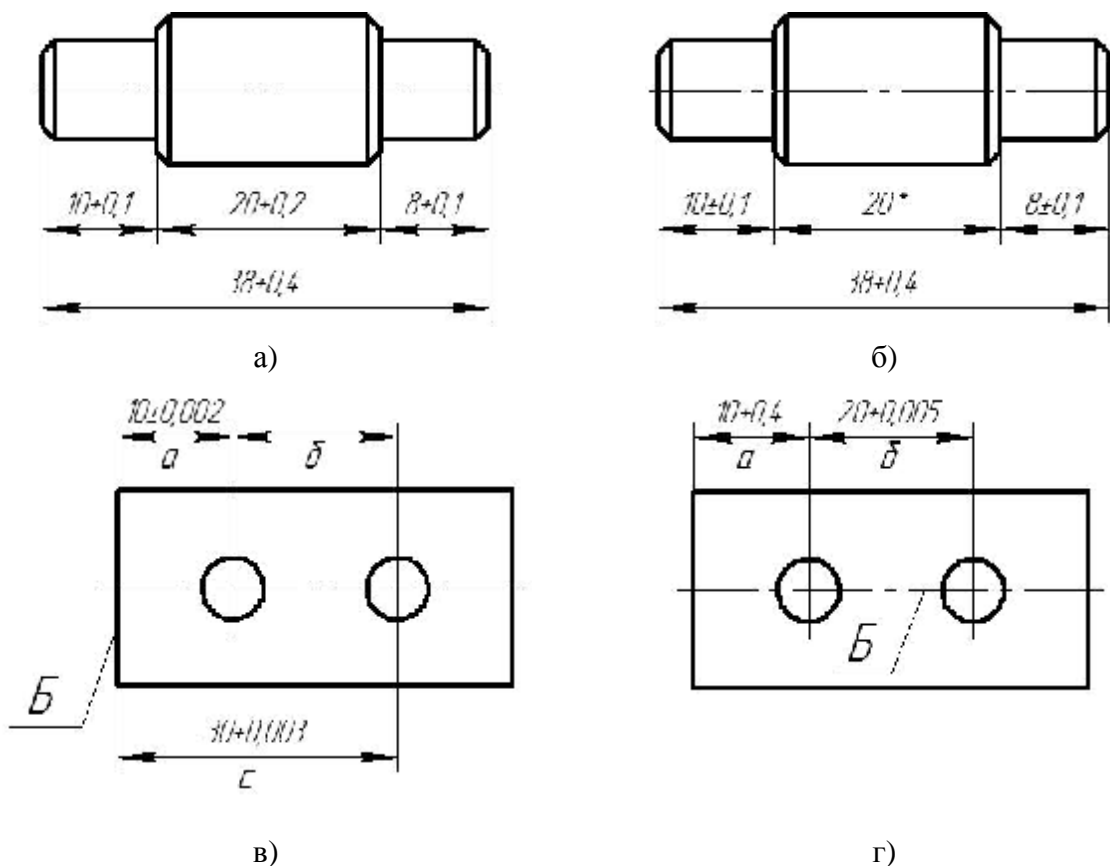


Рис. 2.2 Нанесення розмірів: а, в – невірно; б, г – вірно

в) сполучений розмір **б** виявляється замикаючим у розмірному ланцюзі розмірів **а, б, с**; сума допусків на розміри **а** й **с** повинна дорівнювати допуску на розмір **б**, тобто ці розміри повинні бути виконані з більшою точністю, ніж розмір **б**;

г) розмір **б** є сполученим для зборки й виконується з високою точністю, розмір **а** є вільним і його точність невисока.

При проставленні розмірів на деталі необхідно враховувати її взаємодію разом з іншими деталями в складальній одиниці або вузлі.

При розташуванні елементів деталі (отворів, пазів, проточок і ін.) на одній або на іншій осі однієї окружності розміри, що визначають їхнє взаємне розташування, що і є сполученими, указують на кресленні одним з наступних способів (рис. 2.3) [4]:

- 1) від загальної бази;
- 2) ланцюжком;
- 3) завданням розмірів декількох груп елементів від декількох баз.

При завданні розмірів від загальної однієї бази (координатний метод), забезпечується точність відстаней усіх елементів деталі від однієї бази. Точність відстаней між самими елементами знижуються (рис. 2.3 а).

Проставлення розмірів ланцюжком (ланцюговий метод) дозволяє одержати високу точність у розташуванні кожного наступного елемента щодо попереднього, але точність розташування елементів від загальної бази послідовно зменшується (рис. 2.3 б).

Завдання розмірів від декількох баз (комбінований метод), тобто комбінацією координатного й ланцюгового методів можна забезпечити підвищення точності виготовлення відповідальних розмірів (рис. 2.3 в).

Забезпечується точність розташування проточок від загальної бази й точність ширини проточок. Точність виступів знижується.

Розміри, що проставляються на робочому кресленні деталі, повинні становити окремі групи, що відповідають прийнятим технологічним операціям її виготовлення: литтю, штампування, обробки різанням і т. д.

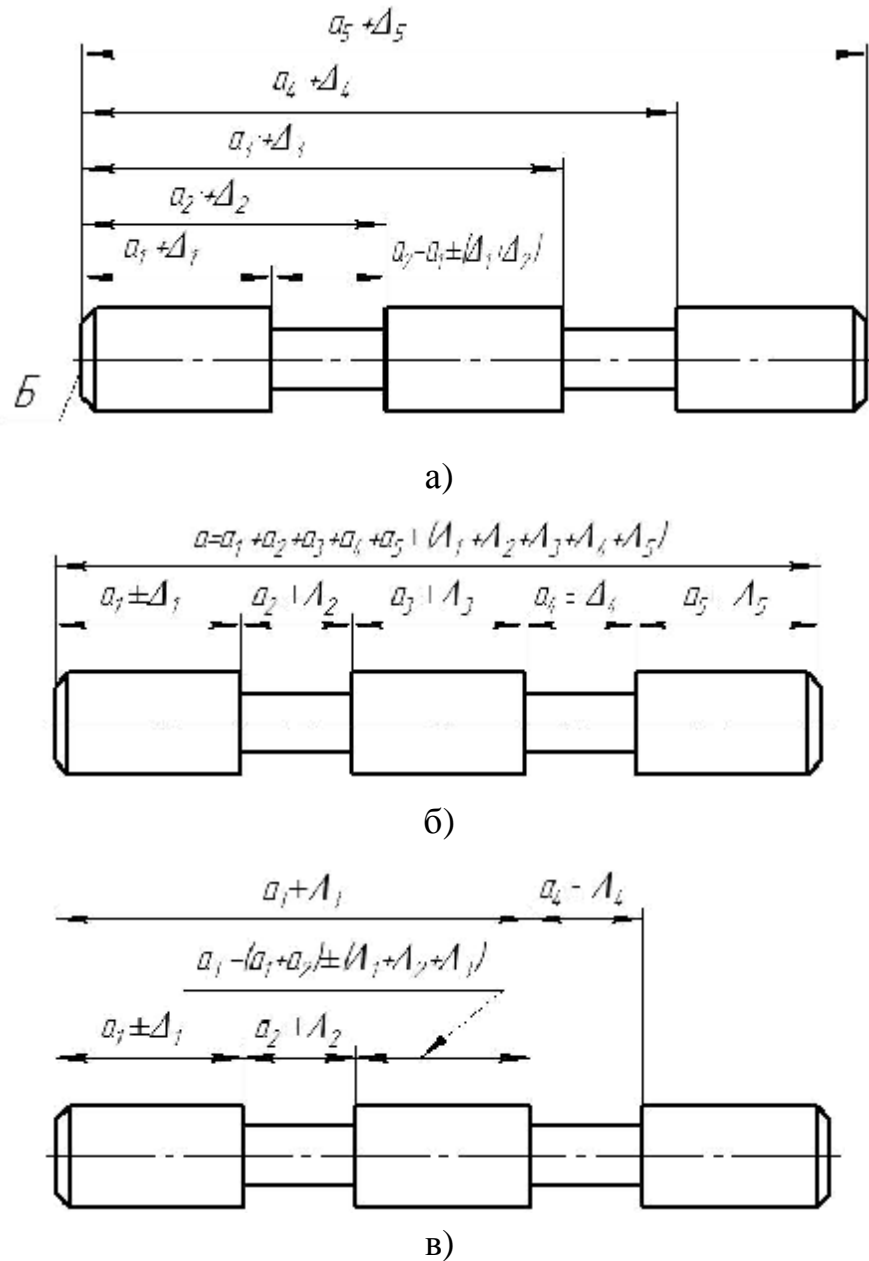


Рис. 2.3 Методи завдання розмірів: а – координатний метод; б – ланцюговий метод; в – комбінований метод

Розміри на деталі, що містять проточки, різьблення та пази наносять, як показано на рис. 2.4.

Розміри, що визначають положення симетрично розташованих поверхонь у симетричних деталей, наносять, як показано на рис. 2.5 (при серійному виробництві) [4, 5].

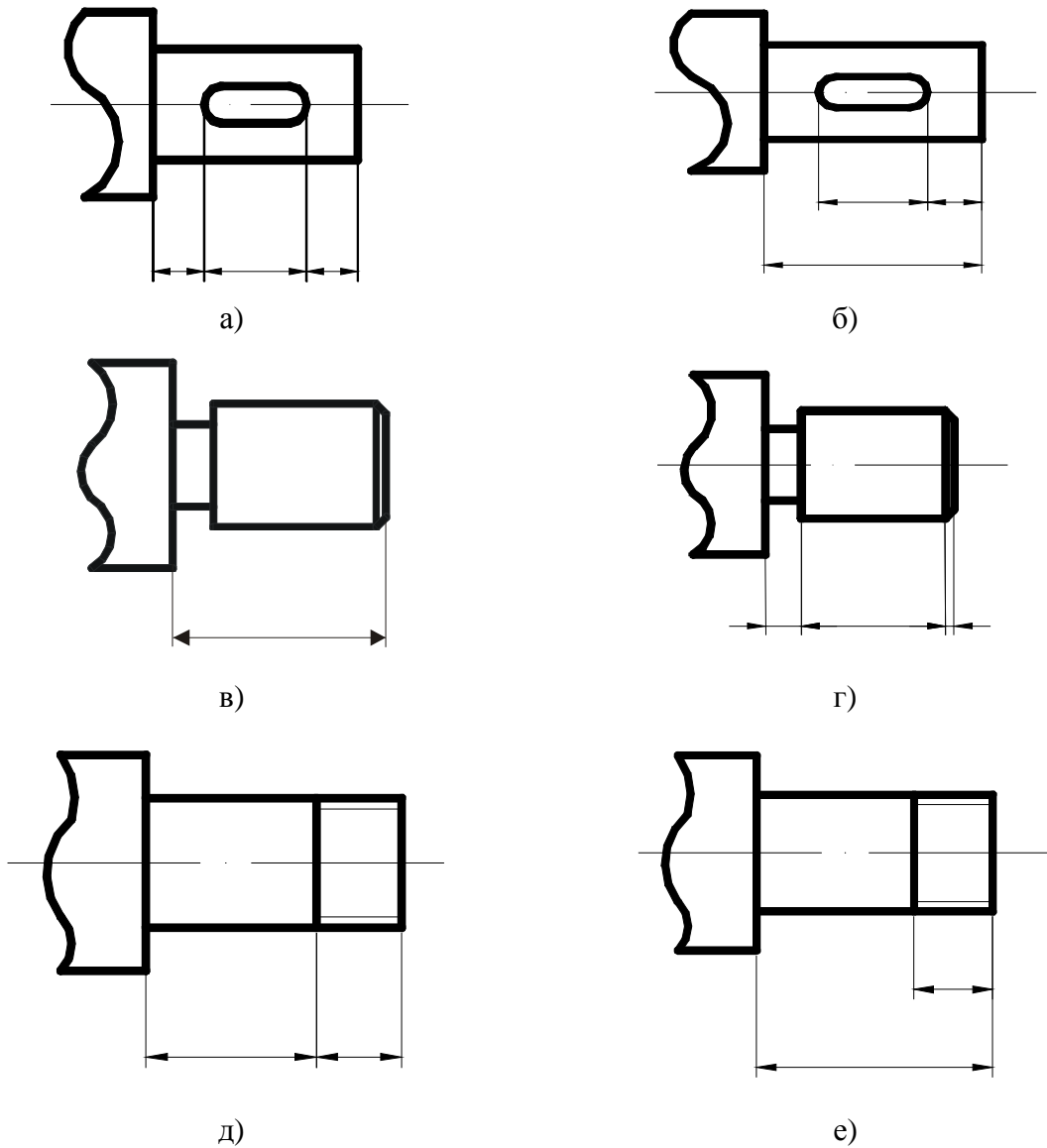


Рис. 2.4 Проставлення розмірів на деталі, що містять проточки, різьблення, пази:
а, в, д – неправильно; б, г, е – правильно

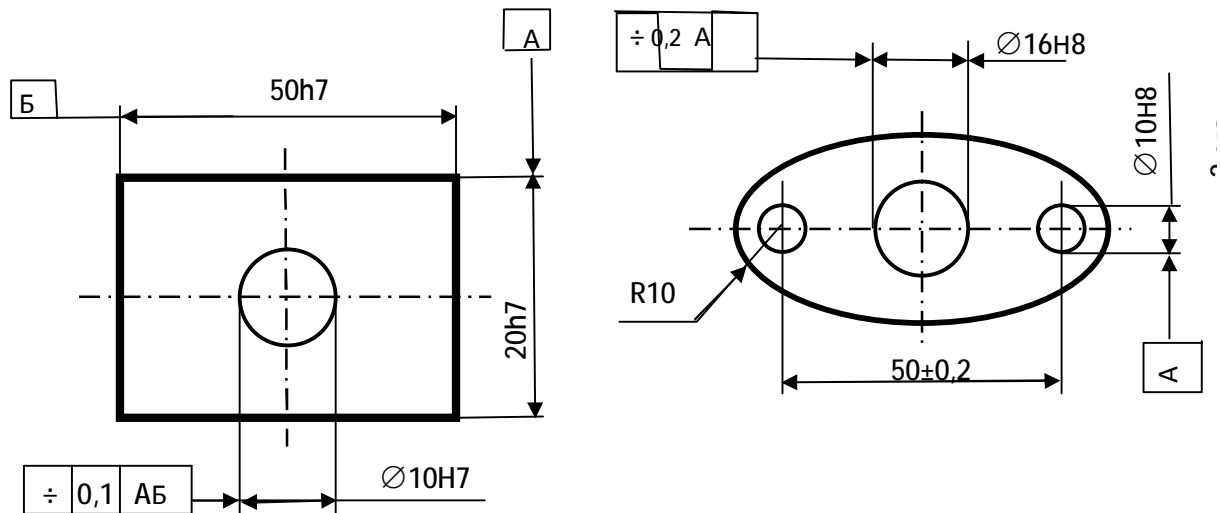


Рис. 2.5 Проставлення розмірів на розташуванні отворів у симетричних деталях

2.1.6 Нанесення захисних покриттів

Покриттям називається металічний або неметалічний шар, що наноситься на основний матеріал деталі. У приладобудуванні застосовують [2]:

- захисно-декоративні, протидіють корозії та надають естетичний вид покриття;
- захисні покриття, охороняють основні металеві деталі від корозії;
- спеціальні покриття, забезпечують поверхні спеціальні властивості: світловідбиваючі, що просвітлюють, поглинають, струмопровідні.

Покриття також можна розділити залежно від матеріалу[4]:

- металеві;
- хімічні;
- лакофарбові.

1) **МЕТАЛЕВІ ПОКРИТТЯ** діляться на захисні (цинкові, кадмієві), захисно-декоративні (нікелеві, хромові), багат шарові (мідь, нікель, хром).

Залежно від характеру захисту металеві покриття підрозділяються на анодні й катодні:

- анодні захищають основний метал не тільки шляхом ізоляції його від впливу зовнішнього середовища, але й електрохімічно, тобто

покриваючий метал є анодом. Вони самі розчиняються, але попереджають руйнування основного металу деталі;

- катодні покриття можуть захищати основний метал тільки за умови достатньої суцільності (без пористості) і щільності.

Металеві покриття можуть бути нанесені на поверхню деталі гальванічним, хімічним, гарячим, дифузійним, металізаційним способами.

У приладобудуванні найбільше поширення одержав гальванічний спосіб, який полягає в осадженні металу при електролізі водяних розчинів солей відповідних металів. Покриття наносять у спеціальних ваннах куди деталь поміщають на підвісках. Деталь служить катодом, а металеве покриття – анодом.

Процес протікає при постійному струмі. Гальванічний спосіб дає можливість одержати покриття високої якості й строго певної товщини (3-50 мкм)[4].

Цинкування застосовують для виробів із чорних металів, колір осаду темно-сірий, товщина 7-30 мкм, має середню твердість, витримує розвальцьовування й вигини, але у вологому середовищі при температурі +60-80 цинк швидко кородує, на холоді стає тендітним, легко руйнується кислотами й лугами. Погано піддається пайці й зварюванню.

Кадмування застосовується для захисту від корозії чорних і кольорових металів і їх сплавів. Колір – сріблисто-білий. Товщина 7-25 мкм. Кадмій не розчиняється в лугах, пластичний, добре покриває поглиблені місця й застосовується для різьблень, деталей, що піддаються витягуванню і згинанню, але не застосовний в атмосфері, насиченою сірчаноокислими газами. Кадмій рідкий і дорогий метал.

Нікелювання – катодне покриття, що володіє високою твердістю, застосовується як захисно-декоративне покриття на підшарі міді. Товщина - 10-25 мкм. Добре полірується, стійкий у розчинах кислот і лугів.

Хромування – катодне покриття, використовується для захисту від корозії сталевих, мідних, алюмінієвих виробів і нікелю, має високу стійкість при роботі на тертя, добре полірується, не тьмяніє при нагріванні до 5000С.

Недоліки: має більшу пористість і нерівномірність розподілу по поверхні. Колір – голубувато-білий, товщина 3-15 мкм.

Лудіння – покриття сплавами олова або свинцю. Застосовується для захисту деталей зі сталі, міді для підготовки поверхні до пайки. Має гарне зчеплення, але меншу хімічну стійкість. Витримує вигини й витяжку. Товщина 10-30 мкм.

2) *ХІМІЧНІ ПОКРИТТЯ* являють собою тонкий, щільний шар плівки, який утворюється на поверхні деталі в результаті впливу на неї хімічних реагентів.

Оксидування являє собою процес створення окисної плівки на поверхні деталі (напр. алюміній), колір її на сталі чорний або сірий. Товщина плівки – близько 1 мкм, тобто розміри деталі майже не міняються. Застосовують для захисту чорних і кольорових металів і їх сплавів. Покриття еластичні, але не міцні й не працюють на тертя, широко застосовується в оптичному приладобудуванні для покриття деталей, взаємодіючих з випромінюванням, для запобігання від шкідливих відбиттів.

Фосфатування здійснюється зануренням деталі у ванну з розчином ортофосфорної кислоти з тими або іншими добавками. Колір світло- або темно-сірий, має адгезійну здатність, міцно втримує масло, лаки, фарби, має високий електричний опір, жаростійкість до +5000С, морозостійкість до – 750С, товщина 2-15 мкм, але товщина деталі практично не змінюється, тому що зі збільшенням товщини плівки відбувається зменшення товщини металу за рахунок розчинення.

3) *ЛАКОФАРБОВІ ПОКРИТТЯ*, у порівнянні з металевими мають переваги[4]:

- простота нанесення;

- низька вартість;
- можливість покриття виробу будь-якої величини;
- високі захисні й декоративні властивості;
- можливість відновлення ушкодженого шару.

Недоліки:

- низька механічна міцність і теплостійкість;
- не можна застосовувати для деталей точних розмірів і тертьових поверхонь.

Процес нанесення покриттів складається з наступних етапів:

- підготовка поверхні;
- ґрунтування;
- шпаклювання;
- шліфування;
- нанесення покриття;
- сушіння.

СКЛАД ПОЗНАЧЕННЯ ПОКРИТТІВ[1]:

1. Спосіб нанесень: Хім – хімічний, Ан – анодизаційний, Гар – гарячий, Мет – металізаційний.

2. Вид покриття: Ц – цинкове, Кд – кадмієве, Н – нікелеве, Х – хромове, О – олов'яне.

3. Технологічна ознака покриття: Ч – чорне, Тв – тверде.

4. Мінімальна товщина в мкм: з ряду 3,6,9,12,18,21,24,30,36,42,48,60.

5. Додаткова обробка: фос – фосфатування, хр – хромування, прм – промаслення, лкп – лакофарбове покриття, окс – оксидування.

Рекомендації по застосуванню покриттів наведені в табл. 2.4 та в табл. 2.5, а позначення покриттів на кресленні показано на рис. 2.6.

Таблиця 2.4

Рекомендації із призначення покриття

Область застосування покриття	Позначення
1. Деталі з вуглецевих сталей 1.1 Корпуса, пластинки, втулки, різьбові деталі, кронштейни, косинці 1.2 Пружини, зубчасті колеса, втулки й осі, що працюють в умовах тертя	Ц6 хр; Х. тв. 9; Кд.З.хр; Хім. Н9; Ц9.хр; НЗ-6Х; Кдб.хр; Н6-9Х; Хім.фос;
2. Деталі з високовуглецевих сталей (осі, втулки й т.п., що працюють в умовах тертя)	Хч 3; Хім. Н6; Х. тв 6;

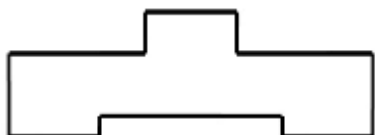
Продовження табл. 2.4

Область застосування покриття	Позначення
3. Деталі з алюмінію і його сплавів 3.1. Працюючі в умовах тертя 3.2. Зі сплавів Д1, Д16 3.3. Зі сплавів Ал.2, Ал.9, АМЦ	Ан. Окс. Тв; Хтв 18; Ан. Окс., барвник Ан. Окс. Хр, Ан. Окс, Барвники
4. Деталі з міді і її сплавів.	Хтв.9 Н6.Хч

Таблиця 2.5

Лакофарбові покриття

Марка матеріалу	Колір	Застосування
ГФ-245	Чорний	Захисна й декоративна
ПФ-115	Різних кольорів	-..-, запуск гравірування
НЦ-1	Різних кольорів	Декоративне фарбування металевих деталей
НЦ-132	Різних кольорів	Для кожухів корпусів
ХВ-124	Різних кольорів	Фарбування деталей по вимогах техніки безпеки (висока яскравість кольору)



Покриття Ц. ч.12.

На всіх поверхнях виробу те саме цинкове чорне покриття, товщиною 12 мкм нанесене електролітичним способом.

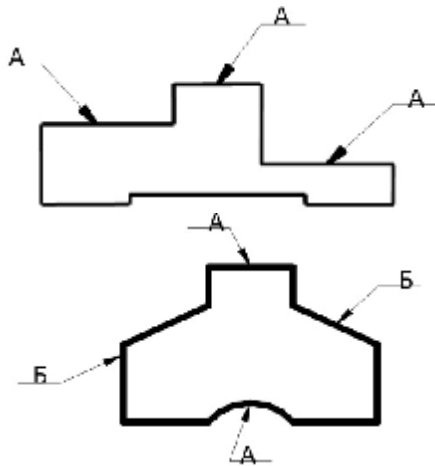


Рис. 2.6 Позначення покриттів на кресленнях

2.1.7 Технологічні основи конструювання деталей

Конструювання деталей повинне розглядатися як етап, з'єднаний з етапом їх виготовлення. Обидва етапи повинні бути тісно зв'язані взаємними обмеженнями. Конструктор повинен чітко представляти якими методами, на якому устаткуванні й з якою точністю буде виготовлятися деталь.

Основними видами обробки в приладобудуванні є: гостріння, фрезерування, стругання, шліфування, полірування й ін. Кожний вид обробки має свої особливості (рис. 2.7 – 2.23).

Покриття поверхонь А: М30. Н18.Х.б.
 На декількох поверхнях хромове блискуче покриття товщиною до 1 мкм, нанесене електролітичним способом з підслоєнням міді товщиною 30 і нікелю – 18 мкм.

Покриття поверхонь А: Ан. Окс. ч.прм,
 поверхонь Б: Ан. Окс. чр.б.

На декількох поверхнях окісні покриття, нанесені анодизаційним способом. Одне з чорним додатковим фарбуванням і промасленням, друге – із червоним фарбуванням, блискуче.



Рис. 2.7. Токарська обробка. Неможливість точного сполучення

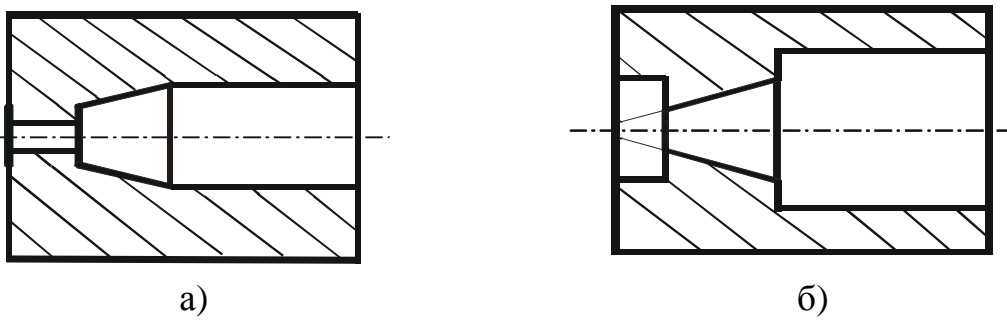
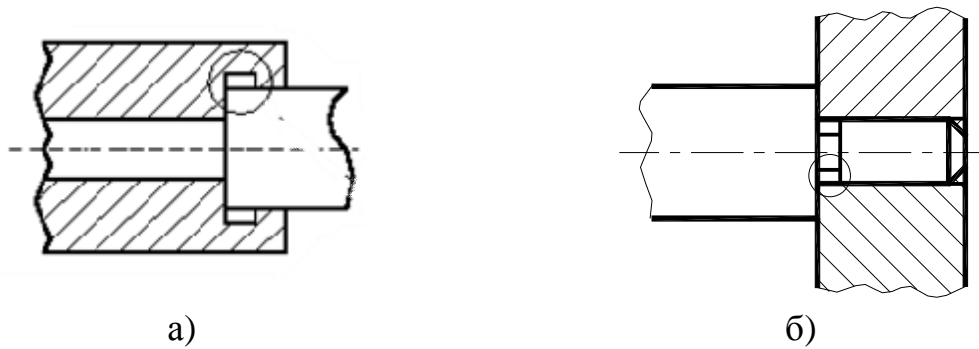
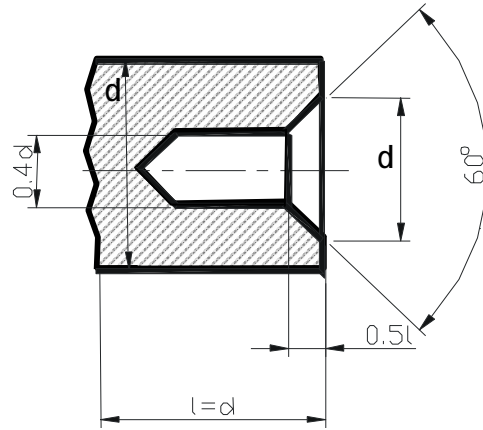


Рис. 2.8. Забезпечення перебігу й виходу інструмента: а – невірно; б – вірно





в)

Рис. 2.9. Усунення неточного сполучення технологічними проточками:
 а,б – технологічні проточки для виходу різця і формування точного сполучення;
 в – стандартний центровий отвір на торці валу для ліквідації виступу

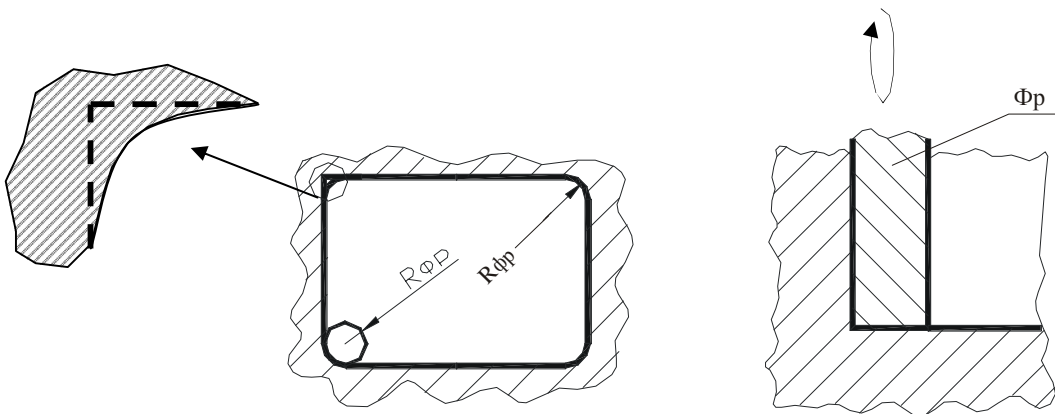
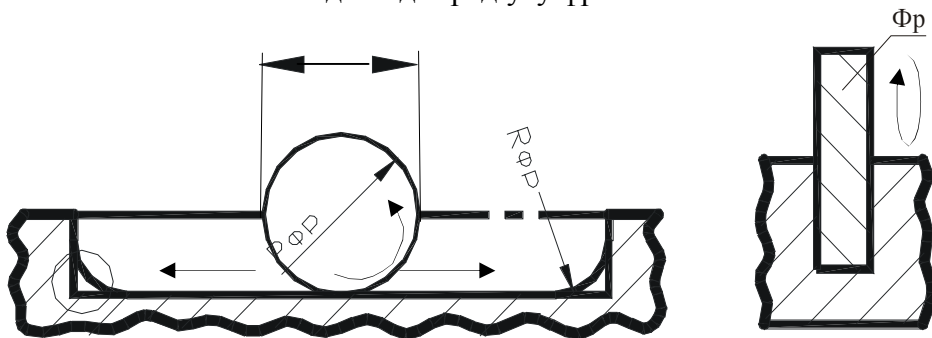


Рис. 2.10.Фрезерування: обробка площини торцевою фрезою, радіус порожнини відповідає радіусу фрези



б)

Рис. 2.11.Фрезерування– обробка паза дисковою фрезою; RφФ – радіус фрези; форма паза повторює форму фрези

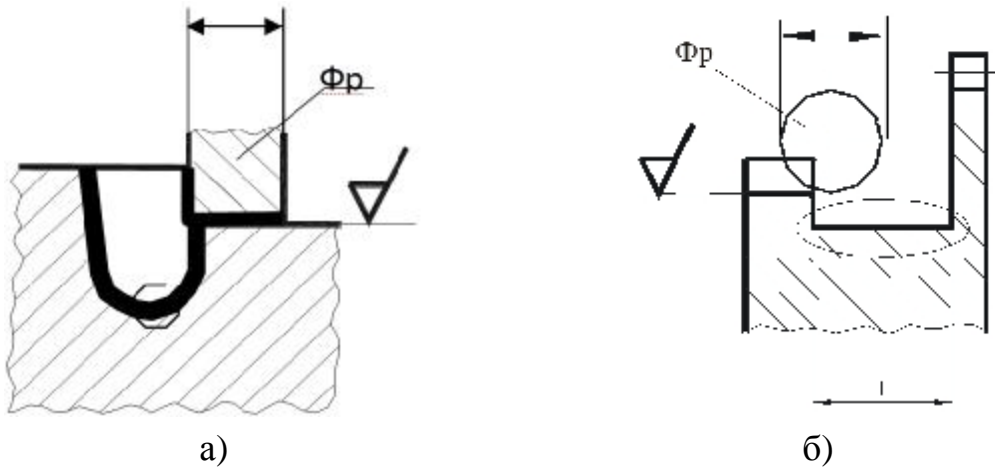


Рис. 2.12. Форма деталі з урахуванням виходу фрези: а – фрезерування виступу в порожнині, виготовлення канавки для виходу фрези; б – Нарізування зубів на колесі фрезою, необхідно передбачити місце для виходу фрези

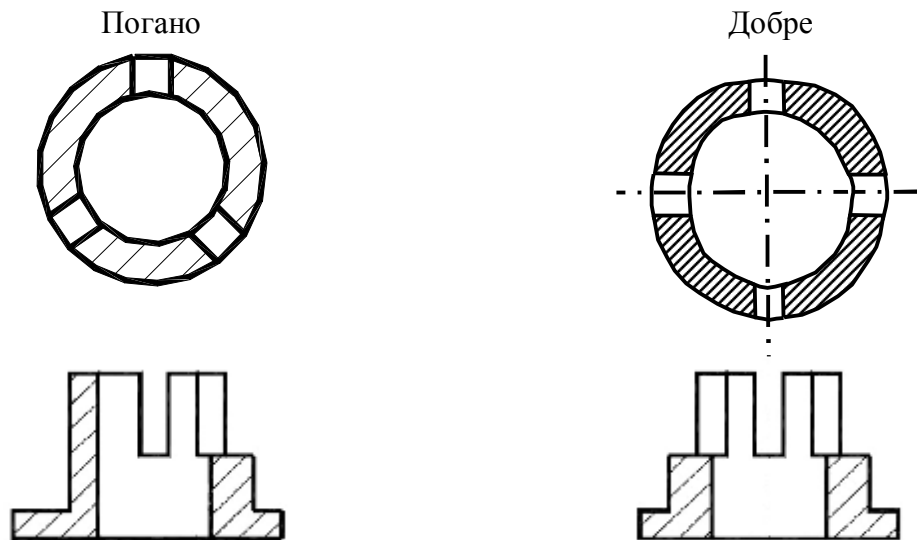
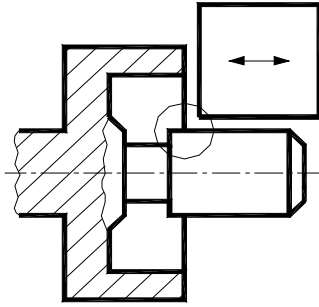


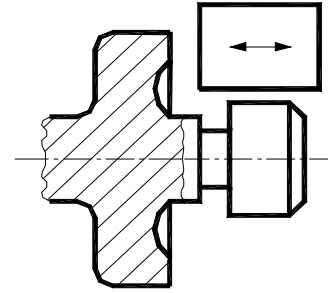
Рис. 2.13. Особливості фрезерування пазів за один прохід



Рис 2.14. Сполучення паза, що фрезерується, з отворами

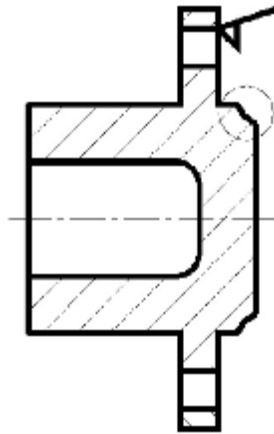


Погано
Шліфувальне коло не доходить до конуса шипу

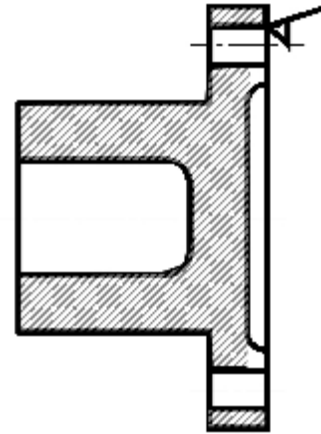


Добре
Шип обробляється повністю

Рис. 2.15. Шліфування шипу валу

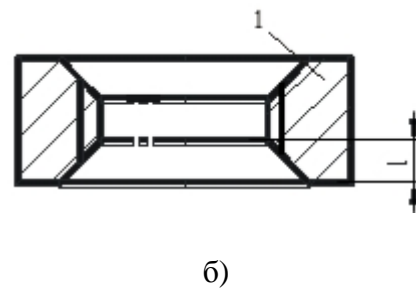
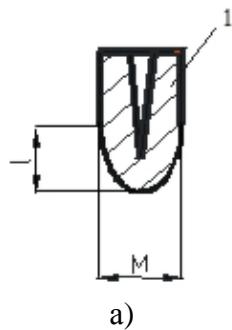


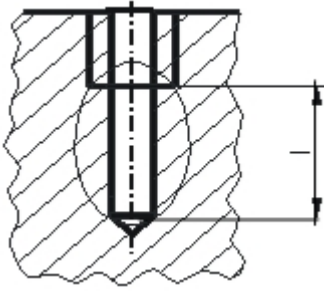
Погано
Складність обробки поверхні кришки за один прохід



Добре
Кришка обробляється за один прохід

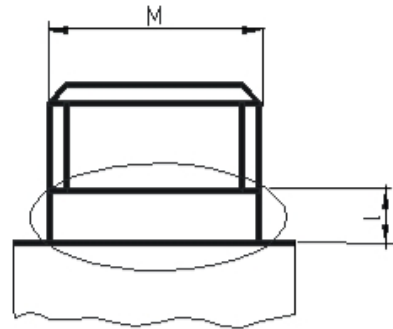
Рис. 2.16. Обробка складної поверхні





в)

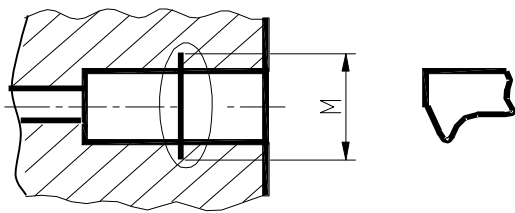
Запас отвору l для стоку різьблення
мітчиком



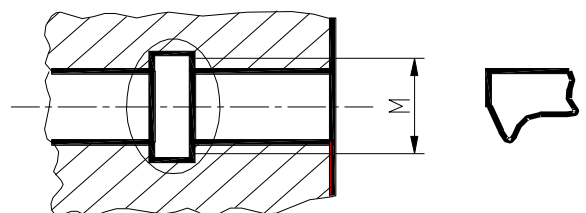
г)

Запас валу l для стоку різьблення
плашкою

Рис. 2.17. Нарізування різьблення: а, в – мітчиком; б, г – плашкою

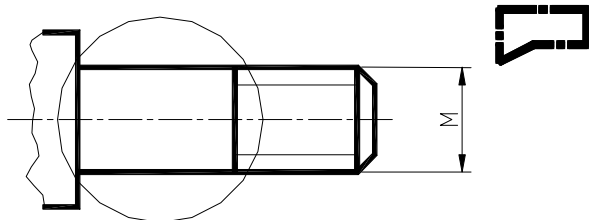


Запас отвору для виходу різця

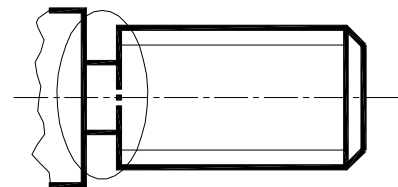


Спеціальна проточка для виходу різця

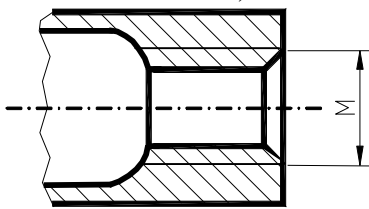
Рис. 2.18. Нарізування зовнішнього різьблення



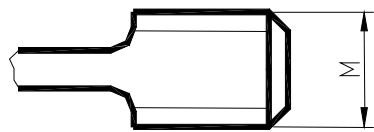
а)



б)

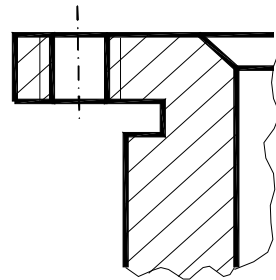
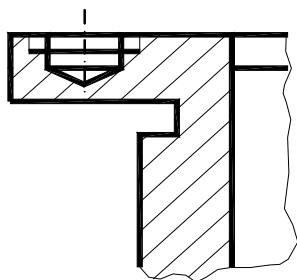


в)



г)

Рис. 2.19. Нарізування різьблення на токарському верстаті: а – запас валу для виходу різця; б – спеціальна проточка для виходу різця; в, г – зміна діаметра отвору й валу для виходу різця відповідно



Погано
Глухий отвір

Добре
Наскрізний отвір

Рис. 2.20. Нетехнологічність глухого отвору

Глухі різьблення зазвичай не застосовуються, тільки за умови герметизації.

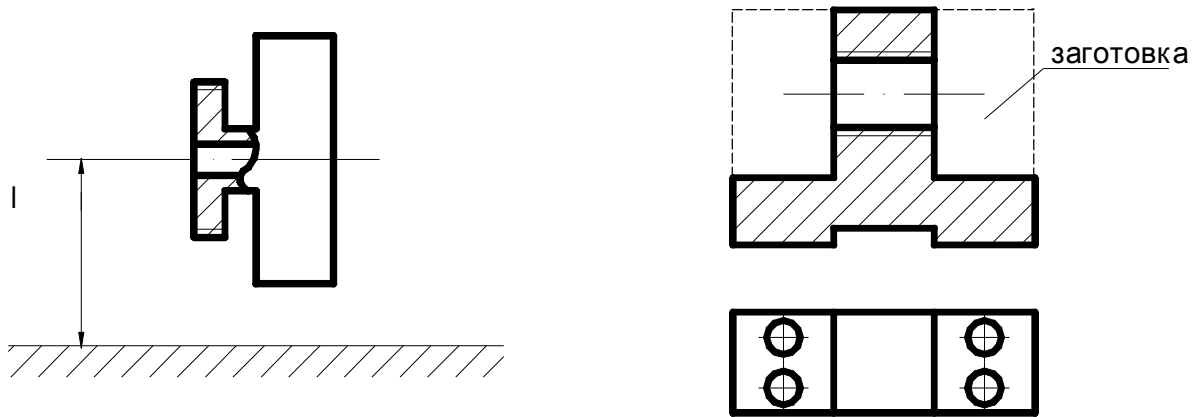


Рис. 2.21. Одичне виробництво

Оптичний блок, який повинен бути встановлений на відстані l перпендикулярно до основи. Деталь виготовляється з відповідною заготовки, втрати матеріалу виправдані (одна заготовка).

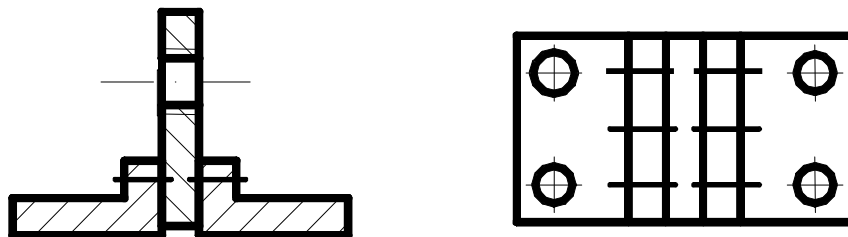


Рис. 2.22. Виготовлення невеликої партії. Використовуються стандартні вироби (куточки, пластини) з невеликим доопрацюванням

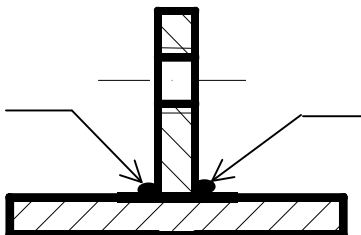


Рис. 2.23. Дрібносерійне виробництво. Більш доцільно застосувати зварювання, що підвищує продуктивність і якість

Для серійного виробництва доцільно застосувати лиття з подальшою невеликою доробкою.

2.1.8 Конструювання деталей із пластмас

Конструювання деталей із пластмас вимагає знання властивостей застосовуваних матеріалів, правил конструювання пресформ і правил оформлення окремих елементів виробу. Звичайно добре сконструйована деталь із пластмаси є результатом спільно роботи конструктора виробу й технолога-конструктора пресформ.

Матеріал. Звичайно на заводах номенклатура застосовуваних пластмас обмежено декількома видами, що відповідають потребам виробництва, що визначає вибір для знову конструйованих пластмасових деталей.

Точність. Допуски й посадки для деталей із пластмас стандартизовані; необхідно мати на увазі, що збереження точності розмірів і форми деталей у сильному ступені залежить від коливань усадки матеріалу, його старіння, впливу вологості й інших причин. Тому отримані розрахунки й прийняті відповідно до його результатів стандартні допуски й посадки у відповідальних випадках слід перевірити експериментально в умовах експлуатації приладу.

Конусність. Вертикальні стінки деталі, розташовані в напрямку пресування, повинні мати конусність, щоб полегшити видалення деталі із пресформи (рис. 2.24). Стрімкі стінки допускаються тільки у випадках необхідності й на незначній висоті. Звичайно рекомендується величина нахилу 1:100.

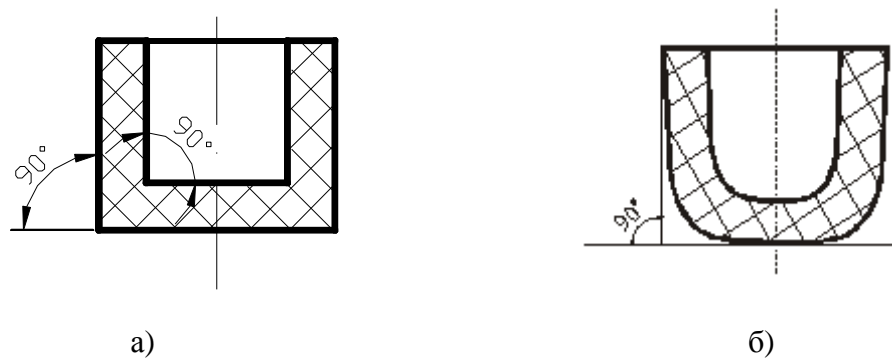


Рис. 2.24. Одержання вертикальних стінок: а – погано; б – добре

Товщина стінок. Слід уникати в деталях із пластмас нерівномірної товщини стінок (рис. 2.25) і місцевих стовщень тому що внаслідок нерівномірного затвердіння деталі при пресуванні й нерівномірній усадці виникають напруги, що ведуть до жолоблення й появи тріщин. Завелика товщина стінок також нераціональна через перевитрату матеріалу й збільшення витримки в пресформі. Усередині товстих стінок (перетинів) пресматеріал не повністю твердне навіть при тривалій витримці. Отже міцність деталі зменшується. Необхідне збільшення міцності краще забезпечити введенням ребер жорсткості. Мінімальна товщина стінок з фенол і амінопласту рівна одному міліметру.

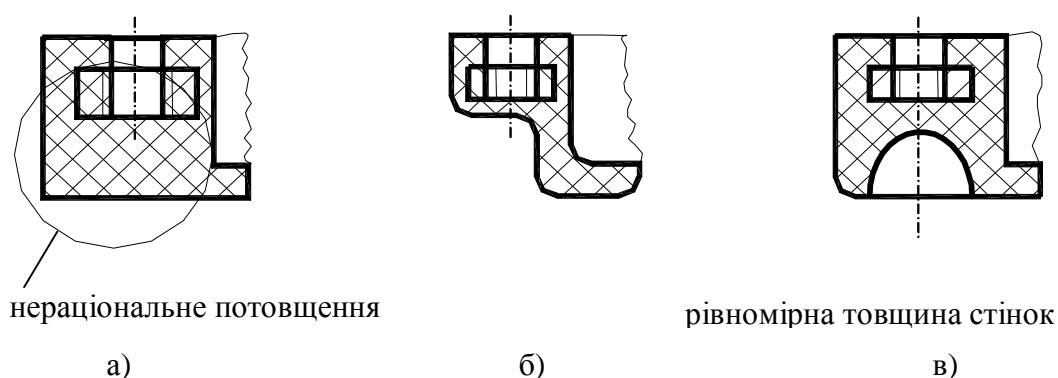


Рис. 2.25. Забезпечення рівномірної товщини стінок: а, б – погано; в – добре

Ребра жорсткості. Ребра повинні мати конусність у напрямку пресування; рівномірну товщину й закруглення внутрішніх і зовнішніх країв;

заміна плоских країв сферичними, а також профілювання поверхні підвищує міцність виробу й усунення жолоблення (рис. 2.26).



Рис. 2.26. Формування ребер жорсткості

Закруглення. У виробах із пластмас слід уникати гострих зовнішніх і внутрішніх кутів. Гострі кути можуть бути збережені лише там, де це пов'язане зі сполученням деталей, що оформляють, пресформи. Мінімальний радіус пресформи 0,2-0,3 мм.

Оформлення краю деталі. На оформлення верхнього краю порожнистих деталей слід звертати велику увагу. Край повинен бути міцним і разом з тим без завеликого стовщення (рис. 2.27). Наявність буртика (стовщення краю деталі) не завжди доцільно, тому що зменшується пружність деталі.

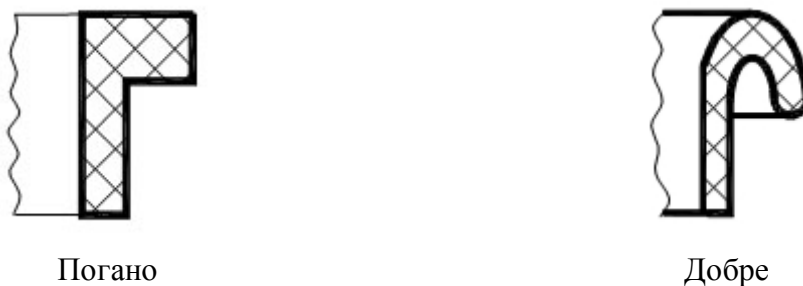


Рис. 2.27. Оформлення краю деталі

Опорні поверхні. Опора на всю поверхню основи деталі недоцільна тому що практично важко одержати однаковий рівень для всіх точок основи.

Суцільну опорну поверхню заміняють окремими виступами, бортами або ніжками (рис. 2.28).

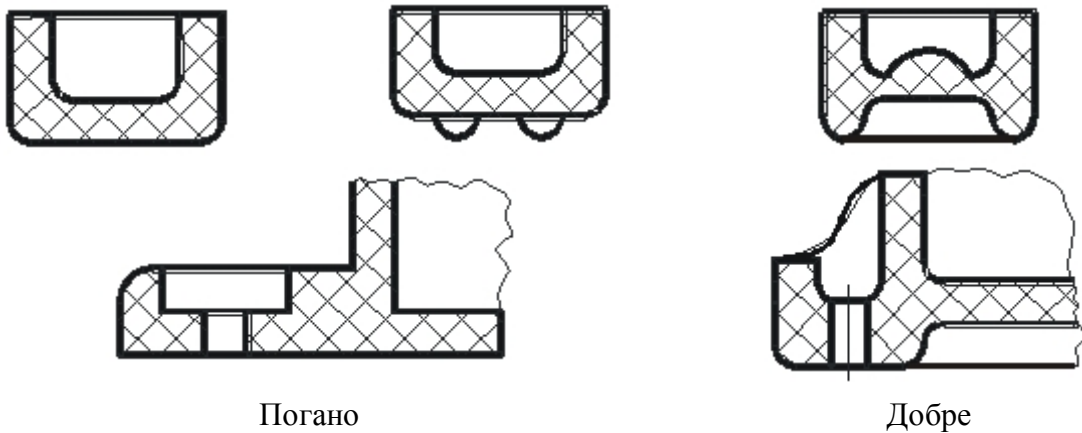


Рис. 2.28. Оформлення опорних поверхонь

Кріпильні вушка й виступи повинні бути досить міцними, щоб витримувати напругу кріплення; при цьому слід уникати різких переходів занадто тісних отворів для гвинтів, слабких перетинів і недостатньої площі опори кріпильного гвинта.

У конструкціях корпусів і подібних деталях, наприклад кронштейнах і стійках, доцільно передбачати арматури: підшипники ковзання, втулки з різьбленням. Ці деталі встановлюють у пресформі до стінки або основи корпусної деталі.

Піднутрення. Слід уникати піднутрень, тому що вони викликають необхідність застосування у пресформах дорогих рознімних матриць, бічних знімних знаків, що знижує продуктивність пресування (рис. 2.29).

Отвори. У деталях із пластмас отвори виконують трьома способами:

- повне оформлення отвору при пресуванні;
- часткове оформлення отвору з наступною проломкою або досвердлюванням;
- свердління отвору в відпресованій деталі.

Способи перераховані в порядку підвищення точності й зниження технологічності.

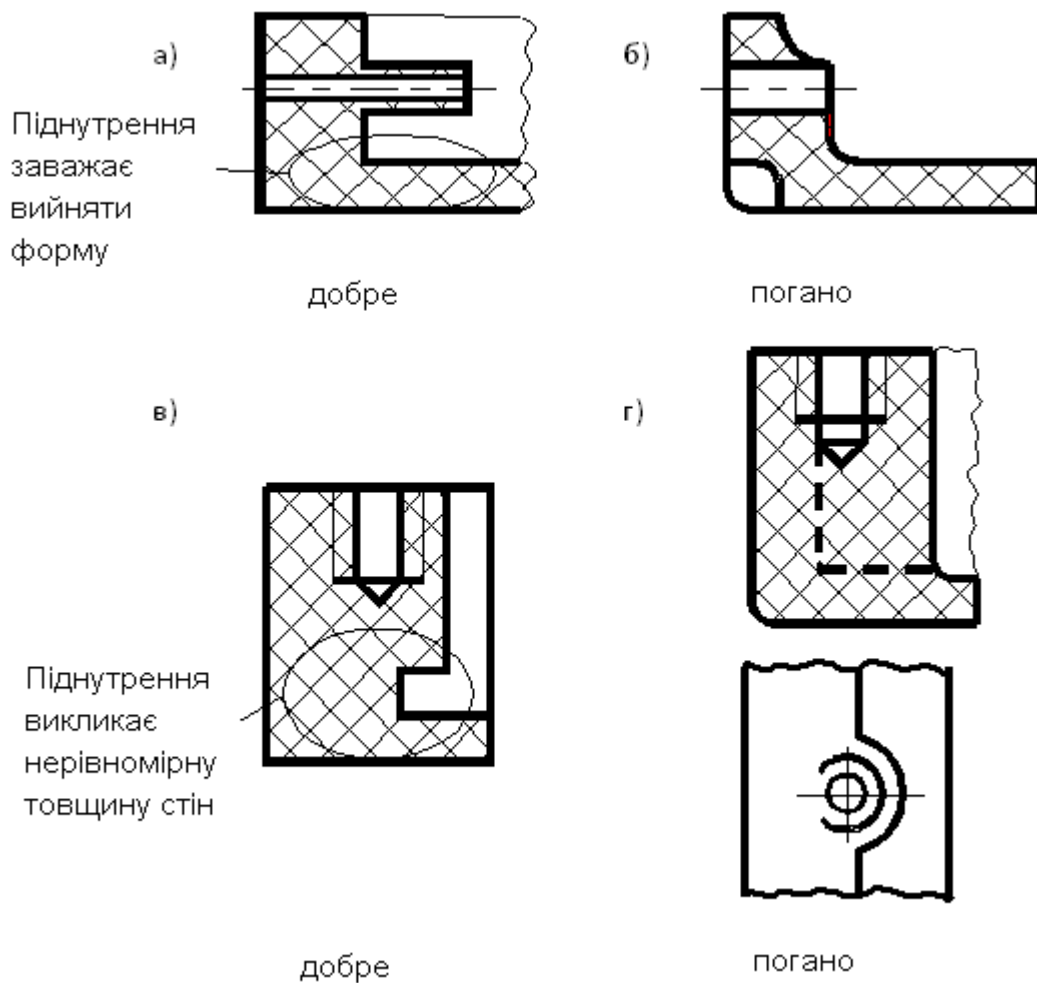


Рис. 2.29. Форма деталі й піднутрення: а, в – добре; б,г – погано

Різьблення. У більшості випадків різьблення виготовляється пресуванням (рис. 2.30). Нарізування різьблення в деталях, одержуваних з порошкоподібних пресматеріалів, застосовуються лише для діаметрів вище 3-4 мм. Якщо гвинт із металу, а гайка із пластмаси, то пресоване різьблення застосовується лише в тих випадках, коли відгвинчування за умовами експлуатації проводиться рідко. А якщо ні, то застосовують металеву запресовану різьбову втулку.

Написи. Можна пресувати або наносити після пресування гравіруванням. Перший спосіб (пресування) більш дешевший, що дає чіткий і міцний шрифт. Поглиблених шрифтів слід уникати, тому що виконання опуклого шрифту в пресформі надзвичайно важко.

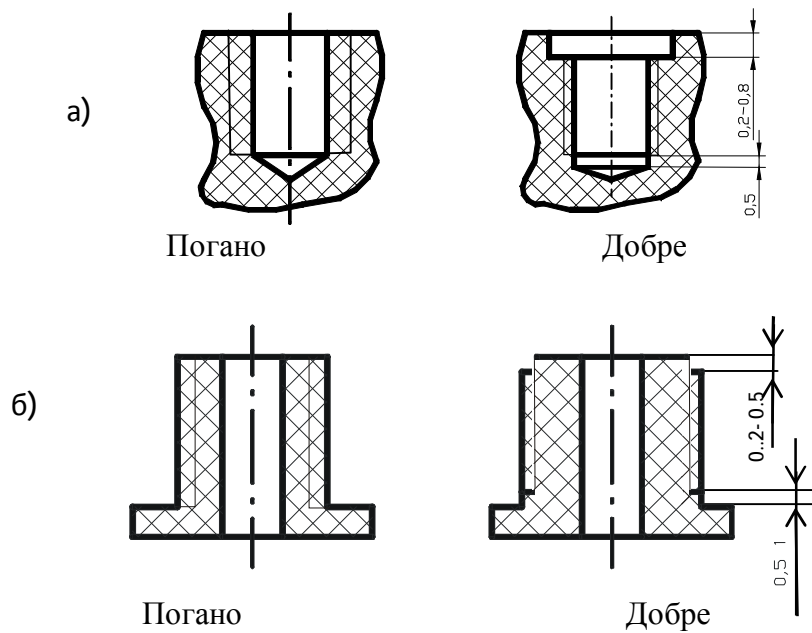


Рис. 2.30. Оформлення різьблень у пластмасах: а – внутрішні різьблення; б – зовнішні різьблення

Більшість розглянутих правил для конструювання пластмасових деталей справедливо при конструюванні литих деталей.

2.1.9 Розробка технічних вимог

Технічні вимоги (Т.В.) на кресленні викладають у вигляді текстового переліку умов, обов'язкового для виконання. Пункти Т.В. мають наскрізну нумерацію й розміщуються, по можливості, у наступному порядку[5]:

- вимоги, що пред'являються до матеріалу, заготовки, термообробки;
- вимоги до властивостей матеріалів готової деталі (твердість, міцність, електричні, магнітні властивості й т.п.);
- вказівка матеріалів замінників;
- розміри, граничні відхилення розмірів, взаємне розташування поверхонь;
- вимоги до якості поверхонь, вказівка про їхню обробку, покриття.

2.2 Нероз'ємні з'єднання

У нероз'ємних з'єднаннях при їхньому розбиранні порушується цілісність з'єднання, тобто з'єднуючих деталей і тих, що з'єднуються. До нероз'ємних з'єднань відносяться[2]:

- зварні з'єднання;
- з'єднання пайкою;
- клейові з'єднання;
- клепані з'єднання;
- кріплення заформуванням.

2.2.1 Зварні з'єднання

Основне достоїнство зварних з'єднань – економія металу, мала трудомісткість і достатня міцність. З техніко-економічних міркувань доцільно застосовувати зварювання замість лиття. У цьому випадку відпадає необхідність у більших припусках на обробку й у збільшенні розмірів площ перетинів, обумовлених технологією виготовлення литих деталей. З'єднання деталей і складальних одиниць за допомогою зварювання досягається без складних підготовчих операцій, що робить цей процес високопродуктивним. У ряді випадків зварювання може бути автоматизоване, а отримані з'єднання непроникні.

Недоліки: жолоблення деталі й низька точність з'єднань.

Необхідно також ураховувати, що не всякі матеріали, можуть бути легко зварені між собою. Зварюваність матеріалів і сплавів суттєво залежить від температури плавлення, хімічного складу, способу зварювання. Найбільш універсальне дугове зварювання, із застосуванням металевих і вугільних електродів (рис. 2.31). З її допомогою з'єднують конструкційні сталі всіх марок, чавун, алюміній, мідь і деякі її сплави. Товщина елементів, що

зварюються, від 0,5 до 200 мм. Конструктивні елементи й розміри швів при дуговому зварюванні регламентуються стандартом.

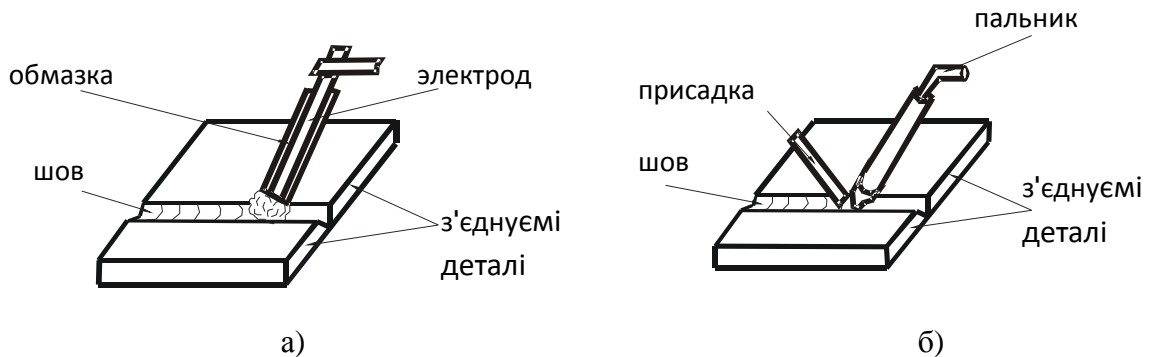


Рис. 2.31. Зварювання: а – електричне зварювання (дугове зварювання); б – газове зварювання

Застосування флюсу дозволяє зменшити окиснення деталей, що з'єдналися, киснем атмосфери.

Атомно-водневе зварювання здійснюється за допомогою електричної дуги, збуджуваною між двома неплавкими вольфрамовими електродами, в атмосфері. Крім цього, атомарний водень добре відновлює окисли майже всіх металів. Атомно-водневе зварювання застосовують для з'єднання деталей з вуглецевих сталей і алюмінію, особливо у випадку, коли з'єднання працюють у вакуумі.

Аргонодугове зварювання ведуть у середовищі інертного газу (аргону). Завдяки захисній газовій завісі, можна зварювати деталі з легко окисних металів: нікель, мідь, алюміній, титан, магній, молібден і інші. Добре зварюються деталі з різнорідних матеріалів. Аргонодугове зварювання застосовують для з'єднання деталей товщиною 0,1- 4 мм (дороге зварювання).

Для з'єднання тонкостінних деталей з кольорових і легких металів і сплавів товщиною 1-2 мм застосовують контактне зварювання. Основними видами контактного зварювання є точкова й шовна (рис. 2.32). У

приладобудуванні контактне зварювання використовують для виготовлення кожухів і легких корпусів.

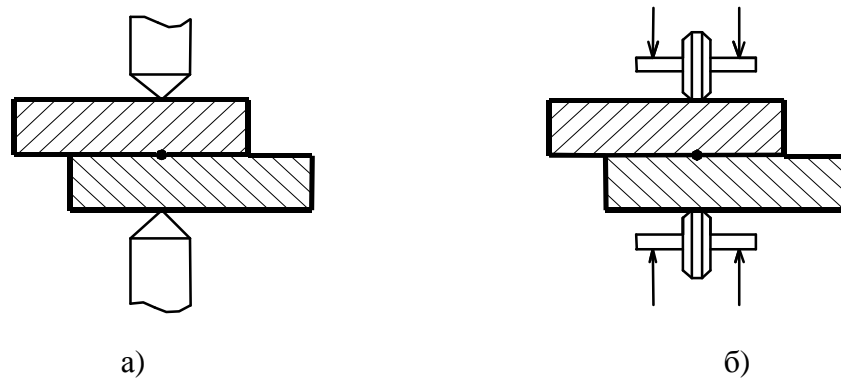


Рис. 2.32. Контактне зварювання: а – точкове; б – шовне

Газове зварювання являє собою вид зварювання плавленням, при якому необхідне нагрівання металу здійснюється в полум'ї згоряння суміші кисню з горючим газом. Під дією теплоти плавлення в місці з'єднання деталей утворюється ванна з рідкого металу в яку вводиться в розплавленому виді присадочний матеріал електрода (рис. 2.31 б).

Електронно-променеве зварювання здійснюють потоком електронів великої енергії. Цим способом з'єднують звичайно тугоплавкі метали, а також метали, що легко піддаються окисненню. Оскільки зварювання здійснюється у вакуумі, то зварений шов виходить дуже чистим без додаткових домішок внесених електродами, обмазкою. Розміри й товщина деталі при електронно-променевім зварюванні досить обмежені.

При *ультразвуковому зварюванні* внаслідок порушення механічних коливань у зоні з'єднання, виникають змінні напруги зсуву, що веде до розігріву й зварюванню. Цим способом можна з'єднувати матеріали, які іншими методами зварювати важко.

В залежності від розташування деталей, що зварюються, розрізняють наступні види зварних з'єднань[1]: стикові, кутові, таврові та з'єднання з напуском (рис. 2.33). Зображення швів зварних з'єднань показано на рис. 2.34[5].

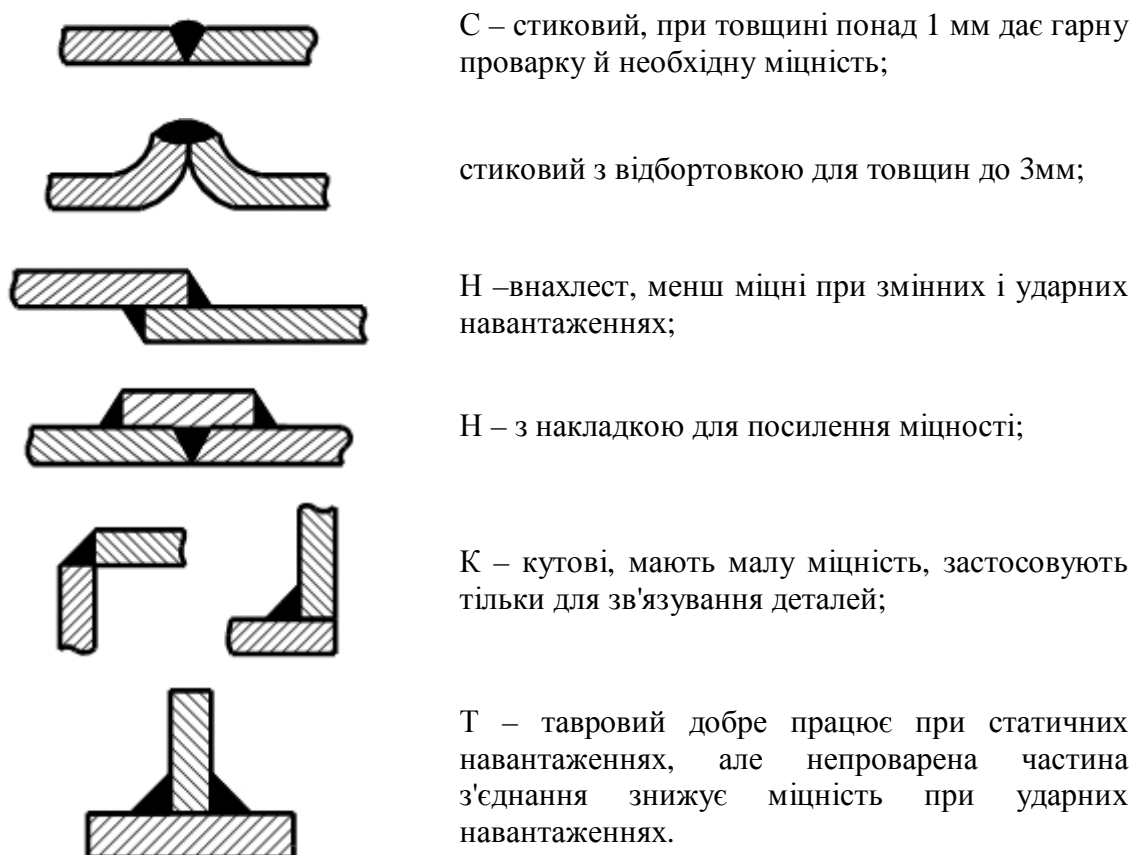


Рис. 2.33. Види швів

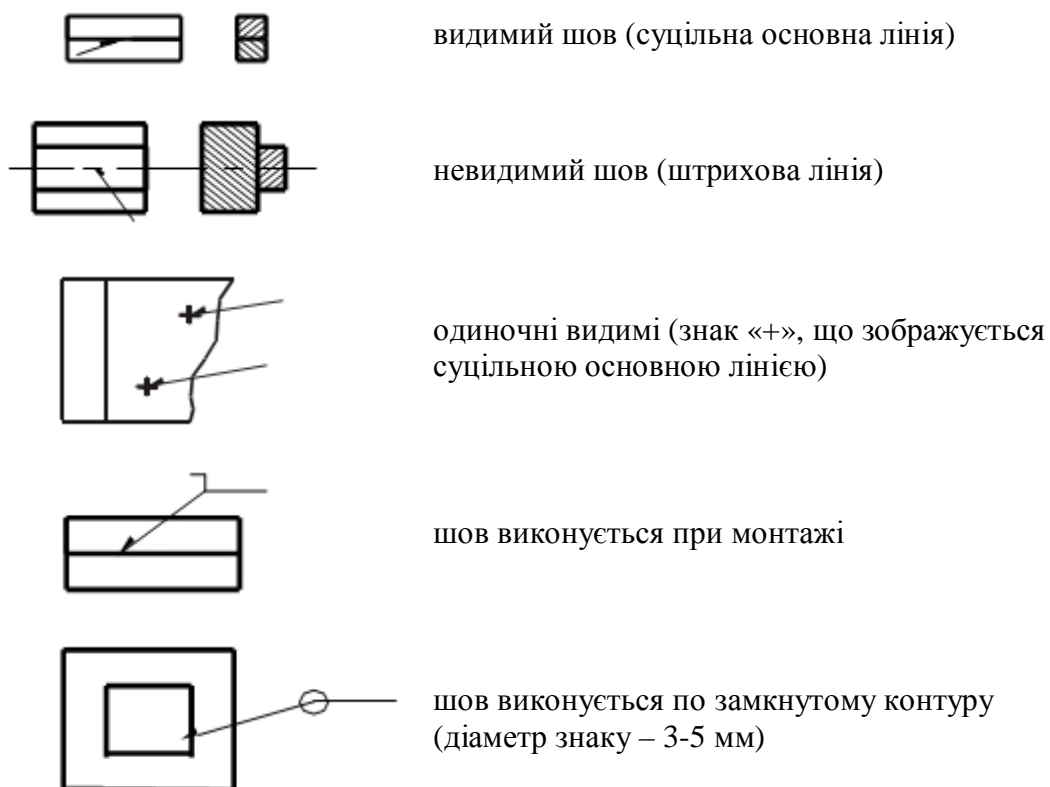


Рис. 2.34. Умовні позначки швів незалежно від способу варіння

При конструюванні зварених з'єднань слід мати на увазі, що міцність і якість зварених швів значною мірою залежить від взаємного проникнення розплавленого металу деталей, що з'єднуються, і присадочного матеріалу. Вибір тієї або іншої форми звареного шва пов'язаний головним чином з товщиною й взаємним розташуванням деталей, що зварюються. Якщо товщина деталей, що зварюються, різна, то в зоні стикового з'єднання їх необхідно привести до єдиної товщини, необхідно також передбачити можливість підведення електрода до ділянки, що зварюється, і створення умов для формування ванни розплавленого металу.

2.2.23'єднання паянням

Паянням називається з'єднання металевих або металізованих деталей за допомогою припою, температура плавлення якого нижче температури плавлення металів, що з'єднуються[2].

Паяння не супроводжується зміною хімічного складу структури й властивості деталей, що з'єднуються. Має менші залишкові напруги й жолоблення. Щоб вилучити окісну плівку, що утворювався на металі при паянні й створити необхідні умови для змочування металів припоєм, застосовують спеціальні хімічні речовини, називані флюсами.

Розрізняють два види флюсу: кислотний і безкислотні. Залежно від температури плавлення, усі припої підрозділяються на легкоплавкі (з температурою плавлення до 400°C) і тугоплавкі (з температурою плавлення вище 400°C).

По міцності шва всі припої підрозділяються на[2]: м'які (олов'яно свинцеві) і тверді (срібні, цинкові, мідно-цинкові, латунні). У приладобудуванні паяння м'якими припоями застосовується при електромонтажних роботах для з'єднання проводів з виводами електроелементів.

Для з'єднання деталей, що несуть навантаження або, що зазнають дії сил прискорення (удар, вібрація) або працюючих при температурі вище 100°С застосовують тверді припої, які майже не уступають міцності матеріалу деталей, що з'єднуються. У найбільш відповідальних випадках застосовується срібний припій.

Враховуючи малу міцність припою (особливо м'яких), доцільно передбачати різні конструктивні заходи по посиленню шва. Міцність паяних швів при роботі на відрив приблизно в три рази більше, ніж міцність на зріз. Потрібно розташовувати місця спайок таким чином, щоб при роботі виникала сила розриву, а не зрізу.

Приклади паяних з'єднань показано на рис. 2.35. У всіх конструкціях робота з'єднання "на зріз" замінена роботою на "відрив".

Для позначення паяного з'єднання застосовують умовний знак «C», який наносять на виносній лінії суцільною основною лінією, як показано на рис. 2.36[1, 5]. Шви, що виконуються по периметру, позначають у вигляді кола діаметром від 3 до 5 мм тонкою суцільною лінією [5].

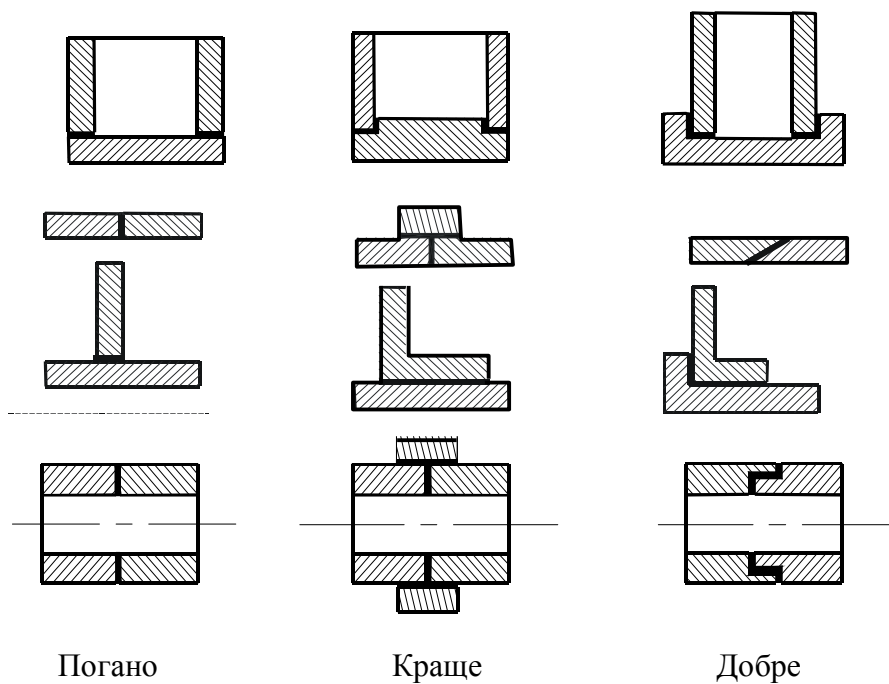


Рис.2.35. Конструкції паяних з'єднань

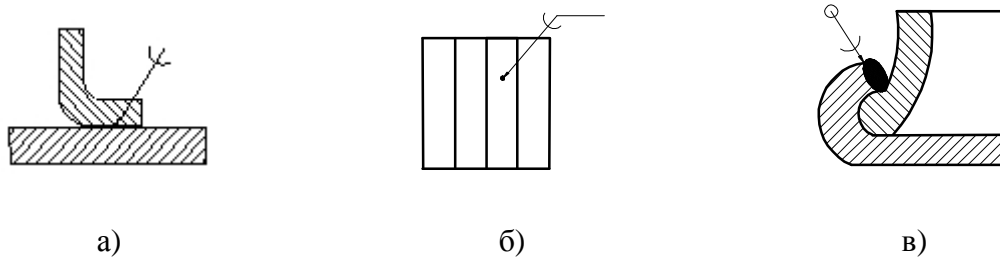


Рис. 2.36. Умовні позначки паяних швів: а – паяний шов (товста лінія й стріла); б – невидима площина пайки (крапка); в – паяний шов по периметру

2.2.3 Клейові з'єднання

З'єднання деталей спеціальними клеями застосовуються в тих випадках, коли небажане або неможливе механічне кріплення [2]. Найчастіше склейка використовується для з'єднання різномірних матеріалів: металу й пластмаси, металу й дерева, тканини й деревини й ін.

Клейові склади, цементи й замазки застосовують також для ущільнення швів, заповнення раковин деталей і т.д.

При конструюванні деталі для склейки слід передбачити можливість їх стиску при склеюванні, а в деяких випадках і нагрівання, необхідного для якісної склейки.

Багато, щоб поверхня склеювання була шорсткуватою, а товщина шару клею не повинна перевищувати 0,15-0,25 мм. Клейові склади розрізняють по міцності шва, стійкості до зміни вологи й температури, а також по застосуванню відповідно до матеріалів деталей, що з'єднуються.

Властивості найбільш вживаних клейових складів наведені в табл. 2.6, а рекомендації зі склеювання різних матеріалів – в табл. 2.7.

Для позначення клейового з'єднання застосовують умовний знак «К», який наносять на виносній лінії суцільною основною лінією, як показано на рис. 2.37 [1, 5]. Шви, що виконуються по периметру (замкнутій лінії), позначають у вигляді кола діаметром від 3 до 5 мм тонкою суцільною лінією [5].

Таблиця 2.6

Найбільш уживані клейові склади

№	Клей	Марка	Властивості клейового шва
1.	Фенол полівінілацетатний	БФ-2,БФ-4	Водо- і кислотостійкий
2.	Поліуретановий	ПУ-2	Стійкий до ударних навантажень, водостійкий
3.	Акриловий	Циакрил-30	Обмежене водостійкий
4.	Епоксидний Компаунд	ДО-153	Стійкий до дії змінних температур, водостійкий, отрутний
5.	Фенолкаучуковий	ВК-32-200	Водостійкий
6.	Фенолформальдегідний	ВИАМ-53	Водостійкий
7.	Резорцин формальдегідний	РАФ-10	Не викликає зміни поверхні на органічному склі
8.	Поліуретановий	ПУ-2М	Високоміцний, при склеюванні поліетилену й поліпропілену між собою й з металом
9.	Епоксидно-фурановий	ВОВ-1	Водостійкий, стійкий до середовища органічних розчинників
10.	Хлоропреновий	ДО-88-НП	Водо- і світлостійкий

Таблиця 2.7

Рекомендації зі склеювання різних матеріалів

Матеріали, що склеюються		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Сталь	1,8		1,2	2	1,3	1,2,4,5	1,2	1	3,10
2	Алюміній і його сплав			8	4	2,3,4	2,4,5	3,7	3,5	
3	Полістирол	1,9		2,4,9	5	2,4,9	9	—	9	10
4	Фторопласт	2,4,5			—	2	—			
5	Прес матеріал	1,3,4	2,3,5	2,4,9	2	1,2,4,6,7,9	4	1,4		—
6	Склопласт	1,2	2,4,5	9	—	4	1,2,4,9	7	4,9	10
7	Деревина	1-3,7	1,2	—		1,4	7	1,6,9	—	3,10
8	Кераміка	1,3-5		9			4,9		1,3,4,9	
9	Гума	3,10		10	—		10	3,10	—	10

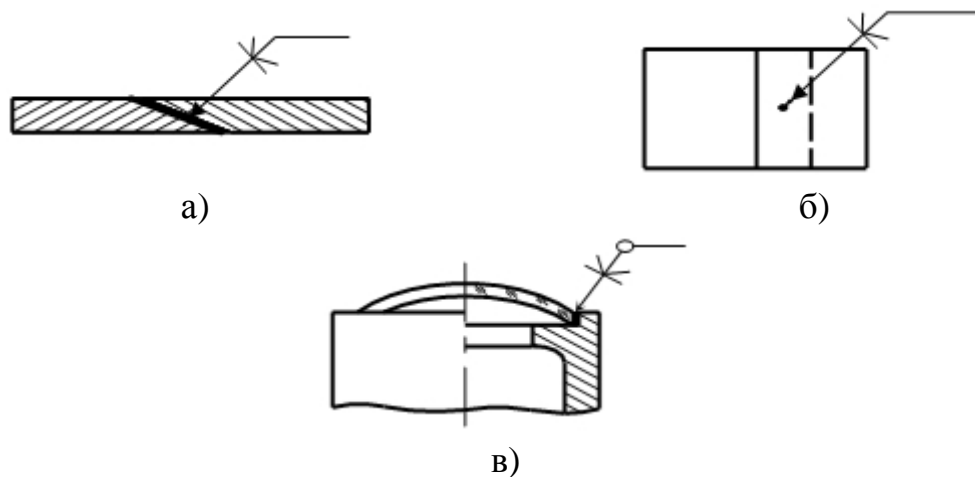


Рис. 2.37. Умовні позначки швів, отриманих склеюванням: а – показаний безпосередньо клейовий шов; б – показана поверхня, що склеюється; в – склеювання по контуру (по периметру)

2.2.4 Заклепувальні з'єднання

Заклепувальні з'єднання виконуються за допомогою металевих стрижнів - заклепок – установлювані в сполучені отвори деталей, що з'єднуються, з наступним розклепуванням, завальцюванням і розвальцюванням, з утворенням голівок за рахунок виступаючого кінця заклепки.

Форма заклепок визначається формою закладної голівки. У приладобудуванні переважно застосовуються заклепки з напівкруглими й прихованими голівками. А для склеювання тонких аркушів застосовують заклепки з розширеними голівками. При електромонтажі використовуються пустотілі заклепки. При конструюванні заклепувальних з'єднань необхідно передбачати місце для розміщення клепального інструмента.

Основна перевага заклепувальних з'єднань - можливість з'єднання різнорідних матеріалів, що важко здійснити при зварюванні й склеюванні. Заклепувальні з'єднання стабільні в часі.

Основні заклепувальні з'єднання показані на рис. 2. 38[1].

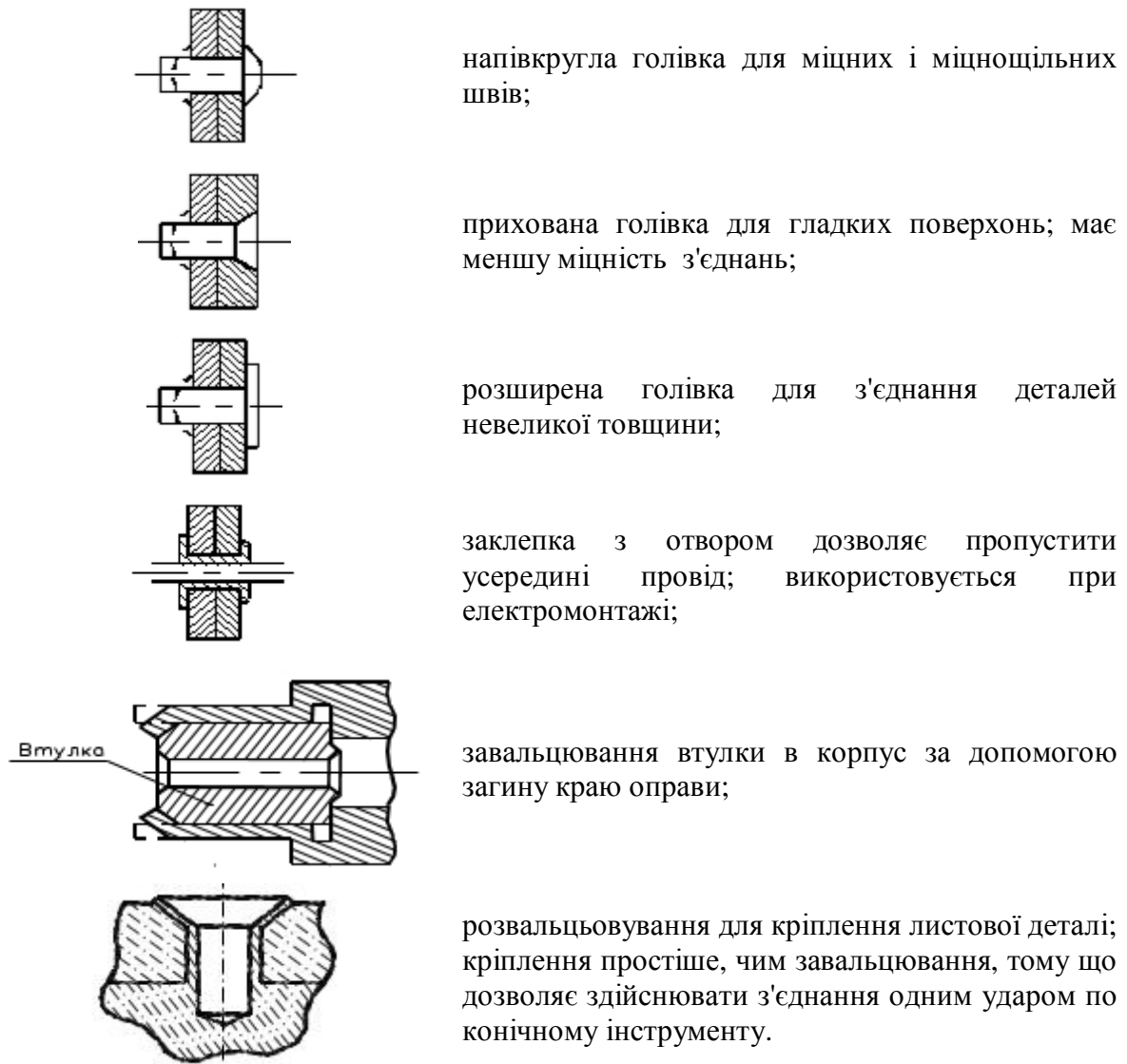


Рис. 2.38. Заклепувальні з'єднання

2.2.5 Кріплення заформуванням

Заформування – з'єднання деталей, при якому одну деталь уводять у спеціальну прес-форму з розставленими або, що перебувають у пластичному стані матеріалом іншої деталі[2]. При затвердінні матеріалу одержують міцне нероз'ємне з'єднання деталі, забезпечуючи необхідну міцність і точність з'єднання. Заформування дозволяє зменшити вартість обробки деталей і здійснити електричну, теплову й хімічну їхню ізоляцію.

Для виключення повороту або переміщення заформованих циліндричних деталей при силовому впливі вони виконуються з

поперечними канавками, бортиками або рифленими поверхнями (рис. 2.39). При значних перепадах температури необхідно враховувати різницю в значенні коефіцієнта термічного розширення матеріалів деталей, що з'єднуються.

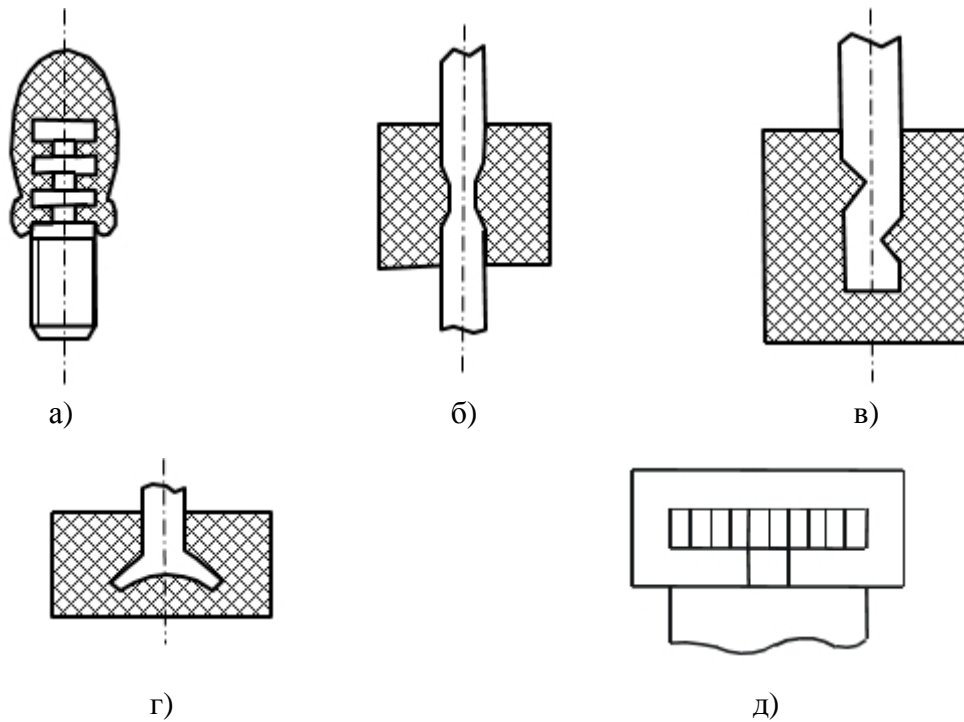


Рис.2.39. Кріплення заформуванням: а – ряд бортиків і проточок для запобігання від провертання; б – установка провідників; в, г – закріплення металевих стрижнів у пластмасі з розплющування і насічкою; д – бортик з рифленням

2.3 Роз'ємні з'єднання

Роз'ємними з'єднаннями називаються такі з'єднання, які можна розібрати й зібрати без ушкодження як деталей, що з'єднуються, так і допоміжних сполучних деталей[2].

2.3.1 Нарізні сполучення

Основні поняття:

Гвинтовою лінією називається лінія, яка утворює на прямому круговому циліндрі пряму АВ, якщо повернути на циліндр клин АВ (рис. 2.40).

Кут підйому гвинтової лінії (різьблення) називається кут Ψ клину.

Правою називають гвинтову лінію, якщо вона піднімається по циліндру зліва направо, а лівою – справа наліво.

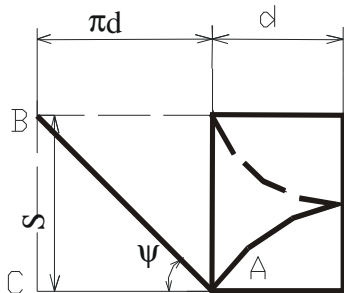


Рис. 2.40
Гвинтова лінія

Якщо переміщати по гвинтовій лінії трикутник так, щоб площа його при продовженні увесь час проходила через вісь циліндра, то отриманий у такий спосіб гвинт буде мати трикутне різьблення.

Якщо форма переміщуваного по гвинтовій лінії геометричного елемента буде дугою, то одержуємо трапецієдальну, квадратну, упорну й інші типи різьблень (рис. 2.41)[3].

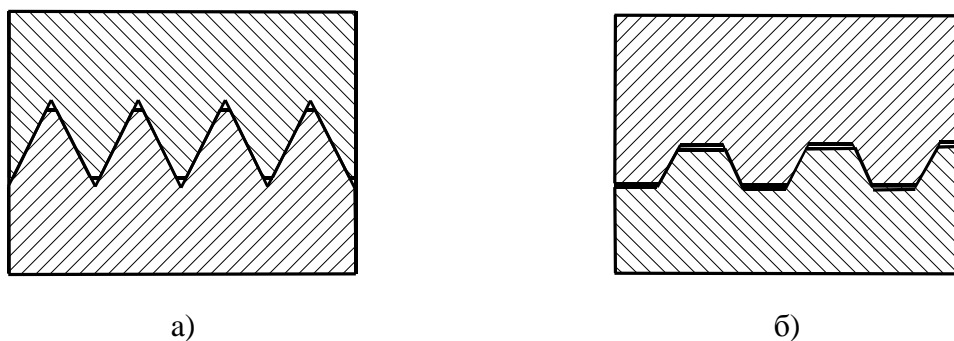


Рис.2.41. Нарізні сполучення: а – метричне різьблення; б – трапецієдальне різьблення

Одноходовим називається гвинт, утворений однією гвинтовою лінією.

Гвинти, утворені двома, трьома й більш паралельними гвинтовими лініями називаються двоходовими, триходовими й багатходовими. Такі гвинти забезпечують більшу плавність входу загвинчування.

Крок різьблення S – відстань між сусідніми витками, обмірюване уздовж різьблення. Якщо різьблення одноходове, то крок різьблення дорівнює ходу – осьовому переміщенню гвинта за один оборот. Для багатходового різьблення хід гвинта становить $S \cdot n$ – де n - число заходів.

Довжиною звинчування називають довжину нарізаної частини болта або гвинта, яка стикається із зовнішньою частиною гайки.

Різьблення. В оптичному приладобудуванні застосовують метричні великі й дрібні різьблення[1], а для окулярів – спеціальне багатходове різьблення – окулярна різьба. Для ходових гвинтів (забезпечують переміщення) застосовується трапецеїдальна різьба, що забезпечує передачу більших зусиль при високій точності.

Кріпильні деталі. Нарізні сполучення виконуються за допомогою різьблення, нарізаному безпосередньо на деталях, що з'єднуються, або за допомогою різьбових кріпильних деталей: гвинтів, болтів, шпильок і гайок. Їхня форма й розміри регламентуються стандартом[10].

Гвинти та болти використовують найчастіше для з'єднання двох або декількох деталей (рис. 2.42), але можуть бути використані й для інших цілей, наприклад слугувати віссю для деталей, що обертаються, бути напрямною для прямолінійного руху тощо. В приладобудуванні віддається перевага гвинтовим з'єднанням, так як вони є більш компактними. Основні типи гвинтів показані на рис. 2.43 – 2.44[2].

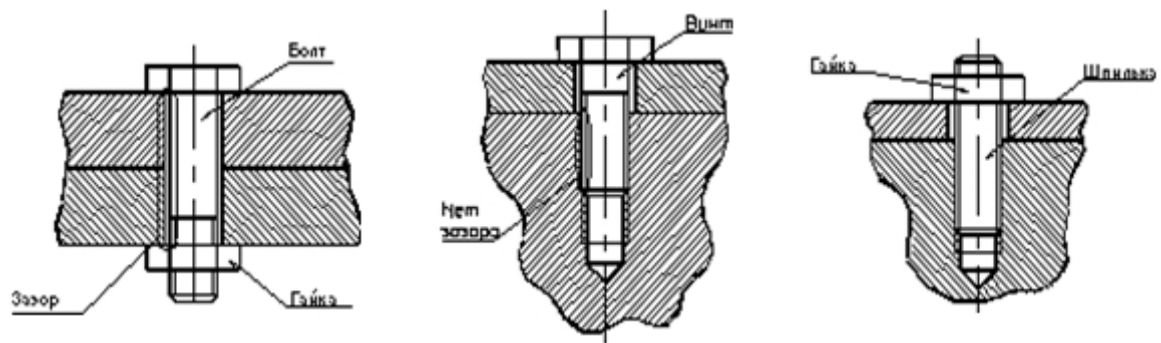


Рис.2.42.Нарізні сполучення

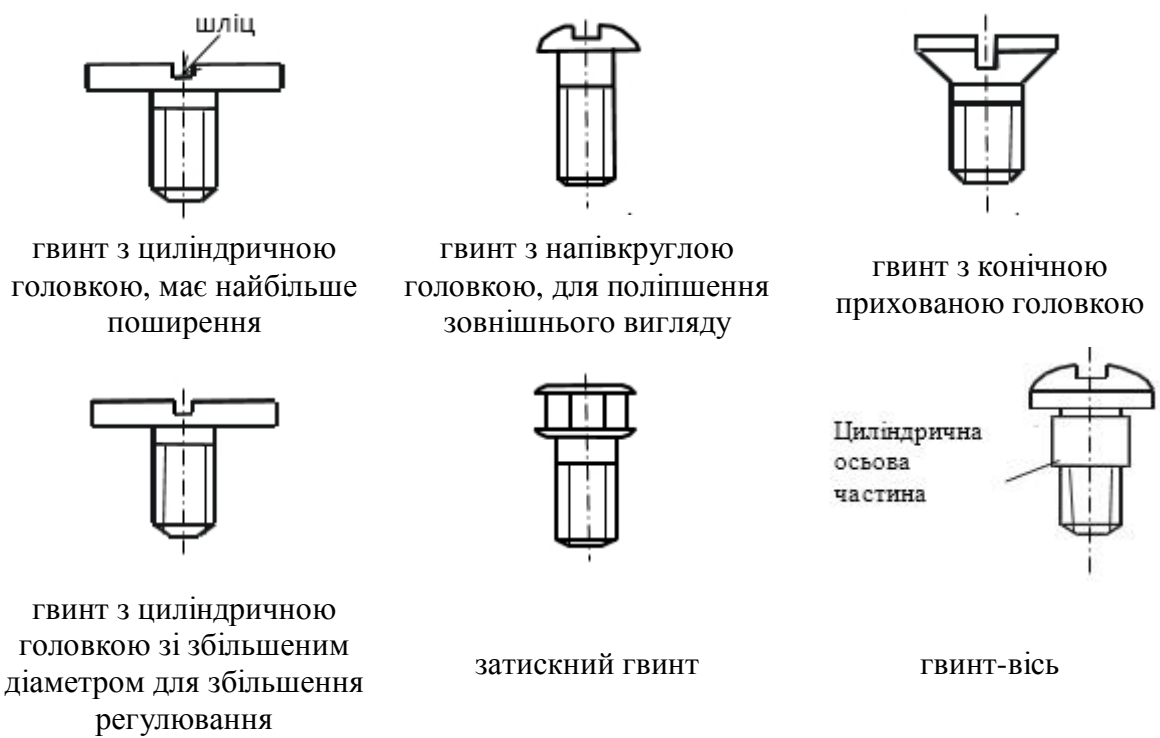


Рис.2.43.Кріпильні деталі



Рис.2.44. Кріпильні деталі: установчі гвинти, що оберігають від переміщення деталі

Відмінність гвинта від болта полягає в тому, що гвинт своєю гвинтовою частиною вгвинчується в одну з деталей, що з'єднуються, і тому відпадає необхідність у застосуванні гайки.

Болти із шестигранною голівкою застосовують переважно коли потрібна значна сила затягування ключем у порівнянні з викруткою або коли доступ до голівки можливий тільки збоку.

Гвинти із циліндричною голівкою застосовуються більш часто, тому що вони найбільш прості у виготовленні, можуть бути сильно затягнуті без ушкодження шліца й допускають відносний зсув вузлів, що з'єднуються, і деталей. Для розширення меж регулювання застосовують гвинти зі збільшеним діаметром голівки або підкладають шайби великого діаметра.

Гвинти з конічною (прихованою) голівкою застосовуються, коли голівка не повинна виступати над поверхнею, а також, коли потрібна більш точна взаємна фіксація деталей, що з'єднуються, але при наявності установочних штифтів або посадкових діаметрів, застосування гвинтів з конічною голівкою небажане.

Гвинти з напівкруглою голівкою застосовують переважно для зовнішніх деталей для поліпшення зовнішнього вигляду.

Довжина згвинчування для болтів і гвинтів береться рівною $(0,8 - 1)d$, для сталевих бронзових або латунних деталей і $(1,5 - 1,8)d$ для деталей з алюмінію і його сплавів. Більші значення довжин згвинчування застосовуються для різьблень до 3 мм, а також для глухих різьбових отворів. Найбільше часто використовують шестигранні гайки із двома фасками. Стандартні квадратні гайки застосовуються в умовах обмеженої доступності, коли потрібно запобігти гайці від провертання й випадання. Гайки-Баранчики й круглі гайки з накаткою застосовуються у випадках, коли закручування й відкручування гайки повинне проводитися від руки. Якщо гайку доводиться

утоплювати, а діаметр гнізда для гайки не дозволяє використовувати торцевий ключ, застосовують круглі гайки з отвором або зі шліцом. Круглі гайки застосовують і для захисту від випадкового відгвинчування. Глухі гайки застосовують для поліпшення зовнішнього вигляду, а також для герметичних з'єднань. У цьому випадку під гайки підкладають ущільнювальні шайби переважно з м'якої міді.

Різьбові деталі найчастіше виготовляють з вуглецевих сталей, звичайно якості Ст-3, Ст-5, а для великих навантажень - з якісних вуглецевих сталей: Сталь 10-45. Дрібні різьбові деталі виконують з автоматної сталі: А12, А20, А30.

Для найбільш відповідальних різьбових з'єднань, що піддаються дії змінних і ударних навантажень, використовують сталь 40-Х.

Точність різьбового з'єднання. Відповідно до вимог, поставлених до точності різьбового з'єднання, поле допусків болтів і гайок забезпечують три ступеня точності деталі: точний, середній і грубий.

Точний клас передбачений для прецизійних різьб (болти 4h, гайки 4H) – вимагає спеціального обґрунтування.

Середній клас передбачений для відповідальних різьбових з'єднань (болти: 6h, 6g, 6e, 6d; гайок: 5H, 6H, 6G).

Грубий клас – невідповідальні кріпильні з'єднання (болти 8h, 8g і гайки 7h, 7g) – для з'єднань, що не сполучуються.

Допуски на відстані між центрами отворів є функцією зазорів між прохідними отворами і кріпильними деталями. Чим більше зазор, тим більше допуски між центрами отворів. При розрахунку допусків між центрами отворів слід враховувати, що прохідні отвори виконуються по 6-7 квалітетам.

Запобігання самовідгвинчуванню. У різьбових з'єднаннях під дією змінних навантажень може статися послаблення затягування і випадкове розгвинчування різьбових деталей. У приладобудуванні широко поширений спосіб фіксації різьбових деталей з різьбою до М8 за допомогою декількох

крапель лаку або фарби, нанесеної з боку голівки гвинта[2]. У відповідальніших випадках застосовують різні шайби (шайбиГровера). А в самих важливих ставлять на пломбу.

Різьблення стандартного профілю (метричне) зображують умовно суцільною тонкою лінією, яку наносять на відстані не менш ніж 0,8 мм від основної лінії та не більше величини кроку різьблення (рис. 2.45).

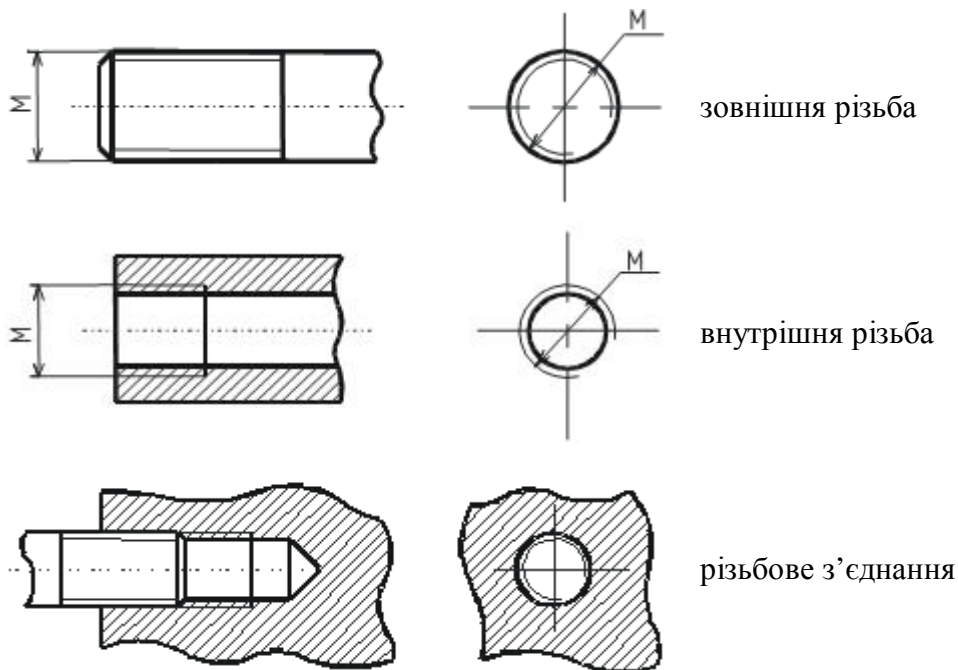


Рис.2.45.Позначення різьб

Різьба з крупним кроком:

M12-6g – зовнішня;

M12-6h – внутрішня.

Різьба з дрібним кроком:

M12*1-6g – зовнішня;

M12*1-6h – внутрішня.

Ліва різьба:

M12*1лн-6g – зовнішня;

M12*1лн-6h – внутрішня.

Ліва різьба використовується у поєднанні з правою різьбою, коли потрібно забезпечити одночасно переміщення гвинтів назустріч один одному або в протилежні сторони за допомогою карабіна, що обертається (застосовується, наприклад, в розтяжках).

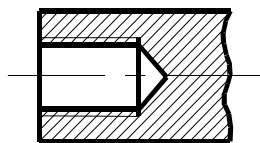
У приладобудуванні різьби з крупним кроком застосовуються обмежено, в основному застосовується метрична різьба з кроками, наведеними в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

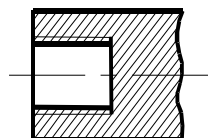
Параметри різьби

Номинальний розмір, мм	Крупний крок мм	Дрібний крок мм	Отвір під різьбу мм
1	2	3	4
1,6	0,35	0,2	1,7
2,0	0,40	0,25	2,2
2,5	0,45	0,35	2,7
3,0	0,50	0,35	3,2
4,0	0,70	0,50	4,3
5	0,80	0,5	5,3
6	1	0,75; 0,50	6,4
8	1,25	0,75; 0,50	7,4
10	1,5	0,75; 0,50	10,5
12	1,75	1; 0,75; 0,50	13
16	2	1; 0,75; 0,50	17
20	2,5	1,5; 1; 0,75; 0,50	21

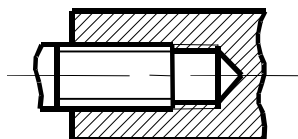
На складальних кресленнях допускається зображувати різьбу зі спрощеннями (рис. 2.46).



без зазначення недорізу



без зазначення кінчного поглиблення від свердла



без зазначення фаски на стрижні, недорізу і збігу різьби в отворі

Рис. 2.46. Основні види спрощення зображення різьб

Окрім метричної, застосовують і інші види різьб, які позначаються:

Rd – кругле різьблення;

Трап – трапецеїдальна різьба;

S – упорна різьба;

Труб – трубна різьба.

Приклади різьбових з'єднань показано на рис. 2.47.

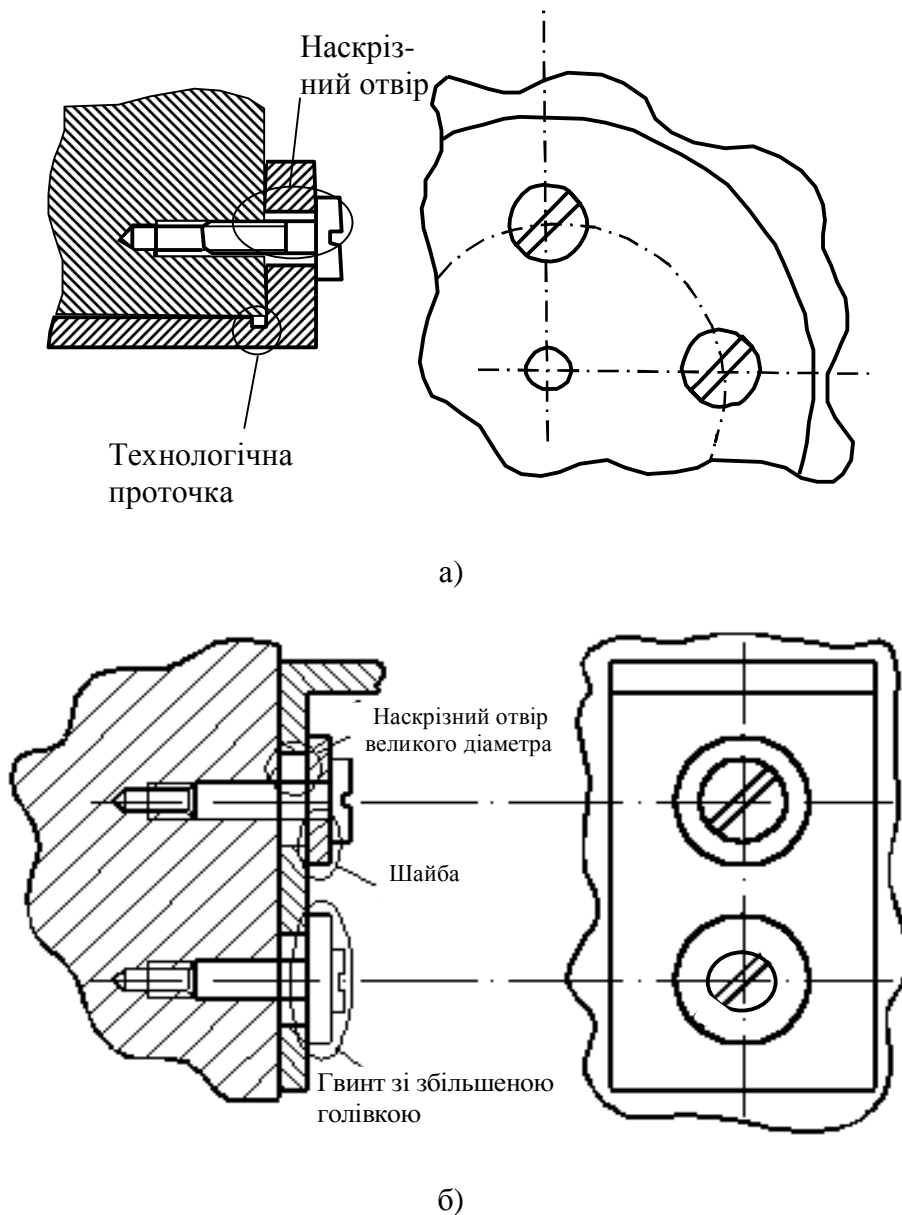
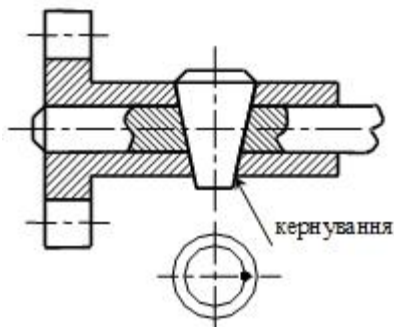


Рис. 2.47. Різьбові з'єднання: а – кріплення деталі різьбовим з'єднанням з центруванням по циліндричній поверхні; у з'єднанні застосовуються 3, 4, 6 і більше гвинтів(6 і більше – для

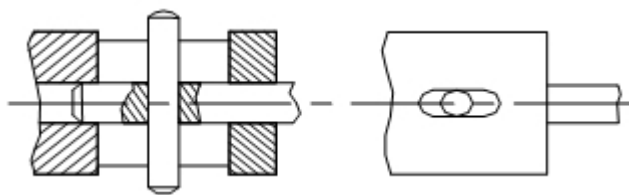
щільних з'єднань); б – різьбове з'єднання, що допускає невелике (в межах наскрізного отвору) переміщення однієї деталі по відношенню до іншої; кріплення не забезпечує надійного з'єднання деталей; після юстування необхідно прийняти заходи по геометричному замиканню деталей, що сполучаються

2.3.2 Штифтові з'єднання

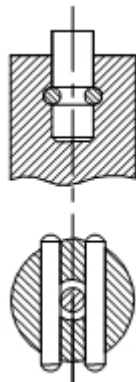
Штифти застосовуються для жорсткого з'єднання деталей або для забезпечення їх взаємного положення при повторній збірці (рис. 2.48). Одночасно штифти можуть служити також для розвантаження кріпильних гвинтів від бічних зрізаючих навантажень. Інколи штифти застосовують як самостійні деталі для різних цілей, зокрема для направлення руху однієї деталі відносно іншої або для їх фіксації; у всіх випадках застосовуються як циліндричні, так і конічні штифти[2].



використання конічного штифта для кріплення зубчастого колеса; штифт працює на "зріз"; для запобігання від випадань використовується кернування



за допомогою штифта передається обертальний момент і забезпечується осьове переміщення одного валу стосовно іншого



використання штифтів для фіксації валу

Рис.2.48. Штифтові з'єднання

Штифти стримуються в отворах деталей, що сполучаються, як правило, за рахунок сил тертя, що виникають при їх установці з *натягом*. Тому сам штифт, як і отвір під нього, виготовляють досить точними. Інколи для оберігання від можливих випадань циліндричних і конічних штифтів при з'єднанні деталей, що обертаються, працюють в умовах вібрації, використовують кріпильні кільця або керніння. Як установочні зазвичай використовують циліндричні і конічні штифти. Установочний штифт запресовують на частину довжини в одну з деталей, а вільним кінцем вставляють з мінімальним зазором в іншу деталь. Кріплення в цьому випадку здійснюється за допомогою різьбових або інших засобів сполучення.

Конічні штифти забезпечують велику точність (відсутні радіальні зазори), але їх виготовлення, перш за все отвір під них, складніше і дорожче, ніж виготовлення циліндричних штифтів і отворів.

2.3.3 Шпонкові та centruючі з'єднання

2.3.3.1 Шпонкові з'єднання

Застосовують головним чином для передачі крутного моменту з валу на деталь, що приєднується. За допомогою шпонок здійснюється кріплення зубчастих коліс, кулачків, муфт, рукояток та інших елементів.

Стандартом передбачені шпонки трьох груп: призматичні, сегментні і клинові (рис. 2.49).

Сполучення з *клиновими шпонками* відноситься до напружених з'єднань і в точних механізмах застосовується у край рідко, оскільки при забивці шпонки порушується співвісність деталей. Призматичні і сегментні шпонки встановлюють без натягу, що забезпечує краще центрування; *сегментні шпонки* і їх з'єднання технологічніші, крім того, вони можуть

самовстановлюватися, що дає можливість застосовувати їх для кріплення на конічній поверхні валу. Проте через глибокий паз послаблюється несучий перетин валу, тому вживання сегментних шпонок можливе при передачі невеликих крутних моментів і діаметрі валу не менше 4 мм; призматичні шпонки, які використовуються для рухливих з'єднань, називаються *направляючими* шпонками. Такі шпонки для виключення випадання і перекосу інколи закріплюють на валу гвинтами.

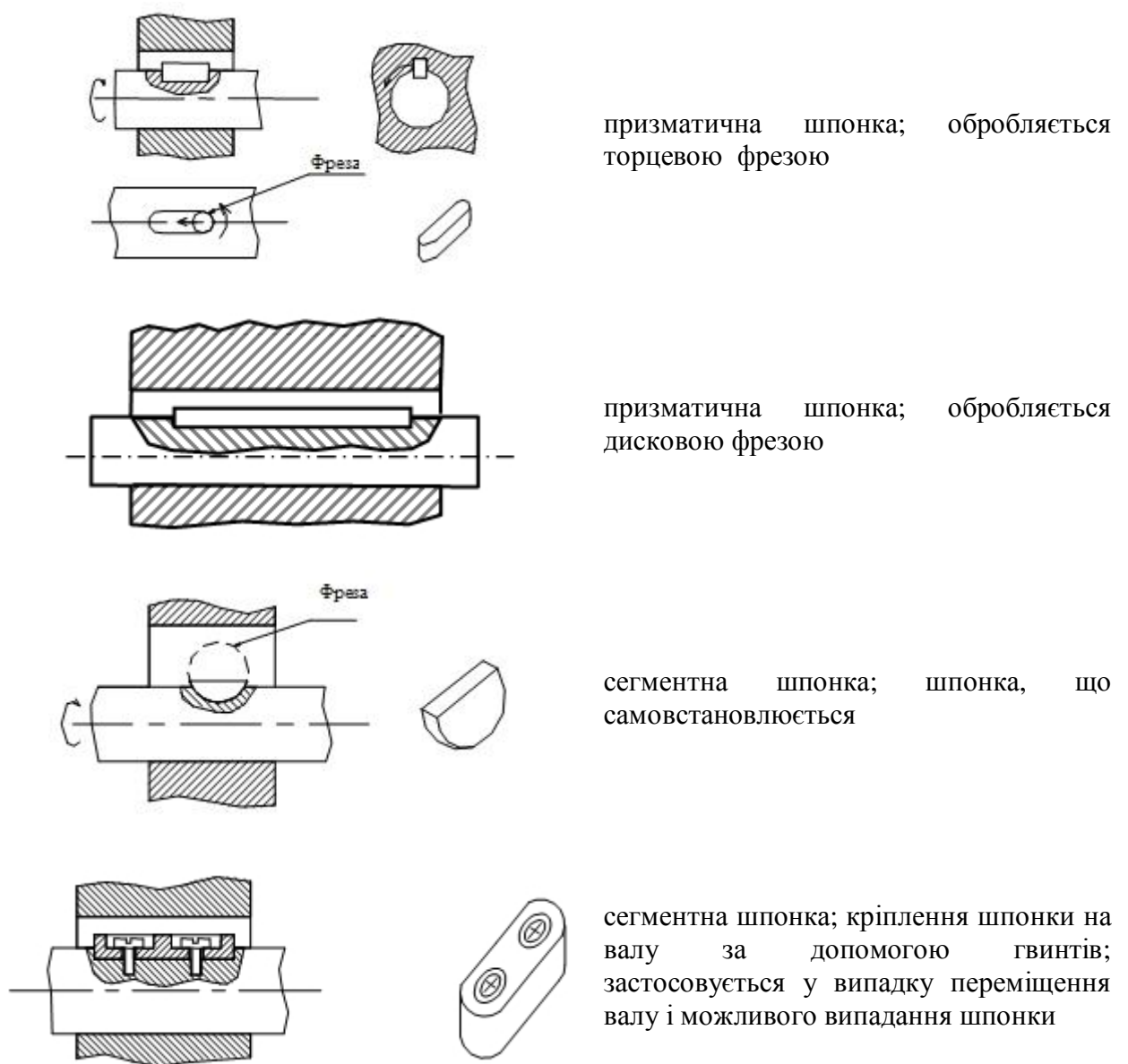


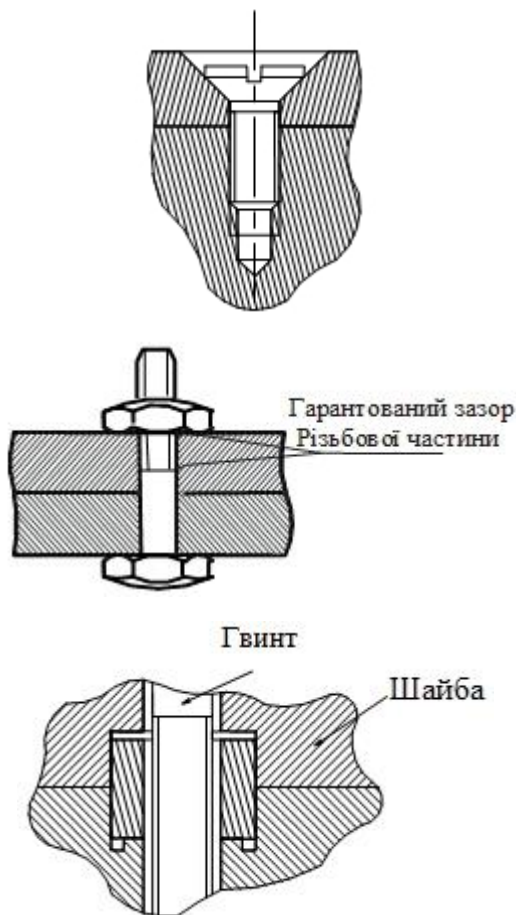
Рис.2.49. З'єднання шпоноківі

Основний недолік шпонкових з'єднань полягає в необхідності виготовлення паза, що зменшує робочу площу перетину деталей, що сполучаються, і що викликає значну концентрацію напруги.

Шпонки працюють “на зріз” і для них використовуються леговані сталі Сталь40,45 і 30ХН з подальшим гартуванням. Для малонавантажених з'єднань можна застосовувати Ст5, Ст6.

2.3.3.2 Центруючі з'єднання

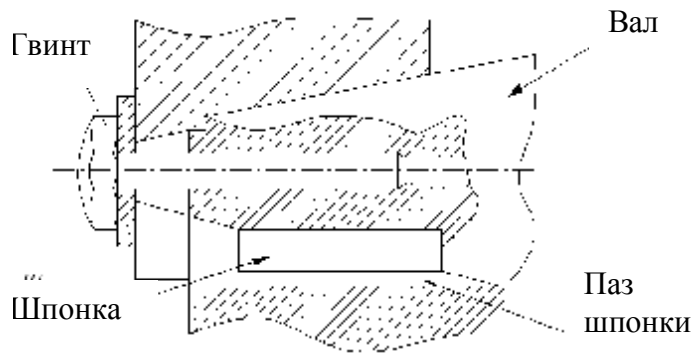
Призначені для точного позиціонування з'єднань деталей по одній осі (рис. 2.50).



прихований гвинт забезпечує центрування верхньої деталі стосовно нижньої при невеликих зусиллях; точність центрування забезпечується точністю гвинта

точно пригнаний гвинт без зазору і з укороченою різьбовою частиною забезпечує центрування верхньої і нижньої деталі по циліндричній не нарізаній частині; різьбова частина має гарантований зазор

центрування за допомогою шайби по її зовнішній поверхні; шайба встановлюється в два циліндричних пази з мінімальним (нульовим) зазором; гвинт забезпечує з'єднання чи притиск двох деталей



точне центрування конічного валу з передачею крутного моменту з призматичною шпонкою забезпечує дуже хороше центрування, але складний у виготовленні

Рис. 2.50.Центруючі з'єднання

Для центрування краще застосовувати спеціально виготовлені вали, які забезпечують підвищену точність.

2.3.4Шліцьові з'єднання

Зубчасті з'єднання. Недостатня міцність однієї шпонки змушує збільшити їх число, що приводить до послаблення площини робочого перетину валів і вимагає високої точності взаємного розташування шпонок. Рациональніше використовувати в цьому випадку зубчасті з'єднання. Таке з'єднання не послаблює робочий перетин валу і може передавати значне навантаження; забезпечує краще центрування деталей і їх напрям при русі уздовж валу.

Зубчасті з'єднання є ніби багатощпопковими з'єднаннями, в яких шпонки-зубці виготовляють разом з валом, а в деталі, що сполучається з валом, є відповідні пази для зубців. Зубчасті з'єднання виконують як рухливими, так і нерухомими. Найбільш поширені з'єднання з прямобічним і евольвентним профілями зубців (рис. 2.51).

Центрування зв'язаних деталей зубцями прямобочного профілю здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні, рідше по бічних. Центрування по циліндричній поверхні застосовують при підвищених вимогах до точності сполучення. Центрування по бічних гранях доцільно при передачі змінних навантажень, коли потрібно забезпечити мінімальний зазор між зубцями по бічних гранях. Сполучення з евольвентним зазором

забезпечує підвищену міцність і краще центрування. Сполучення найчастіше здійснюється по бічних гранях зубців.



Рис.2.51. Шліцьові з'єднання

З'єднання на квадраті та лисці (рис. 2.52) в приладобудуванні застосовується рідко, через невисоку точність центрування і малу надійність (спрацьовуються).

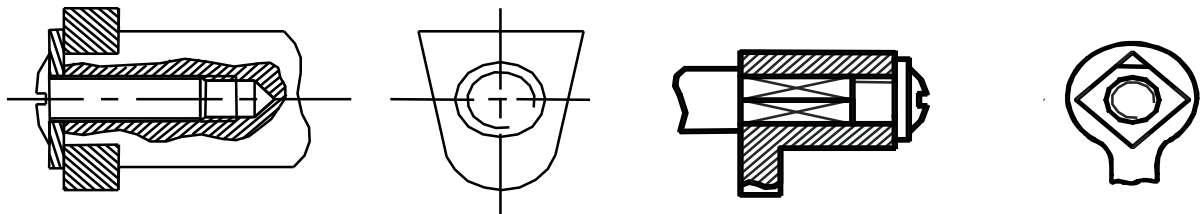


Рис.2.52 З'єднання на лисці та квадраті

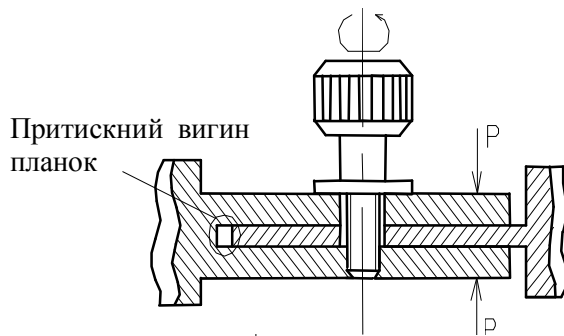
2.3.5 Затиски і цанги

З'єднання деталей за допомогою різного роду затискних пристроїв є легкороз'єднувальними. Сила в затиску, що перешкоджає зсуву деталей, завжди значно перевищує силу, яка приводить в дію затиск. Щоб отримати таке співвідношення сил як затискну деталь в більшості випадків використовують ексцентрик або гвинт; особлива увага на вибір затискного пристрою має бути звернена в тих випадках, коли затиск деталі не повинен викликати навіть незначного зсуву або повороту; у цих випадках зазвичай застосовують затиски цангового типу (рис. 2.53).

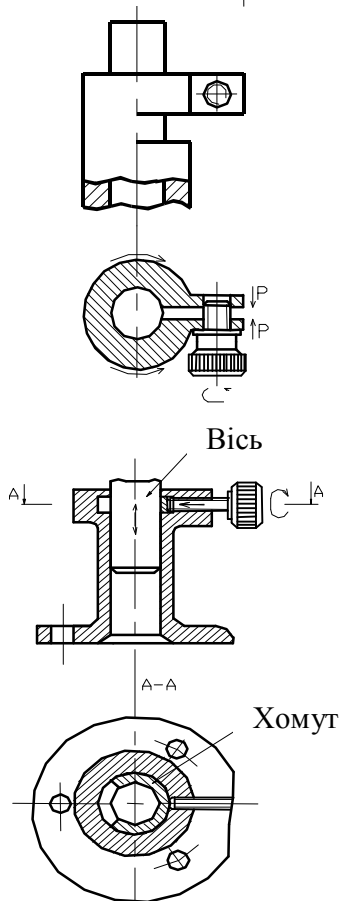
2.3.6 Штикові з'єднання

Роз'ємні з'єднання двох деталей, здійснювані шляхом введення штифта (штиря), закріпленого на одній з деталей, що сполучаються, або виступу в спеціальний проріз іншої деталі і подальшого зсуву однієї деталі відносно іншої на довжину прорізу називають *штиковим з'єднанням*.

Число штифтів і прорізів зазвичай не перевищує три. Штикові з'єднання застосовують в тих випадках, коли необхідно часто і швидко сполучати і роз'єднувати деталі (рис. 2.54).

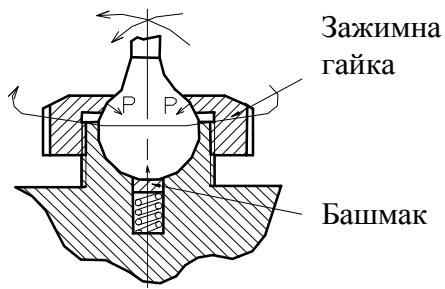


Притискний затиск. Затискне зусилля утворюється при загвинчуванні гвинта і при передачі тиску на планку. Обов'язково необхідно передбачити можливість притискного вигину планок. Застосовується для невеликих зусиль

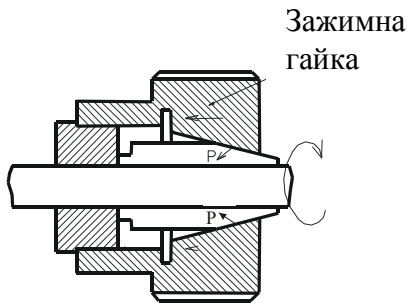


Затискний хомут. Забезпечує велике зусилля затиску і більш рівномірно розподіляє затискне зусилля по затискній деталі і зменшує її деформацію

Затиск комбінованого типу. Затискний гвинт давить на хомут, що притискає вісь, що переміщається по вертикалі, тим самим забезпечується дуже велике зусилля затиску при невеликих напругах у деталі, що затискається

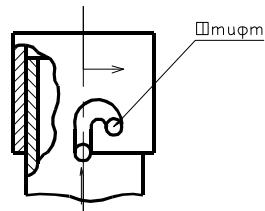


Шаровий шарнір. Дозволяє нахилити вісь по двох координатах. При обертанні гайки шарнір притискають до підстави; для збільшення сили тертя використовується підпружинений черевик

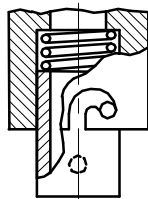


Цанговий затиск. Містить затискну гайку, що нагвинчується на різбову підставу; при нагвинчуванні гайка переміщається і на-повзає на кліп цанги і передає зусилля на (цангу)

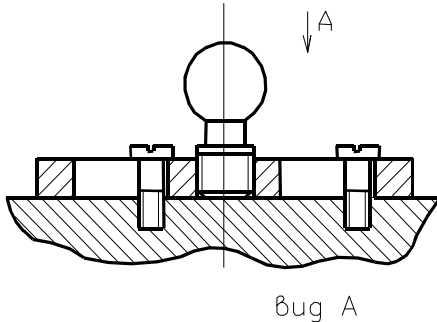
Рис. 2.53. Затиски і цанги



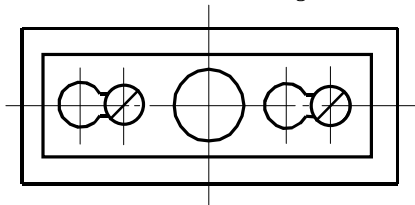
нижня деталь піднімається нагору, штифт заходить у проріз, а потім провертається, забезпечуючи надійне кріплення



пружина виштовхує нижню деталь, забезпечуючи більш надійне утримання штифтів прорізу



штикове з'єднання злінійним переміщенням деталі



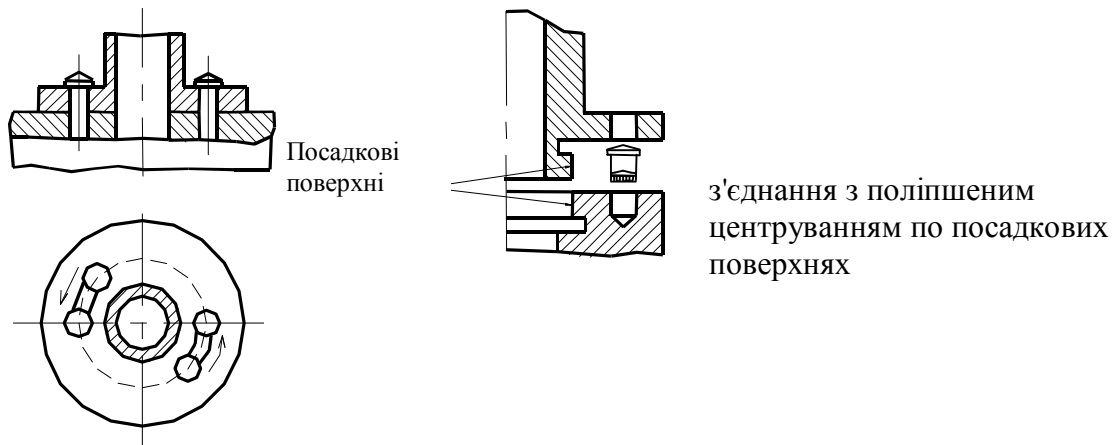
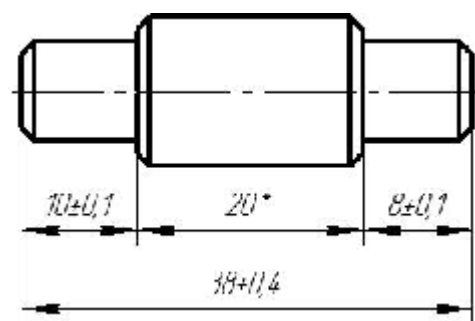
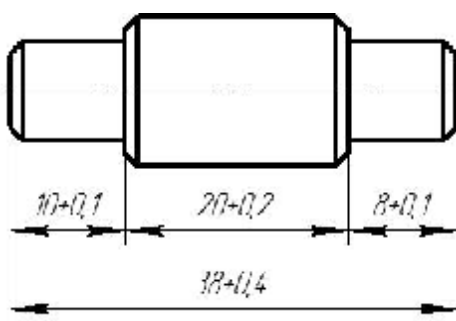


Рис.2.52. Штикові з'єднання

В такий спосіб здійснюється кріплення обідків захисних і оглядових стекол, кришок і заглушок, змінних об'єтивів. В цілях запобігання випадковому роз'єднанню з'єднання підпружинюють пружинами, а замість штифтів застосовують гвинти.

2.4 Контрольні запитання та завдання

1. На якому з креслень розміри нанесені правильно? Відповідь обґрунтуйте.

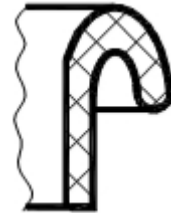
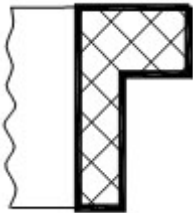


2. На якому з креслень розміри нанесені правильно? Відповідь обґрунтуйте.



3. Яке призначення технологічних проточок?

4. Яке оформлення краю деталі ви вважаєте правильним? Відповідь обґрунтуйте.



3 ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ І ЇХ КРІПЛЕННЯ

3.1 Основи конструювання оптичних деталей

3.1.1 Спільні вимоги

Робочі креслення оптичних деталей виконуються відповідно до вимоги ЕСКД (ГОСТ 2.412-81)[11]. Оптичні деталі і складальні одиниці, що складаються з оптичних деталей, сполучених між собою склеюванням або оптичним контактом, змальовують на кресленнях по ходу променя, що йде зліва направо. На кресленнях оптичних деталей в правій верхній частині поміщають таблицю (табл. 3.1), що містить вимоги до матеріалу, вимоги до виготовлення і розрахункові дані[12]. На кресленнях оптичних складальних одиниць таблиця містить вимоги до виготовлення і розрахункові дані.

Таблиця 3.1
Приклад таблиці на
оптичних кресленнях.

Δn_e	3В
$\Delta(n_F - n_C)$	3В
Однорідність	3
Подв.променез.	3
Світлопоглин.	2
Безсвильність	3В
Пузирність	2Б
N_{AB}	5
ΔN_{AB}	0,5
C	0,05
P_A	IV
P_B	V
ΔR_{AB}	3
f'	48,87
S_F	-42,65
S'_F	48,71±0,
св.ØА	81
св.ØБ	26,1
	28,1

Вимоги до матеріалу:

1. Категорія і клас по показнику заломлення Δn_e ;
2. Категорія і клас по середній дисперсії $\Delta(n_F - n_C)$;
3. Категорія по оптичній однорідності;
4. Категорія по подвійному променезаломленню;
5. Категорія по світлопоглинанню;
6. Категорія і клас безсвильності;
7. Категорія і клас пузирності.

Вимоги до виготовлення:

1. Граничне відхилення стрілки кривизни поверхні деталі від стрілки кривизни поверхні пробного скла, вираженого числом інтерференційних кілець або смуг N ;
2. Граничне відхилення форми поверхні від сфери або плоскості, виражене числом інтерференційних кілець або смуг N ;
3. Допустима спільна децентровка або децентровка кожної поверхні (для лінз) 3 (у мм);
4. Клас (група) дефектів на полірованій поверхні P ;
5. Гранична клиновидність пластин (у хвилинах або секундах);
6. Гранична пірамідальність призми (у хвилинах або секундах).

Допуски на характеристики оптичних матеріалів та допуски на виготовлення наведено в табл. 3.2 та табл. 3.3 відповідно.

Розрахункові дані:

1. Світловий діаметр св \varnothing ;
2. Фокусна відстань f' ;
3. Передня вершинна фокусна відстань S_F ;
4. Задня вершинна фокусна відстань S'_F .

Одну з цих величин дають з граничними відхиленнями.

Таблиця 3.2

Допуски на характеристики оптичних матеріалів

Вимоги до матеріалу	Тип оптичної системи		
	Об'єктив		Конденсор
	довгофокусний (зорова труба)	Короткофокусний (мікроскоп)	
Δn	(1 – 3) А, Б	(1 – 3) Б	3У
$\Delta(nF - nC')$	(1 – 2) Б, В	(1 – 2) У	2У
Однорідн	1	4	4
Подв. променезалом.	3	3 – 4	4 – 5
Світлопоглинання	0 – 3	1 – 2	0 – 1
Безсвильність	1У	1У	2У
Пузирність	(7 – 9) Г, Д	5Г	(3 – 7) Г, Д

Таблиця 3.3

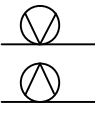






Допуски на виготовлення лінз

Призначення лінзи	N	ΔN	ΔR	Допуск на товщину, мм	З, мм	P
Об'єктив телескопічної системи	2 – 3	0,2 – 0,5	2 – 3	0,1 – 0,3	0,01 – 0,05	IV – V
Обертаючі лінзи	3 – 5	0,3 – 0,5	2	0,2 – 0,3	0,02 – 0,1	V – VI
Конденсори Колективи	10 – 15	1 – 2		0,2 – 0,5	0,05 – 0,2	
		0,5 – 1	3	0,2 – 0,5		1 – 10 1 – 20
Об'єктиви коліматорів	0,1 – 0,5	0,2 – 0,5	1 – 2	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1	II, IV
Мікрооб'єктиви до 10*0,25	2 – 3	0,2 – 0,5	2 – 3	0,01 – 0,05	0,003 – 0,005	I, II
Мікрооб'єктиви до 40*0,65	1 – 2	0,1 – 0,2	1 – 2			

На кресленнях тих деталей, що підлягають покриттю, на зображенні поверхні, що підлягає покриттю, або на виносній лінії до неї наносять відповідний умовний графічний знак покриття (табл. 3.4)[4]. У технічних вимогах вказують умовний графічний знак з індексом поверхні і умовне позначення покриття.

Таблиця 3.4

Типи покриттів оптичних деталей

Типи покриттів	Скорочене найменування	Умовне графічне зображення
Непрозорі, що відображають Зовнішнє віддзеркалення Внутрішнє віддзеркалення	Зеркальн.	
Світлоділильні (напівпрозорі)	Світлоділ.	
Просвітлюючі	Просвітл.	
Покриття-фільтри	Фільтр.	
Захисні прозорі	Захисн.	
Струмопровідні	Струмопровід.	
Поляризаційні	Поляриз.	

Захисні фаски допускається графічно не змальовувати, розміри фаски вказують на полі лінії винесення або в технічних вимогах. Перед розмірним числом радіусу сферичної поверхні R слово “сфера” не пишуть. Якщо передбачено забарвлення неробочих матових поверхонь деталей, в технічних вимогах поміщають відповідні вказівки.

3.1.2 Конструювання лінз

Лінзами називають оптичні деталі, виготовлені з оптичного скла або іншого прозорого матеріалу та обмежені поверхнями обертання[4]. Основні конструктивні елементи лінз показано на рис. 3.1. По своїй формі лінзи можуть бути: двовипуклі, плосковипуклі, двоввігнуті, плосковвігнуті, а

також ввігнуто-випуклі та випукло-ввігнуті – меніски (рис. 3.2). Приклад робочого креслення лінзи показано на рис. 3.3 (таблиця – в табл. 3.1).

Основні конструктивні елементи лінз:

$D_{\text{повн.}}$ - повний діаметр;

$D_{\text{св.}}$ - світловий діаметр;

t - товщина по краю;

d - товщина по оптичній осі;

m -розмір фаски;

R - радіус заломлюючої поверхні.

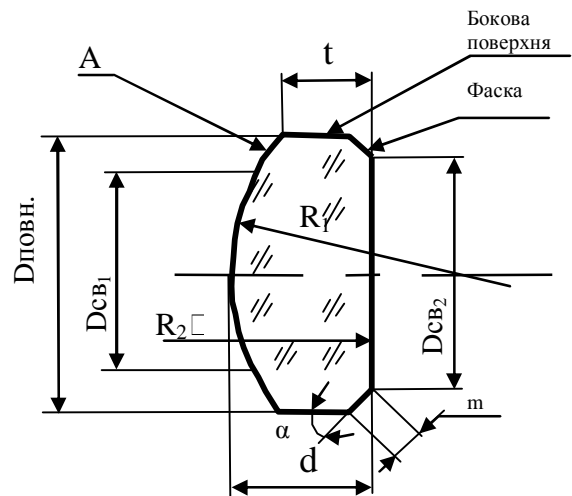


Рис. 3.1. Конструктивні елементи лінзи

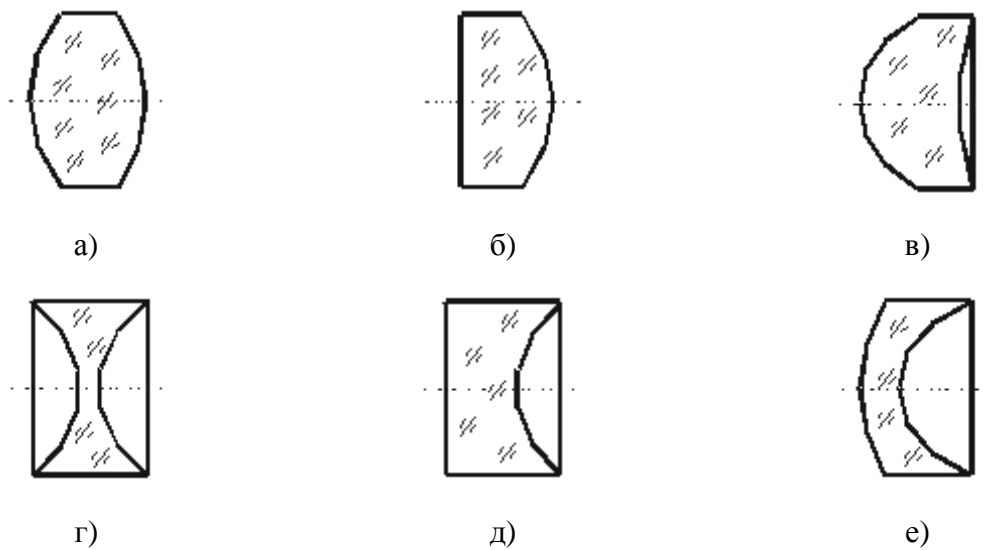
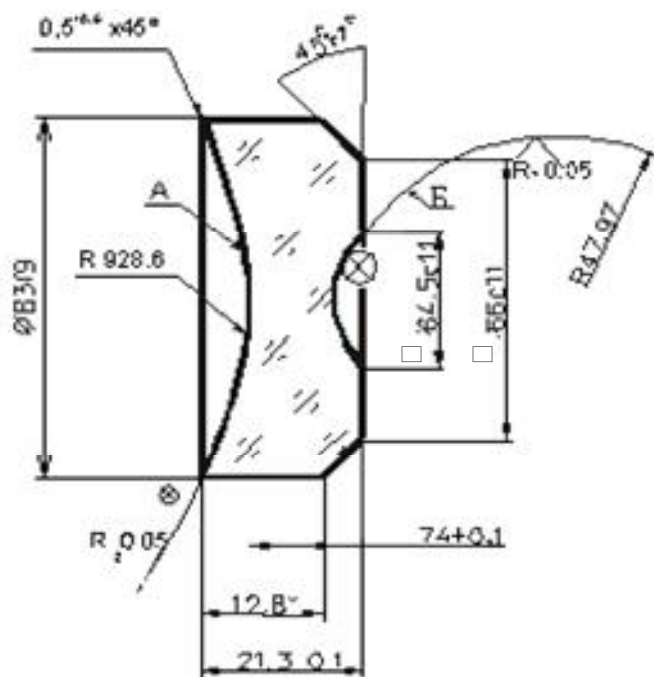


Рис.3.2. Типи лінз: а – двовипукла; б – плосковипукла; в – позитивний меніск; г – двоввігнута; д – плосковвігнута; е – негативний меніск

Допуски на повний діаметр призначають залежно від точності центрування (табл. 3.5). Товщину лінзи розраховують з врахуванням технологічної міцності (особливо для негативних лінз), забезпечення необхідної базової поверхні для закріплення, а також наявності фасок. Для позитивних лінз за основу береться найменша товщина t по краю, а для негативних – найменша товщина d по осі. При виборі цих розмірів необхідно

стежити за тим, щоб виконувалася умова $t \geq 0,05 D_{\text{повн}}$ – для позитивних лінз і $t > 0,08 D_{\text{повн}}$ – для негативних лінз. Для усунення сколювань, що з'являються при виготовленні і для оберігання від сколювань при установці лінзи в оправу, виконують так звані фаски[11]. Їх розміри визначаються діаметром і умовою установки лінз (табл. 3.6). Фаски для лінз, закріплених завальцовкою, мають більші розміри, ніж захисні фаски.



- 1.* Розміри для довідок.
2. А. Просвітління 43Р по ТУ..., $\lambda = 520 \pm 30$ нм.
Б. Просвітління 44Р, 43Р по ТУ ..., $\lambda = 520 \pm 30$ нм.
3. Покрытие матових поверхонь емаль чорна по ТУ...

Рис. 3.3. Приклад робочого креслення лінзи

Таблиця 3.5

Допуски на повний діаметр лінз залежно від точності центрування

Точність центрування		Допуски на діаметри, мм		Допуски на посадочний діаметр оправы
Характеристика	допуск, мм	Центрованої	Нецентрованої	
Підвищена	< 0,05	g6, f8	d11	H7
Середня	0,05 – 0,1	h8, h9, f9	d9, b11	H8, H9
Знижена	> 0,1	b11	-	H11

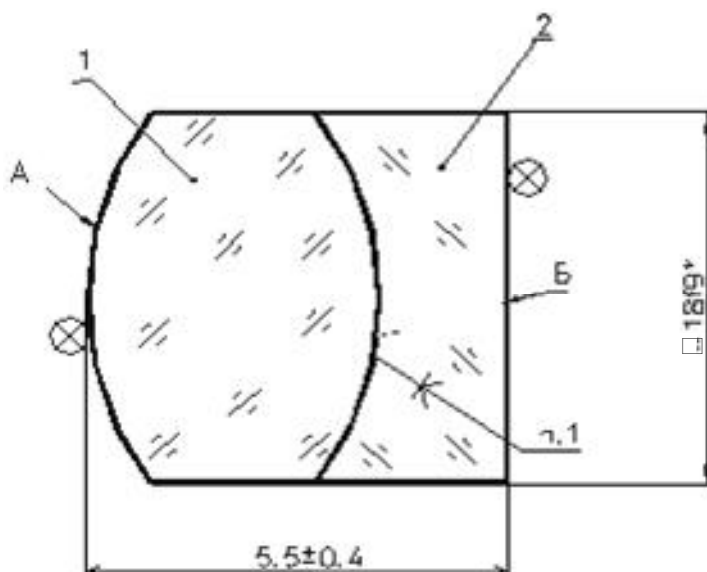
Лінзи в оптичній системі можуть використовуватися як одиночні елементи, так і у вигляді склеєних блоків. Склеювання лінз дозволяє істотно спростити конструкцію оправ, підвищити надійність і якість оптичних

систем. Так само як і будь-яку складальну одиницю, на склеєний блок виконується складальне креслення (рис. 3.4), на якому вказують параметри, контрольовані після склеювання ($N, N, Z, P, f', Sf, S'f', \text{св.}\varnothing$), а також технічні вимоги на операції, виконані після склеювання. Креслення забезпечують специфікацією з вказівкою деталей, що входять в лінзовий блок. Ця специфікація розташовується над основним написом. Для склеювання лінз використовується бальзамін (для легких умов експлуатації) і епоксидний клей ОК-50.

Таблиця 3.6

Товщина лінз і розміри фасок

Повний діаметр лінз	Товщина позит. лінзи- t мм	Товщина негат. лінзи-d мм	Ширина фаски m, мм		
			Не склеювана поверхня	Склеювана поверхня	Під завальцовку
<6	0,6	0,8	$0,1^{+0,1}$	$0,1^{+0,1}$	$0,1^{+0,2}$
6-10	0,8	1,0	$0,1^{+0,2}$	$0,1^{+0,2}$	$0,3^{+0,2}$
10-18	1,0	1,3	$0,2^{+0,3}$		$0,4^{+0,2}$
18-30	1,5	1,8	$0,3^{+0,3}$	$0,2^{+0,2}$	$0,5^{+0,3}$
30-50	2,0	3,0	$0,3^{+0,4}$		$0,7^{+0,5}$
50-80	3,0	5,0	$0,4^{+0,5}$		$1,0^{+0,5}$
80-120	5,0	8,0	$0,5^{+0,6}$		--
>120	6,0	--	$0,7^{+0,8}$		--



1. Клейти ОК - 50 по ТУ...
2. АБ. Просвітління 44 Р.43 Р по ТУ...
3. Покриття матових поверхонь емаль чорна по ТУ...

Рис. 3.4. Приклад складального креслення склеєного блоку

3.1.3 Конструювання призм

Призми застосовують для: зміни ходу променю в приладі, зміни напрямку оптичної осі системи, зміни напрямку лінії візування, повороту зображення; зменшення габаритного ходу променю, розділення пучка променів, обертання зображення або компенсації повороту, розкладу в спектр, поляризації світла (рис. 3.5)[11].

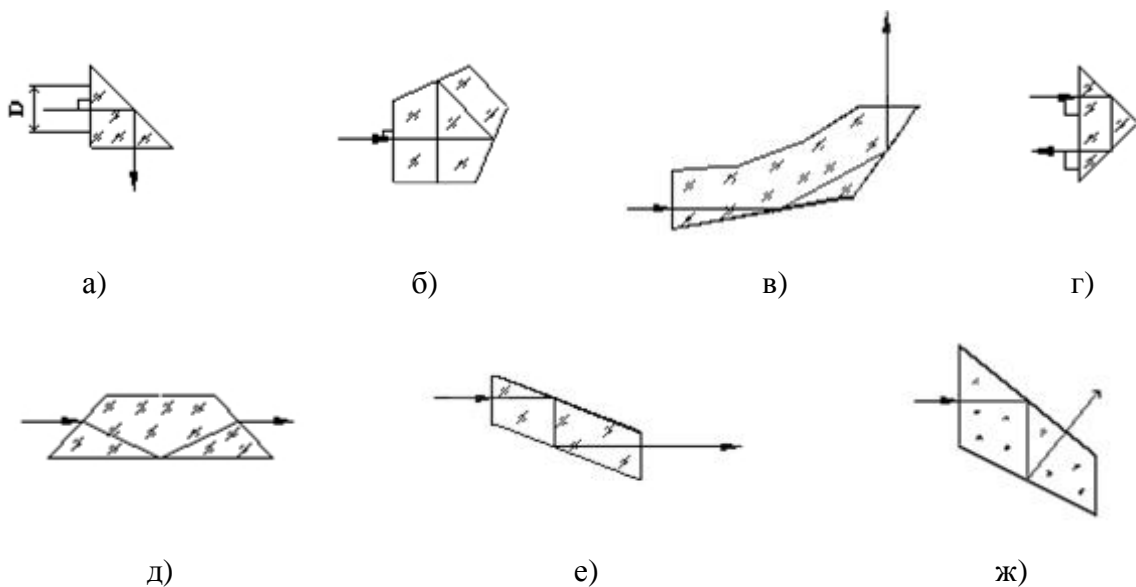


Рис. 3.5. Основні типи призм: а – АР-90⁰; б – БП-90⁰ пентапризма; в – БР-90⁰ призма Воластона; г – БР-180⁰ кутковий відбивач; д – АР-0⁰ призма Дове; е – БС-0⁰ призма – ромб; ж – БУ-45⁰ напівпентапризма

Основним конструктивним параметром призми, знаючи який можна знайти всі її останні розміри, є найменший діаметр d пучка променів, що пропускається, рівний сумі світлового діаметру і припуску для виготовлення фасок, забезпечення юстування і кріплення призми в оправі. Цей припуск визначається у кожному конкретному випадку. Робоче креслення призми повинне наочно розкривати її форму і містити всі лінійні і кутові розміри, необхідні для її виготовлення (рис. 3.6). На ребрах і кутах призми виконуються фаски, які оберігають її від сколювань (табл. 3.7)[4]. Інколи фаски роблять для видалення надлишків скла або для забезпечення кріплення призми. Фаски на ребрах знімаються по нормалі до бісектриси двогранного

кута. На ребрі даху фаски небажані, а якщо їх виконують, то дуже малої ширини 0,02 – 0,05 мм.

Допуски на лінійні розміри призм зазвичай не жорсткі, оскільки відхилення ці не роблять помітного впливу на якість зображення. Допуски на відбиваючі грані призми під пробне скло визначаються групою точності (табл. 3.8). При призначенні допусків на кути слід враховувати, що виготовлення призм з допуском менше однієї кутової хвилини технологічно складний процес, а при допуску більше десяти хвилин ускладнюється юстування приладу.

Таблиця 3.7

Розміри фасок призм

Довжина найбільш короткого ребра, мм	Ширина фаски, мм	
	на ребрах	На тригранних кутах
< 6	$0,1^{+0,2}$	$1^{+0,4}$
6 – 10	$0,2^{+0,3}$	
10 – 18	$0,3^{+0,4}$	
18 – 30	$0,4^{+0,5}$	$1,5^{+0,5}$
30 – 50	$0,5^{+0,6}$	$2^{+0,6}$
> 50	$0,7^{+0,8}$	$2,5^{+0,8}$

Таблиця 3.8

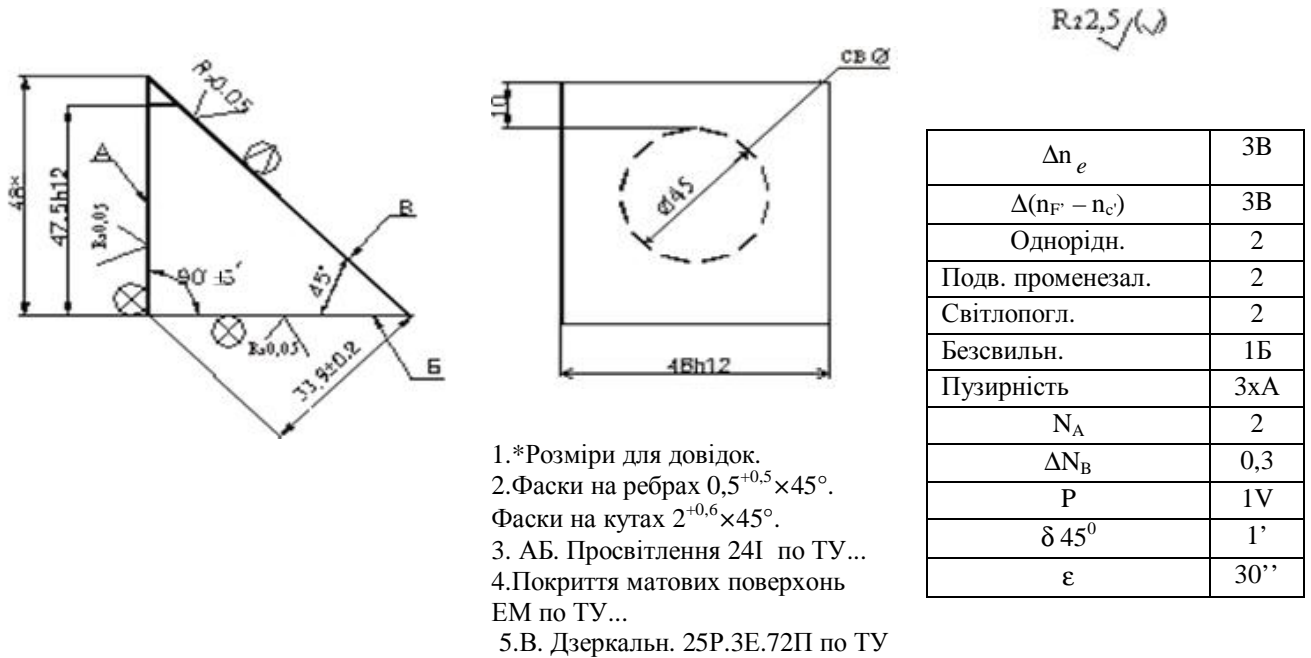
Вимоги до виготовлення призм

Група точності	N	ΔN	Найменший допуск на окремі кути хвилини	Приклади призм
Висока	0,2 – 0,5	0,05 – 0,2	1 – 5	Призми з дахом, куб-призми
Середня	0,5 – 2,0	0,2 – 0,5	2 – 5	Обертаючі, компенсатори
Низька	5 – 10	1 - 2	10 – 15	Просвітлюючі

Для відповідальних призм на кресленні приводять значення роздільної здатності ϵ і мінімальне значення фокусної відстані f_{min} .

Якщо на поверхню призми наноситься покриття, зазвичай просвітлююче, на заломлюючі грані і дзеркальне на відбиваючі, то вони

вказуються в нижній частині креслення. Кращим дзеркальним покриттям є 25P.3E.72PI. – сріблення, із захисним шаром міді і лаку.



- 1.*Розміри для довідок.
- 2.Фаски на ребрах $0,5^{+0,5} \times 45^\circ$.
Фаски на кутах $2^{+0,6} \times 45^\circ$.
3. АБ. Просвітлення 24I по ТУ...
- 4.Покриття матових поверхонь ЕМ по ТУ...
- 5.В. Дзеркальн. 25P.3E.72П по ТУ

Рис. 3.6. Приклад робочого креслення призми

3.1.4Конструювання дзеркал

Форма плоских дзеркал визначається місцем розташування їх в оптичній системі, формою падаючого на них пучка, а також діапазоном коливань, якщо дзеркало рухливе[11]. Якщо дзеркало нерухоме, його габаритні розміри визначають для найбільш несприятливого випадку, тобто для найменшого кута ω і для найбільшого значення l (рис. 3.7).

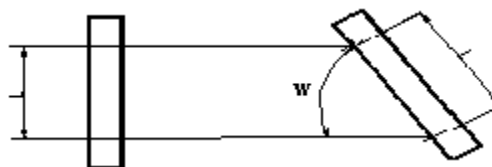


Рис.3.7. Визначення розміру дзеркала l

Для забезпечення юстування і закріплення дзеркал, їх розміри дещо збільшують. Припуски визначаються способами закріплення дзеркал і

юстувальними переміщеннями. Товщину дзеркал d знаходять залежно від найбільшого розміру дзеркала l_{\max} і точності його виготовлення. При цьому повинні дотримуватися співвідношення: $d \geq (1/5 \dots 1/7) l_{\max}$ – для особливо точних дзеркал (систем автоколімацій, інтерференційні і спектральні прилади); $d > (1/8 \dots 1/10) l_{\max}$ – для точних дзеркал (прилади спостереження, скануючі системи, телевізійні прилади); $d > (1/15 \dots 1/25) l_{\max}$ – для грубих дзеркал, що застосовуються, в основному, в освітлювальних системах[11].

Дзеркала мають захисні фаски на кромках і кутах. Для дзеркал круглої форми застосовують фаски, аналогічні фаскам лінз, а для некруглих – такі ж фаски, як і ті, що рекомендуються для призм.

У таблиці вимог до якості покриття матеріалу для дзеркал із зовнішнім покриттям вказують, як правило, лише категорію подвійного променезаломлення, оскільки цим показником визначаються внутрішні напруги в матеріалі. Для особливо точних дзеркал вони мають бути мінімальними. Для дзеркал з внутрішнім віддзеркаленням, вимоги до якості оптичних матеріалів ті ж, що і для лінз аналогічного призначення(табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Вимоги до виготовлення дзеркал

Тип дзеркал	Δn_e $\Delta(nF' - nc')\Delta$	Однорі дність	Двопро менез.	Без- свиль ність	Пузир ність	NI	ΔNI	θ	P	ΔR
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
З наружн. відбиттям.	-	-	2 - 4	-	(5-7) Г,Д	2 - 5	0,2-0,5	-	V-VI	2-3
З внутр. відбиттям.	(2-3) Б	3 - 4	2 - 4	2Б	(4-5) В,Г	2 - 5	0,5-1,0	1-3	V-VI	2-3
Світлоділ. дзеркал	(3-4) В	3 - 4	2 - 4	2Б	(4-5) В,Г	1 - 2	0,5-1,0	4-6	V-VI	1-2

На кресленні дзеркала вказують позначення дзеркального або світлоділительного покриття (рис. 3.8). Металеві покриття застосовують для повністю відбиваючих і частково світлоділительних поверхонь. Діелектричні –

для світлоділильних і таких, що вибірково відбивають. Вибір покриття для дзеркал визначається спектральним діапазоном роботи і оптичними властивостями покриття: значенням коефіцієнта відбиття ρ і пропускання τ . Дзеркала зазвичай виготовляються із скла К8 або з металу з подальшим покриттям. Дзеркальні покриття (що найбільш вживаються): 25Р,8И,1И; 1И31И; 1И.21Е; світлоділильні покриття: 25Р.; 1И.21Э. 15И. 43Р. 30Р.

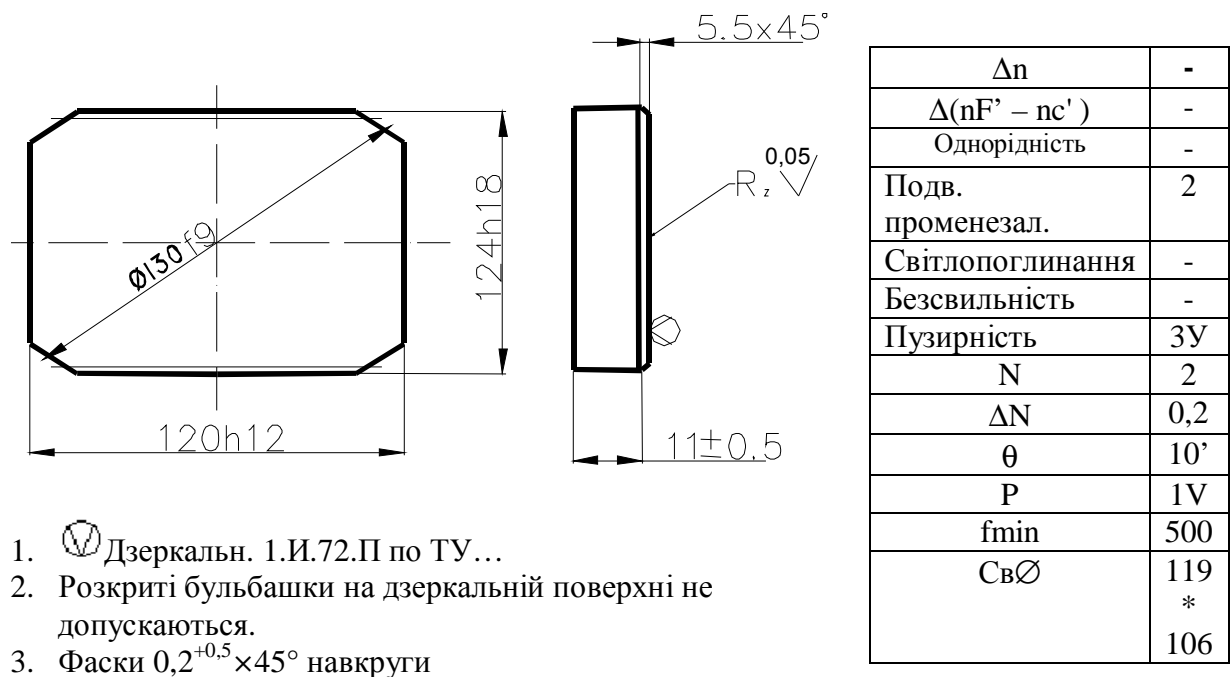


Рис. 3.8 Приклад робочого креслення дзеркала

3.1.5 Конструювання плоскопаралельних пластин

Окрім власне плоскопаралельних пластин до даної групи відносяться: оптичні фільтри, захисне скло, маски і сітки.

Захисне скло застосовують для оберігання оптичних приладів від несприятливих зовнішніх дій, а також при роботі приладу в умовах розрідження або підвищеного тиску[11]. Товщину захисного скла вибирають з умов забезпечення жорсткості як технологічної, так і експлуатаційної

(особливо при роботі в умовах значних перепадів тиску і температури). Товщина захисного скла складає $1/7 - 1/10$ найбільшого розміру. Захисні фаски на ребрах захисного скла такі ж, як і в плоских дзеркалах. Вимоги до матеріалу і якості виготовлення такі ж, як і для призм, що працюють біля об'єктиву. На вхідні поверхні захисного скла можуть наноситися покриття, що захищають їх від дії вологи, а для оберігання від запітніння і утворення льоду наносять струмопровідні покриття 26Г.

Оптичні фільтри (ОФ) найчастіше встановлюють поблизу приймача випромінювання. У зв'язку з цим розміри ОФ, як правило, невеликі, а допуски на їх виготовлення не жорсткі. Форма фільтру визначається перетином пучка променів і конструкцією кріплення. Найчастіше використовують круглі фільтри. Конструктивні особливості фільтрів аналогічні конструктивним особливостям круглих дзеркал.

Маски – це специфічні оптичні деталі, що є плоскопаралельними пластинами, з нанесеними на них різними способами елементами (табл. 3.10). На маски наносяться штрихи і отвори різних конфігурацій. Маски, сітки

Таблиця 3.10

Методи виготовлення шкал і масок

Способи виготовлення шкал і масок	Найменша похибка, мкм	Найменша ширина штриха, мкм	Матеріал заготовки
Гравірування по металізованих покриттях	0,3	1	Метал
По лакових покриттях травлення або нарощуванням штрихів			Метал і лакові покриття
Механіко-хімічний (різання по грунтах із заповненням штриха)	1,0	5	Скло і метал
Фотографічний і механіко-фотографічний		2	Фотографічна емульсія на склі
Комбінований		1,5	Фотографічна емульсія з нарощуванням шару хрому

відносяться до відповідальних елементів. Їх встановлюють в площині зображення оптичної системи, тому до матеріалів для їх виготовлення пред'являють жорсткі вимоги по пuzирності (категорія 1D). Подряпини і крапки на поверхні матеріалів можуть робити помітний вплив на якість зображення, тому робочі поверхні виконують з допуском Р 1 – 10, 1 – 20. У зоні штрихів подряпини і крапки взагалі недопустимі. Інші вимоги до матеріалу зазвичай невисокі, такі ж як і вимоги по площинності і клиновидності пластин (зазвичай N досягає 10 – 15, а клиновидність $\theta = 10 - 15'$).

Найчастіше пластинки для масок виконують круглими, але можуть бути і інші форми. Товщина пластинки складає в середньому 1/10 її діаметру або її розміру, а для діаметрів менше 15 мм застосовують товщину $1,5 \pm 0,3$ мм. Діаметр пластинки виконують зазвичай з допуском по f9. Якщо деталь юстується, допускається відхилення d11, якщо потрібна підвищена точність центрування, призначають допуск по h9.

При виборі марки матеріалу слід поряд із спектральною характеристикою враховувати також технологію виготовлення штрихів. У видимому і ближньому інфрачервоному рекомендується використовувати скло БК-10, а для інших – К8.

На робочому кресленні деталі цього типу показують в збільшеному масштабі конфігурацію і розміри штрихів, ділень або отворів з допусками на кожен елемент і на їх розташування (рис. 3.9).

3.1.6 Правила виконання схем оптичних виробів

Креслення і схеми оптичних виробів виконують по правилах стандарту ЕСКД (ГОСТ 2.412 – 81). На оптичній схемі представляють (рис. 3. 10):

- зображення оптичних деталей і складальних одиниць по ходу світлового променя зліва направо;

- спрощені зображення або умовні графічні позначення джерел і приймачів випромінювання;
 - вказівка положення зіниць, фокальної площини, площини зображення і предметів;
- номери позицій оптичних деталей розподіляють по ходу світлового променя.

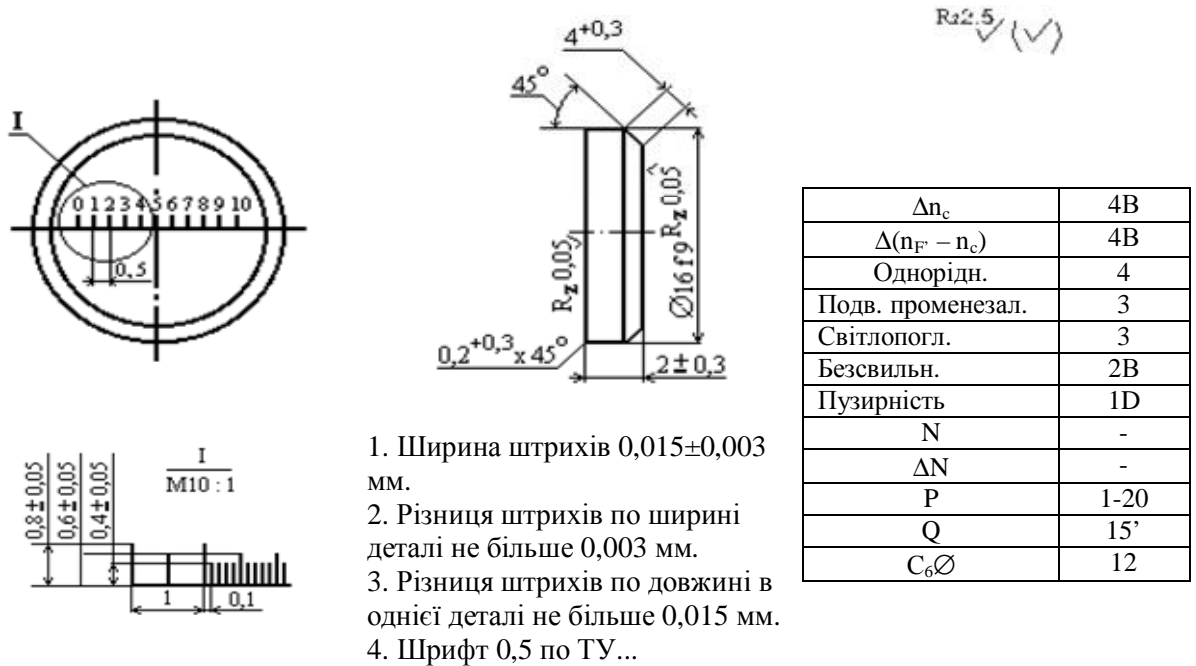


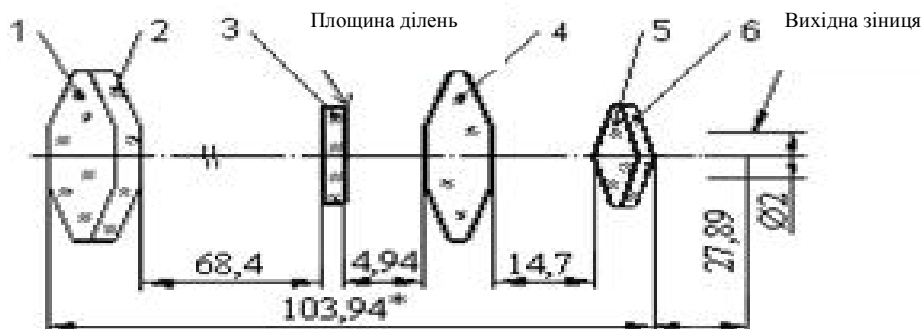
Рис. 3.9. Приклад робочого креслення сітки

Окрім цього, на вільному полі схеми приводять:

- основні оптичні характеристики приладів;
- таблицю фокусних відстаней і фокальних відрізків.

На схемі вказують розміри:

- діаметрів діафрагм, зіниць, тіл накалу або випромінюючих ділянок;
- повітряних проміжків і інші розміри по осі, що визначають взаємне розташування оптичних деталей, діафрагм, зіниць і т.п.;
- габаритні або установочні розміри, що визначають межі переміщення або граничні кути повороту оптичних деталей.



Збільшення 3,38
 Поле зору 120
 Границя роздільної здатності 8"

Номер позиції деталі складальної одиниці	Найменування складальної одиниці схеми	f'	Sf	$S'f$
1,2	Об'єктив	69,7	-68,7	66,9
4,5,6	Окуляр	20,6	-6,65	7,99

Перелік деталей						
Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
		1		Лінза	1	
		2		Лінза	1	
		3		Сітка	1	
		4		Лінза	1	
		5		Лінза	1	
		6		Лінза	1	
6	6	8	70	63	10	
				185		

Рис. 3.10. Приклад виконання оптичної схеми

3.2 Кріплення оптичних деталей

Вибір конструкції кріплення оптичних деталей залежить від форми і розмірів деталі, її призначення і умов роботи приладу. Будь-яка оптична деталь має бути закріплена в оправі так, щоб було унеможливлене її зсуву при зовнішніх діях (вібрація, удар, трясіння). Зусилля затиску деталі не повинне викликати її деформації і псувати якість зображення. Окрім цих основних умов, до вузла кріплення можуть пред'являтися і спеціальні вимоги: можливість роботи при різних температурах; герметичність; наявність юстувальних переміщень.

По вигляду кріплення оптичні деталі діляться на три основні групи:

1. Круглі деталі (лінзи, сітки, захисні стекла, світлофільтри, лімби);
2. Некруглі деталі (призми, захисні стекла);
3. Дзеркала.

3.2.1 Кріплення круглих оптичних деталей

Застосовують наступні способи кріплення[4, 13]:

- завальцовкою;
- різьбовим кільцем;
- дротяним кільцем;
- пружинним кільцем;
- пружинними планками;
- приклеюванням;
- заформовкою.

Кріплення завальцовкою. Завальцовка проводиться на токарному верстаті за допомогою спеціальних інструментів. Край металевої оправы загинається так, щоб він щільно охоплював лінзу по всьому

колу[4]. Унаслідок пружності тонкого краю оправы тиск на скло порівняно невеликий, тому при правильній завальцовці оптичні деталі навіть невеликої товщини не деформуються і не отримують внутрішньої напруги. При завальцовці край оправы повинен лягати на фаску, а не на поліровану поверхню лінзи.

Профіль кріплення завальцовкою показано на рис. 3.11.

Всі оправы, що укріплюються на різьбі, повинні мати шліци або отвори під ключ для загвинчування в корпус[11]. Для тонкостінних або декоративних оправ допускається заміна шліців накаткою. У приладах, що піддаються трясінню, оправы після установки їх на місце стопоряться установочними гвинтами, клеєм або фарбою. Для зменшення відбиття променів світла від стінок оправ їх піддають чорнінню, а у відповідальніших випадках забарвлюють чорною матовою емаллю. Добрі результати дає рифлення внутрішніх поверхонь оправ у вигляді кільцевих рисок з кутом профілю 60° і кроком 0,35 – 0,5 мм.

Оправы виготовляються з латуні ЛС 59-1 (для відповідальних випадків), сталі Сталь10, Сталь20 (для звичайного кріплення) і алюмінієві сплави Д1, Д6,

Д16 (для невідповідальних випадків).

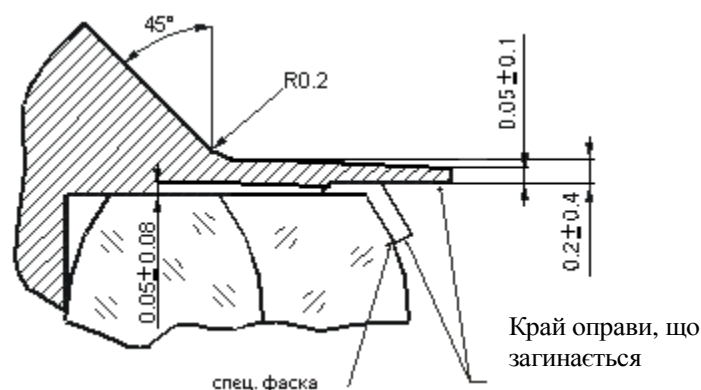


Рис. 3.11. Кріплення завальцовкою

3.2.2 Кріплення різьбовим кільцем

Оптична деталь закріплюється в оправі кільцем, що має зовнішню або внутрішню різьбу (рис. 3.12). Можливий зсув лінзи в оправі визначається вибраною посадкою Н8/ф9 з гарантованим зазором. Кріплення різьбовим кільцем доцільно застосовувати для деталей більше 50 – 80 мм[4]. Для деталей розміром від 10 до 50 мм спосіб застосовується в тих випадках, коли завальцовка непридатна. Для деталей менше 10 мм різьбові кільця застосовувати не слід.

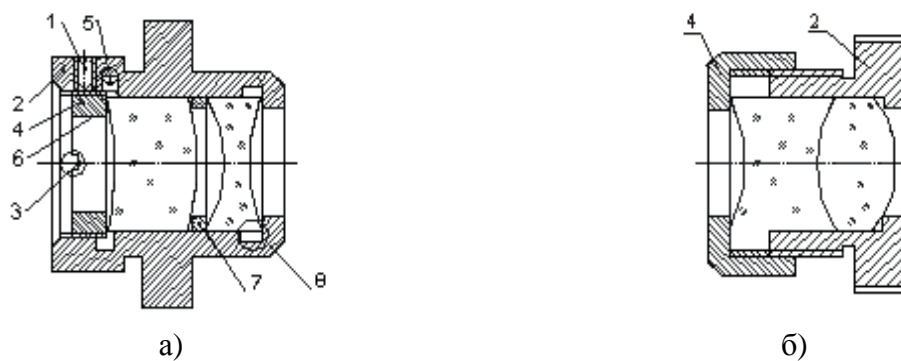


Рис. 3.12. Кріплення різьбовим кільцем: а – внутрішнє кільце; б – зовнішнє кільце; 1 – установочний гвинт (оберігає від відгвинчування); 2 – корпус (оправа); 3 – шліць; 4 – різьбове кільце; 5 – технологічна проточка (що оберігає край лінзи від руйнування); 6 – виступ краю лінзи за посадочну поверхню (для надійного кріплення кільцем при негативному допуску на товщину лінзи); 7 – проміжне кільце; 8 – оберігання краю лінзи від руйнування

Безпосереднє кріплення різьбовим кільцем унаслідок можливих перекосів різьби не забезпечує рівномірного тиску кільця на лінзу, що викликає деформацію поверхонь і напруги в склі. Крім того, при кріпленні лінз великого діаметру і великої товщини в умовах низьких температур виникає додаткове навантаження на оптику унаслідок різниці коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів оправы і оптичної деталі. У режимі високих температур можливо появи зазору (осьового) між лінзою і різьбовим кільцем. Для оберігання оптичних деталей від деформації застосовують пружинні кільця (рис. 3.13) [14]. Такі кільця унаслідок пружності в осьовому напрямі більш рівномірно розподіляють тиск на лінзу (зазвичай на три точки по колу і компенсують його збільшення при низьких температурах). При установці на

три точки деформація мінімальна, оскільки лінза не відчуває зусиль, що вигинають (рис. 3.14).

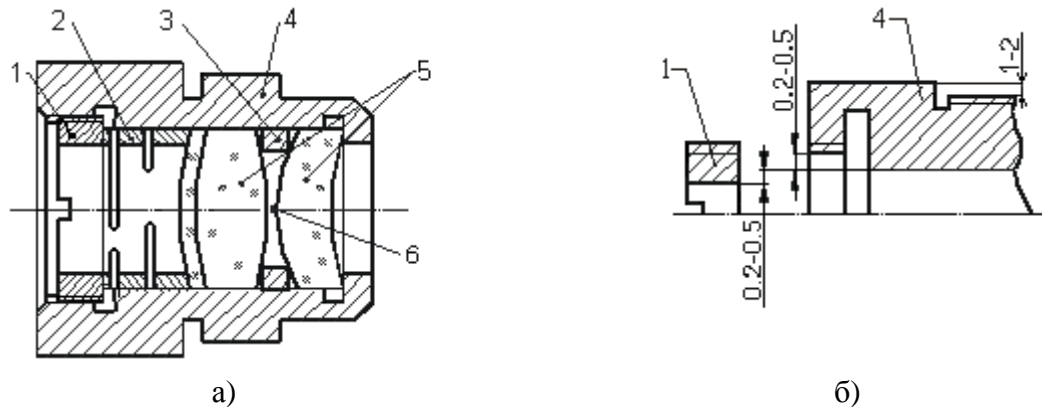


Рис. 3.13. Вживання пружинних кілець: а – кріплення лінз за допомогою різьбового і пружинного кілець; б – співвідношення, що рекомендуються між розмірами кілець і оправ; 1 – різьбове кільце; 2 – пружинне кільце; 3 – проміжне кільце; 4 – оправ; 5 – лінзи; 6 – зазор між лінзами

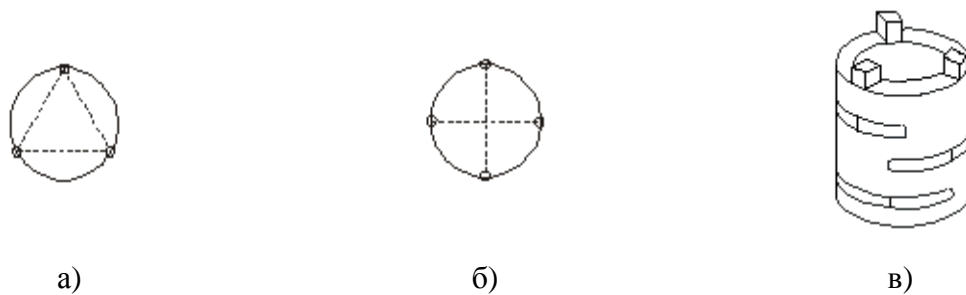


Рис.3.14. Розвантаження оптичних деталей: а – розподіл тиску на три точки(усуває деформації в центрі); б – розподіл на чотири точки(великі деформації в центральній зоні); в – пружинне кільце з розподілом тиску на три точки

Пружинні кільця рекомендується застосовувати при кріпленні лінз діаметром понад 40 мм. При кріпленні декількох лінз в оправі, а також при необхідності юстування системи за рахунок зміни повітряного зазору між оптичними деталями, застосовують проміжні кільця, підрізуванням яких при збірці витримують задані повітряні проміжки[4, 14].

Діаметр різьби кілець вибирається з таким розрахунком, щоб внутрішній діаметр різьби оправі був на 0,2 – 0,5 мм більше посадочного діаметру лінзи. Крок різьби вибирають зазвичай 0,5 – 0,75 мм залежно від товщини стінки оправі або довжини різьбового кільця. Внутрішній діаметр

різьбового кільця має бути більше світлового діаметру лінзи не менше, чим на 0,2 – 0,5 мм.

Кільця з розточуванням на конус застосовують в тих випадках, коли необхідно виключити зрізання пучка променів, а також в декоративних цілях. У разі потреби повного гасіння променів на внутрішні поверхні кілець наноситься рифлення або їх забарвлюють чорною матовою емаллю. Для оберігання різьбових кілець від самовідгвинчування застосовують стопорні гвинти або установку кілець на клей або фарбу. Оправи і кільця виготовляють із сталі А-12 або сталі 20. А для пружинних кілець діаметром понад 80 мм застосовується сталь 50.

3.2.3 Кріплення пружинним дротяним кільцем

Застосовують для невідповідальних оптичних деталей, до яких не пред'являються високі вимоги по центрівці, міцності закріплення і герметичності з'єднання. Канавка під дріт розточується в оправі з таким розрахунком, щоб дріт виступав з оправі на половину свого діаметру (рис. 3.15). Недоліком кріплення є наявність осьового і радіального люфтів. Дротяні кільця виготовляються із сталевого пружинного дроту діаметром 0,4 – 1,0 мм залежно від діаметру деталі[4].

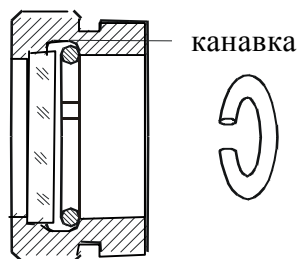


Рис. 3.15. Кріплення лінзи пружинним дротяним кільцем

3.2.4 Кріплення пружинними планками

Планки і кільця виготовляються з листової пружинної сталі завтовшки 0,3 – 0,5 мм. Кріплення за допомогою пружинних мембран застосовується для об'єктів діаметром понад 80 мм, що працюють в умовах різких коливань температури, вібрацій і поштовхів[11]. Центрування забезпечується за рахунок виготовлення з необхідною точністю фасок оправи і лінз. Зусилля притиску можна регулювати шайбами.

Мембрана має такий самий принцип конструкції, що і притискне кільце.

На рис. 3.16 показано кріплення пружинними планками та мембраною.

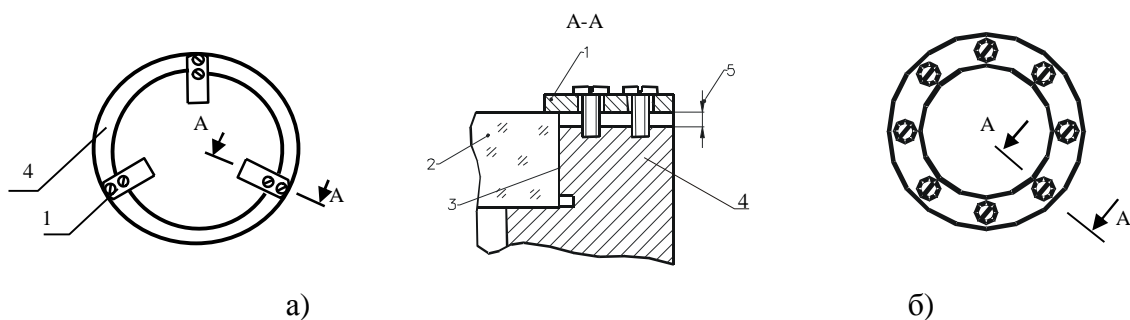


Рис. 3.16. Кріплення пружинними планками і мембранами: а – пружинна планка; б – мембрана; 1 – пружинна планка; 2 – скло; 3 – зовнішня точна посадка; 4 – оправа; 5 – гарантований зазор

3.2.5 Кріплення оптичних деталей приклеюванням

Застосовується у випадках, коли інші способи кріплення з конструктивних міркувань неприйнятні, а також зважаючи на простоту конструкції для невідповідальної оптики (захисне скло, шкали, освітлювальні призми, дзеркала і т. п.)[11]. Як клей використовується епоксидний клей ОК-50, поліуретановий клей ПУ-2, акриловий клей – циакрин – 30, герметики УТ-32, УТ-34. Поліуретанові клеї і герметики рекомендуються для приклеювання оптичних деталей, що працюють при різких коливаннях температури, оскільки вони володіють високою пружністю. Іншою важливою властивістю є їх водостійкість. Останні правила такі ж, як і в звичайного склеювання.

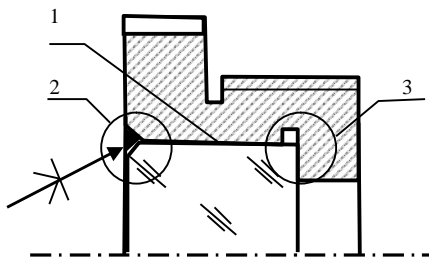


Рис. 3.17. Кріплення склеюванням:
 1 – посадка на циліндричну поверхню,
 2 – спеціальна канавка, утворена фасками на стінці і оправі, заповнена герметиком,
 3 – заповнення клеєм небажане, так як при установці він буде виходити на робочу поверхню

3.2.6 Кріплення призми

При розробці конструкції вузла призми необхідно враховувати[11]:

- установка призми на плато або в оправу повинна проводитися на три опорні виступи (розвантаження) або в крайньому випадку на площину з дуже хорошою плоскістю (плоскість притерти). Інакше можливе гойдання призми в оправі або її деформація при великих зусиллях затиску;
- розташування кріпильних елементів і базової площини мають бути таким, щоб не створювати дуже великих напруг на гострих кутах і ребрах призми, оскільки це може привести до деформації і сколювань як в процесі збірки, так і в процесі роботи її в приладі;
- те, що стосується робочих граней призми з елементами кріплення повинне відбуватися поза межами світлової зони. Це відноситься також до граней, що працюють з повним внутрішнім відбиттям, оскільки в місцях контакту з кріпильними деталями ефект внутрішнього повного відбиття пропадає і виникає контакт з матеріалом оправу, внаслідок чого світло не відбивається даною ділянкою призми, а проходить крізь нього і відбивається від опорної поверхні;
- юстування вузла призми може проводитися або переміщенням призми відносно оправу, або переміщенням оправу разом з призмою, що застосовується набагато частіше, для цього в конструкції вузла слід передбачити можливість невеликих юстувальних переміщень;
- установка еластичних накладок (спецгума, картон, фольга мідна або латунь) не є необхідними, але вони оберігають грані призми від

пошкодження і в деякій мірі компенсують неточності виготовлення опорних поверхонь елементів кріплення.

Різні види кріплення призми показано на рис. 3.18 – 3.24[13].

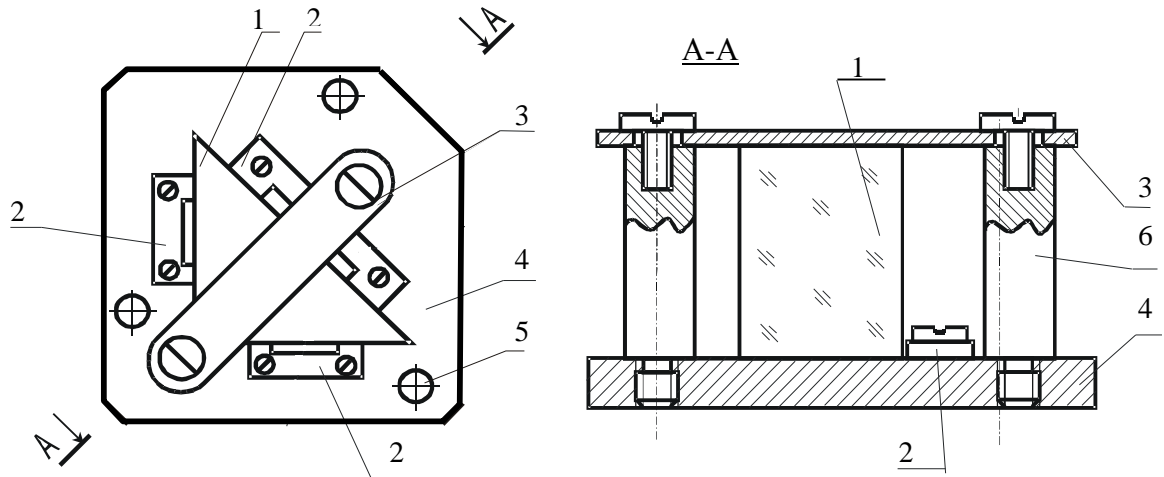


Рис. 3.18. Кріплення притисною планкою: 1 – призма АР-90⁰; 2 – установочна планка; 3 – притискна планка; 4 – плато; 5 – отвір для кріплення плато; 6 – стійка

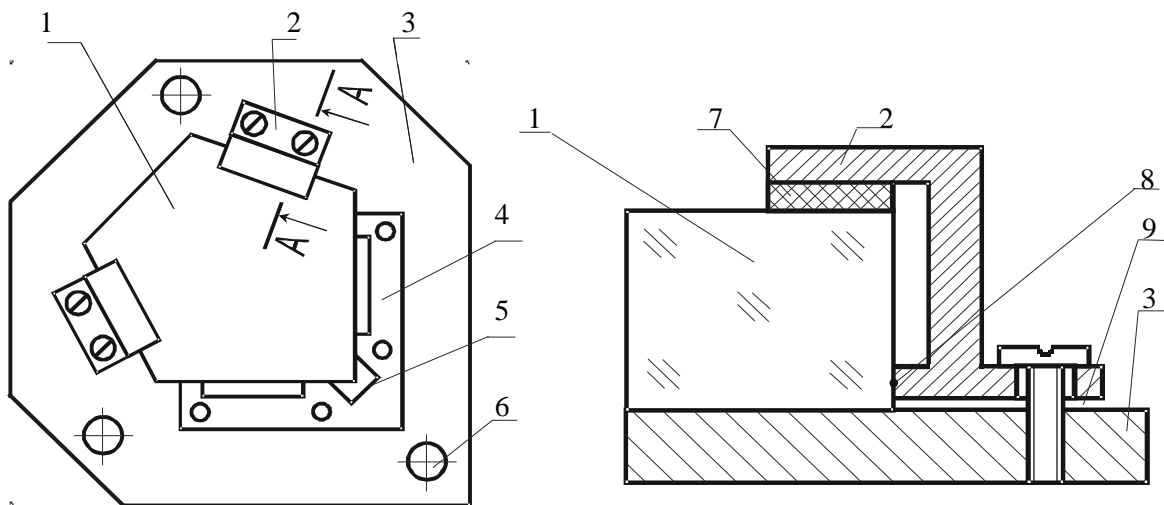


Рис. 3.19. Кріплення кронштейнами: 1 – призма БР-90⁰; 2 – кронштейн; 3 – плато; 4 – установочна планка; 5 – паз, що охороняє ребро призми; 6 – отвір для кріплення призми; 7 – прокладка; 8 – установочний виступ; 9 – зазор, що гарантує притиск призми

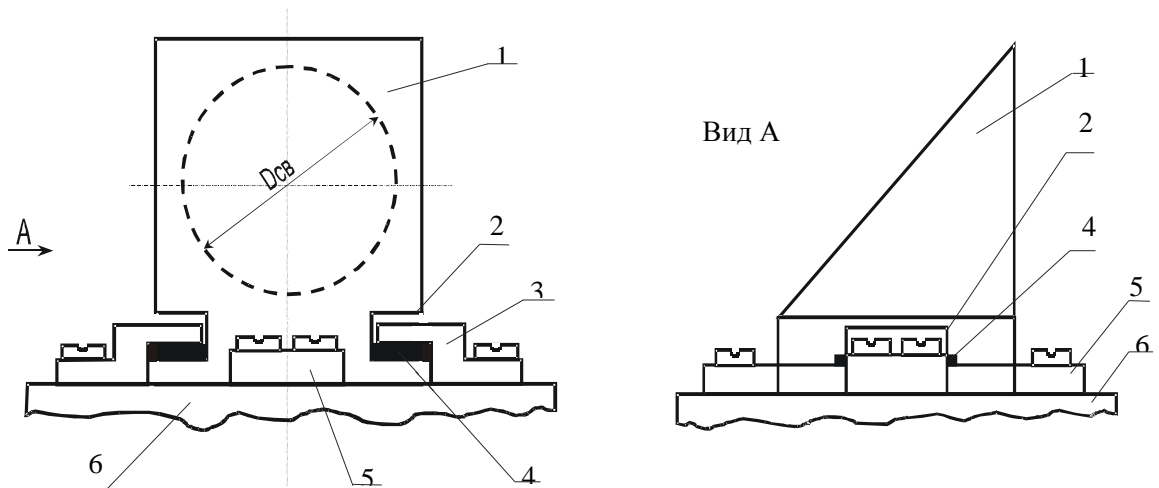


Рис. 3.20. Кріплення лапками і пазами в призмі: 1 – призма $AP-90^0$; 2 – паз у призмі; 3 – лапка; 4 – еластична прокладка; 5 – установочна планка; 6 – плато

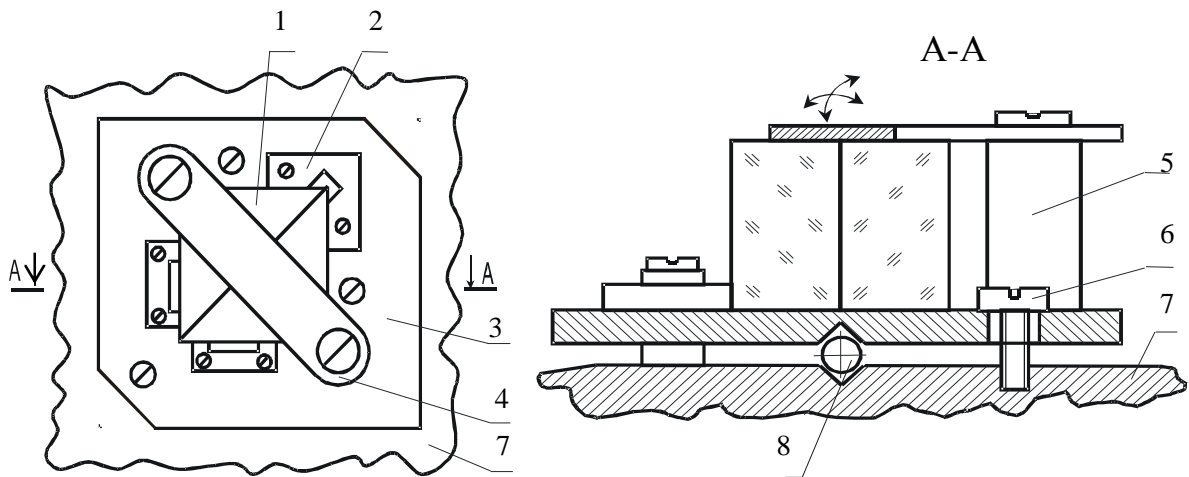


Рис. 3.21. Юстувальне по двох координатах кріплення призма-куб: 1 – призма; 2 – установочна планка; 3 – плато, що хитається; 4 – притискна планка; 5 – стійка; 6 – юстувально-притискний гвинт; 7 – основа; 8 – кулька-вісь, на якій відбувається хитання

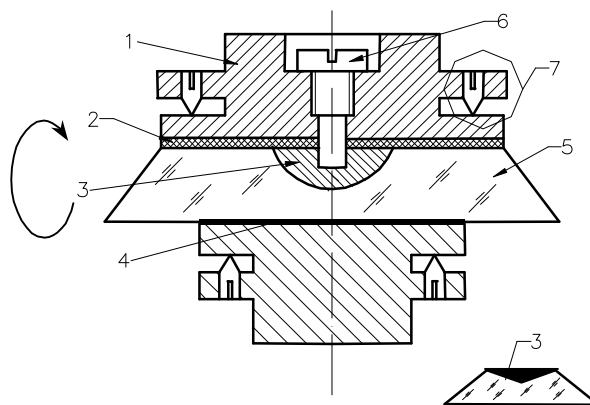


Рис. 3.22. Кріплення призми $AP-0^0$ (конструкція повинна обертатися): 1 – корпус (оправа); 2 – еластична прокладка; 3 – шпонка; 4 – прокладка; 5 – призма; 6 – кріпильний гвинт; 7 – пружинне кріплення призми

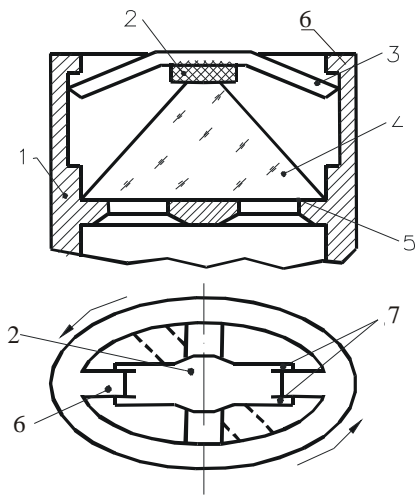


Рис. 3.23. Кріплення призми БР-180⁰ у корпусі: 1 – корпус; 2 – еластична прокладка; 3 – пружинна планка; 4 – призма; 5 – упор в оправі; 6 – виступ на оправі; 7 – лапки

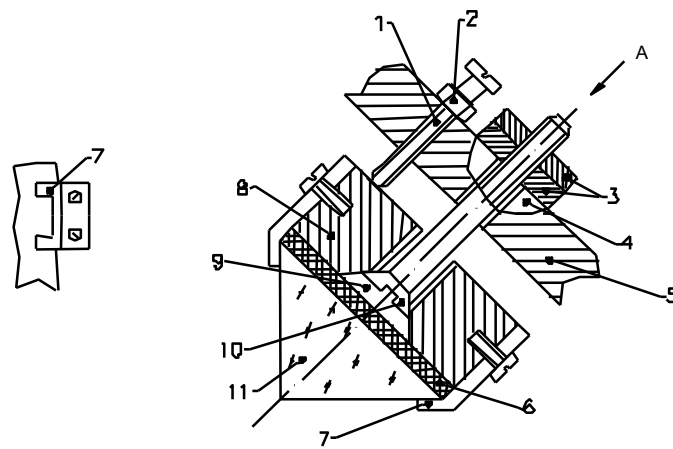


Рис. 3.24. Кріплення призми АР-90⁰, що юстується: 1 – упорний гвинт, що відштовхує основу з призмою від корпусу приладу; 2 – гайка, що стопорить гвинт; 3 – гайка, що притягає гвинт до корпусу; 4 – кульковий шарнір, у якому призма може качатися по двох координатах; 5 – корпус приладу; 6 – прокладка; 7 – лапка; 8 – основа; 9 – конічний отвір під гвинт-вісь; 10 – потайний гвинт-вісь з конічною голівкою, що притягає основа (призми до корпусу приладу); 11 – призма

3.2.7 Кріплення дзеркал

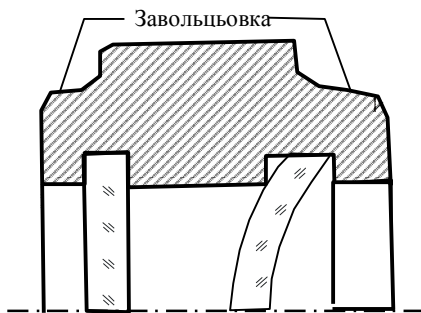
Конструкція кріплення дзеркал повинна забезпечувати нерухомість з'єднання дзеркала з оправою і відсутність деформації скла, оскільки відбиваючі поверхні дуже чутливі навіть до невеликих спотворень форми, що приводить до погіршення якості зображення[4, 11].

При конструюванні вузлів кріплення дзеркал необхідно керуватися наступним:

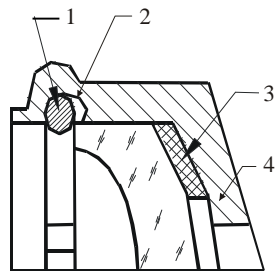
- кріплення дзеркала повинне проводитися так, щоб не виникла напруга і деформація;
- конструкція кріпильних елементів (кілець, гвинтів, пружин) повинна забезпечувати можливість регулювання зусиль затиску;
- при роботі дзеркала в умовах коливань температури необхідно застосовувати кріплення пружиною, еластичні прокладки і підібрати матеріал дзеркала і оправы з близькими по величині коефіцієнтами лінійного розширення;
- конфігурацію і розміри (особливо товщину дзеркала) слід вибирати так, щоб забезпечити виконання всіх перерахованих умов.

Круглі дзеркала. Кріплення дротяним кільцем застосовується для невідповідальних деталей і допускає люфт в оправі. Кріплення різьбовим кільцем з використанням еластичних прокладок застосовується для дзеркал невисокої точності оскільки деформація прокладок викликає зсув дзеркала.

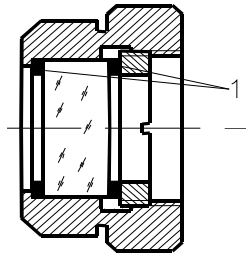
Кріплення різьбовими і пружинними кільцями застосовується для точних дзеркал, оскільки дозволяє добре розвантажити дзеркало на три точки (рис. 3.25).



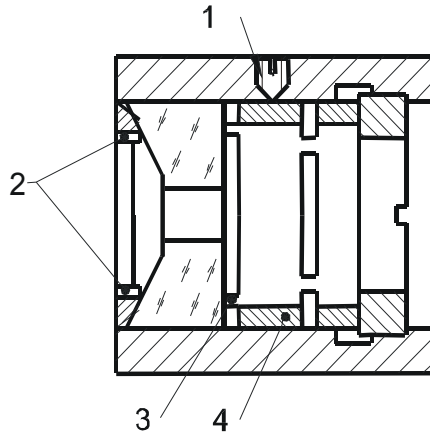
кріплення завальцюванням застосовується для невідповідальних дзеркал діаметром до 50 мм; недоліки кріплення: неможливість регулювання зусилля затиску деталі і з'єднання по всьому периметру, що може викликати нерівномірні зусилля і деформацію



кріплення пружинним кільцем:
1 – пружинне кільце; 2 – паз; 3 – азбестова прокладка; 4 – оправы



кріплення різьбовим кільцем: 1 – еластичні прокладки



кріплення пружинним кільцем:
1 – установочний гвинт, фіксує пружинне кільце таким чином, щоб виступи пружинного кільця знаходилися напроти виступів корпусу; 2 – три виступи в оправі; 3 – виступи на притисному кільці; 4 – пружинне кільце з трьома виступами

Рис. 3.25. Невідповідальні кріплення дзеркал

Кріплення лапками проводиться з розвантаженням на три точки, між лапками і дзеркалом встановлюються еластичні прокладки, регулюючи зусилля притиску. Застосовується для дзеркал високої і середньої точності (рис. 3.26, рис. 3.27).

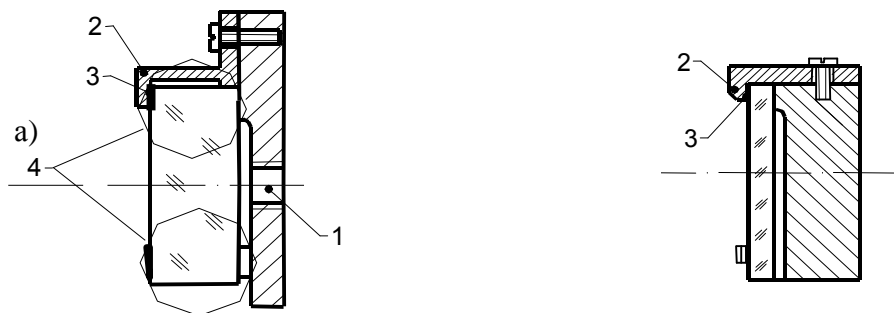


Рис. 3.26. Кріплення лапками: 1 – різьбовий отвір для кріплення дзеркала; 2 – притисна лапка (кронштейн); 3 – еластична прокладка; 4 – розвантаження дзеркала на три точки

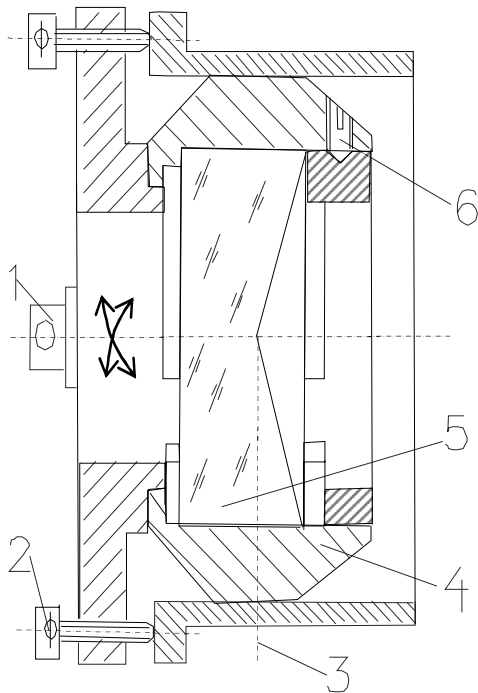


Рис. 3.27. Конструкції кріплення круглих дзеркал високої і середньої точності:

1 – притискний гвинт; 2 – упорний гвинт, за допомогою якого хитається дзеркало; 3 – вісь хитання дзеркала; 4 – кульковий шарнір; 5 – дзеркало; 6 – установочний гвинт для кріплення кільця

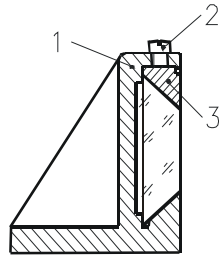
Некруглі дзеркала. Для дзеркал відповідальних приладів, для яких особливо небезпечна деформація, застосовується консольне кріплення за допомогою гвинтів і еластичних прокладок (рис. 3.28).

При кріпленні закріплюється неробоча частина дзеркала або спеціально призначені для затиску виступи. Не дивлячись на велике зусилля затиску робоча поверхня дзеркала не деформується.



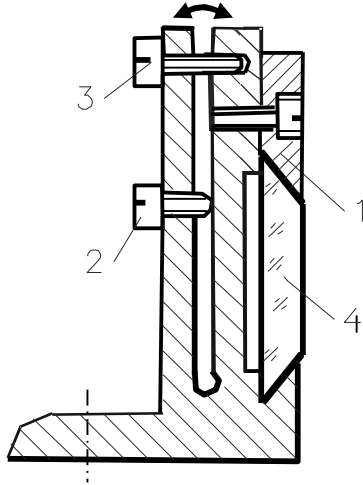
Рис.3.28. Кріплення притисною планкою

Кріплення на фаску застосовується для дзеркала середньої точності. Розрізняють: кріплення жорстким вкладишем і накладкою (рис. 3.29).



Кріплення жорстким вкладишем.
Гвинт давить на вкладиш, і дзеркало утворює клин, що і притискає дзеркало до оправы.

1 – оправы; 2 – гвинт; 3 – вкладиш



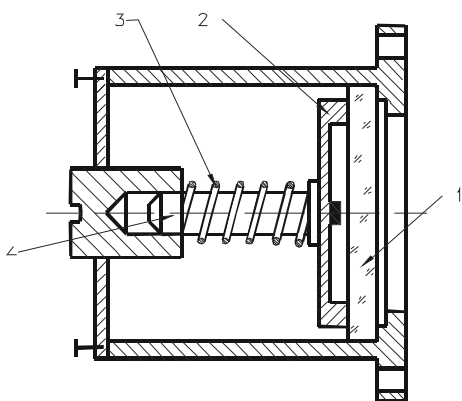
Кріплення дзеркала накладкою, що юстується:

1 – накладна планка; 2 – упорний гвинт;
3 – притискний гвинт; 4 – дзеркало

Рис.3.29. Кріплення на фаску

Кріплення циліндричною пружиною застосовується при різких коливаннях температури, оскільки не викликає деформацій і застосовується в особливо точних приладах (інтерферометри).

Особливо точні й астрономічні дзеркала. При кріпленні астрономічних дзеркал, деформація відбиваючої поверхні від власної ваги скла, навіть при установці його на три точки, досягає величин, при яких робота дзеркала стає неможливою, тому в таких конструкціях числоопор у напрямку сили текучості збільшують із таким розрахунком, щоб вага скла розподілялася між опорами й не викликала деформацію дзеркала (рис. 3.30). Опори виконуються самовстановлюваними й регульованими (рис. 3.31). Застосовуються також додаткові пружинні опори для розвантаження основних базових. Також важливою є проблема автоматичної компенсації різниці температурних деформацій дзеркала й оправы [11]. Розв'язок даної проблеми пов'язаний з розрахунком та конструюванням різних термокомпенсаторів.



Стрижень може вільно переміщатися в різьбовій втулці, тобто зусилля в різьбовій втулці передається на шайбу через пружину, що гасить деформацію за рахунок теплового розширення зусилля затиску, що регулюється різьбовою втулкою

Рис.3.30. Кріплення дзеркала з термокомпенсацією: 1 – дзеркало; 2 – кругла шайба; 3 – циліндричний притиск; 4 – стрижень

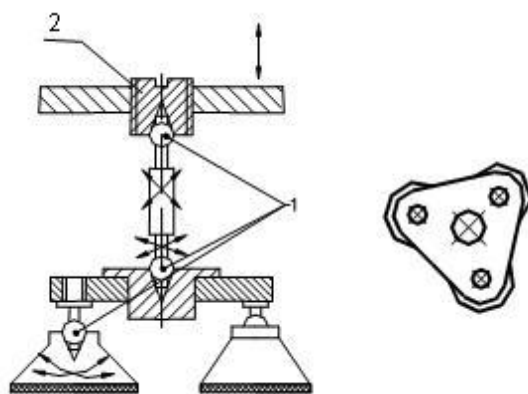


Рис. 3.31. Самовстановлювана опора: 1 – шаровий шарнір; 2 – регулювання зусилля притиску

3.2.8 Кріплення захисних скелець (ілюмінаторів)

Основні вимоги:

- з'єднання повинні бути надійними;
- люфт або деформація захисного скла не допускається;
- з'єднання повинне бути пило-волого непроникним, а в окремих випадках герметичним.

Кріплення планками застосовується для скелець різної конфігурації, частіше круглої – краще забезпечує розподіл притискних зусиль (рис. 3.32). Для герметизації установки скла використовуються ущільнювачі (замазки), що деформуються, для чого в оправі повинен бути передбачений

гарантований зазор (0,1 –0,2 мм), місце для розміщення замазки й можливість його невеликого переміщення при складанні[11]. Застосовуються також прокладки зі спеціальної гуми. Кріплення здійснюється великою кількістю гвинтів, установлених рівномірно. При загвинчуванні необхідно кілька разів пройти по контурі, щоб забезпечити рівномірне зусилля притиску. При установці на замазці (герметик УТ-32) додаткове кріплення планками не виконується (рис. 3.33). З'єднання має гарну герметичність, стійкість до коливання температури й вібрації, достатню міцність. Товщина шару герметика 0,1 –0,5 мм. Для розміщення герметика в оправі, в конструкції кріплення передбачаються спеціальні зазори або ванночки. Кріплення застосовуються для вузлів, що працюють при невеликих навантаженнях.



Рис. 3.32. Кріплення захисних скелець: 1 – кріпильна планка; 2 – ущільнення; 3 – захисне скло; 4 – корпус; 5 – гарантований зазор; 6 – кільцева проточка для розміщення надлишків ущільнення

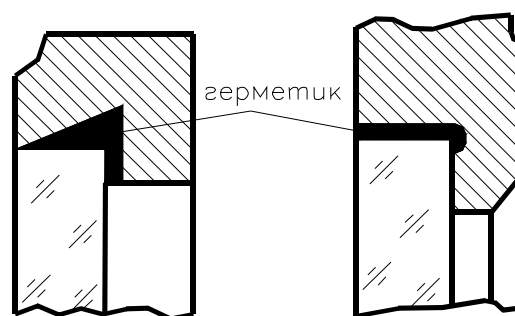


Рис. 3.33. Кріплення ілюмінаторів на герметику

Часто функції ілюмінаторів виконують перші поверхні оптичних деталей, що входять в оптичну систему. У цьому випадку до їхнього

кріплення застосовують перераховані вище вимоги. Однак при цьому центрування системи буде гірше.

3.2.9 Основні тенденції розвитку кріплення оптичних деталей

Одним з напрямків розвитку оптичних приладів є їхня мініатюризація й сполучення в одній конструкції оптичних і електронних елементів. В окремих випадках оптичні й електронні елементи об'єднуються в одну гібридну мікросхему. У цьому випадку конструкція кріплення оптики повинна сполучатися з конструкцією кріплення електронних елементів, а в ряді випадків бути сполученою. Для мініатюрних конструкцій широко застосовується приклеювання, заформування в пластмасу, заливання прозорим компаундом. Для найбільш мініатюрних конструкцій застосовується твердотільна кристалічна технологія, тобто коли оптичні й електронні елементи формуються з одного кристала.

3.3 Контрольні запитання та завдання

1. Оформіть креслення двояковипуклої лінзи.
2. Оформіть креслення пентапризми.
3. Оформіть креслення плоского здеркала.
4. Здійсніть кріплення лінзи діаметром 50 мм.
5. Оформіть креслення склеєного об'єктиву.

4 КОНСТРУЮВАННЯ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИХ ВУЗЛІВ

4.1 Загальні питання конструювання оптико-механічних вузлів

4.1.1 Вимоги, пропоновані до конструкції

Конструкція розроблювального вузла й приладу повинна бути гармонічною, тобто всі деталі й вузли повинні відповідати необхідній точності, твердості, довговічності й т.д. Конструкція повинна бути технологічною. Необхідно прагнути до уніфікації виробів, стандартизації, повторюваності деталей і конструкцій елементів, для цього варто скорочувати кількість типорозмірів вузлів, деталей і їхніх елементів (різьблень, посадкових поверхонь і ін.), широко застосовувати стандартні геометричні форми деталей і їхніх елементів (виточень, жолобників, фасок, збігів різьби, отворів під кріплення, центрувальних отворів).

Необхідно передбачити можливість розчленування приладу на максимальне число складальних одиниць, що збираються, регулюються і перевіряються незалежно одна від одної, а також розширення рівня взаємозамінності без трудомісткого припасування. Конструкція повинна забезпечувати просте й зручне складання за допомогою стандартного інструмента й кріплення.

Замість призначення жорстких допусків потрібно застосовувати регулювання; зводити до мінімального підсумовування допусків.

Не слід завищувати якість обробки на неробочі й, особливо, на вільні від контакту з іншими деталями поверхні, тому що в більшості випадків такі поверхні спеціально не контролюються.

Вибір матеріалу повинен бути суворо обґрунтованим, неприпустиме застосування більш дорогого й дефіцитного матеріалу, якщо вимоги до деталі (точність, зносостійкість, твердість) можна забезпечити виготовленням її з менш дорогого або з менш дефіцитного матеріалу; у

цьому змісті необхідно обов'язково продумати можливість застосування пластмас.

У конструкції необхідно передбачати надійне забезпечення змащенням поверхонь що піддаються тертю в деталях. Для оптичних приладів важливо також вжити заходів, щоб змащення не потрапило на оптичні поверхні.

Конструкція повинна бути по можливості легкою й малогабаритною, зручною в експлуатації, відповідати вимогам ергономіки; треба подумати фарбування й технічну естетику.

4.1.2 Компонування конструкції

Перш ніж приступити до конструкторського компонування приладу, необхідно проаналізувати оптичну, кінематичну й електричну схеми з метою їхнього взаємного зв'язку.

Варто намітити ділянки оптичної, електричної й кінематичної схем, де можливе розчленування приладу або вузла на окремі складальні одиниці для поліпшення технологічності конструкції.

Компонування починають із зображення оптичних елементів за оптичною схемою, приймачів і джерел випромінювань (ПВ і ДВ)!

Слід зазначити, що в оптико-електронних приладах юстування грає дуже важливу роль, а юстувальні пристрої часто визначають конструктивне оформлення не тільки того або іншого елемента, але й усього вузла або приладу в цілому.

Тому вже на початковій стадії компонування необхідно передбачити й продумати юстування основних елементів і врахувати це при розробці конструкції. У складних приладах доцільно компонувати окремі функціональні складальні одиниці (об'єктиви, окуляри, освітлювачі).

Якщо оптичні елементи приводяться в рух від електричного привода, то компонують конструкцію цього привода. Компонування починають із

зображення зубчастих коліс, валиків і підшипників, потім зображують контури стандартних електромеханічних елементів, кронштейнів, корпусів, плат.

Варто передбачити можливість регулювання деталей при складанні з надійною їхньою фіксацією після юстування (штифтами, фарбою й т.п.).

Необхідно передбачити елементи кріплення приладу або вузла на місці установки: косинці, фланці й т.д. (з отворами під кріпильні деталі). Якщо за умовами експлуатації потрібна часта заміна окремих елементів, то при конструюванні й розробці корпусу необхідно передбачити зручний доступ до цих елементів (люки, кришки, знімні стінки).

Форма корпусу повинна бути, по можливості, симетричною, без різких виступів і западин. Якщо прилад буде вмонтований у приладову дошку, то оформляється тільки лицьова панель приладу, а всі елементи розміщуються на несучій підставі, до якого кріпиться лицьова панель.

Для усунення шкідливого розсіяного світла, освітлювальні системи повинні бути відділені від інших елементів приладу світлозахисними стінками, із цією ж метою порожнини приладу, усередині яких поширюється світло, покривають світлопоглинаючою чорною матовою емаллю, застосовують рифлення, бленди, діафрагми. Електронний блок рекомендується розміщати якнайближче до приймача випромінювання і якнайдалі від блока живлення. У кожному разі необхідне надійне екранування приймача й попереднього підсилювача від зовнішніх електричних і електромеханічних перешкод.

Для підключення електромеханічних і електронних елементів варто передбачити установку рознімачів і вимикачів.

У процесі конструювання потрібно звернути увагу на забезпечення необхідної твердості й міцності корпусних деталей.

4.1.3 Розробка креслення загального виду й специфікації

Креслення загального виду – сама відповідальна й найбільш трудомістка частина процесу конструювання. Відповідно до стандарту, креслення загального виду повинно містити зображення виробів з пояснювальними видами, розрізами, перетинами, а також текстову частину й написи, необхідні для розуміння конструктивного пристрою виробу, взаємодія його основних частин і принципу роботи [14].

Креслення виконують так, щоб по ньому без додаткових пояснень можна було розробити креслення всіх основних деталей і складальних одиниць.

Стандартні вироби допускається креслити спрощено (тільки зовнішній вигляд), але з докладним зображенням приєднувальних місць, способів кріплення й монтажу.

На кресленні загального виду вказують габаритні, приєднувальні, установочні розміри, відстані між осями стикувальних отворів корпуса приладу, діаметри вхідних валів і їхній виліт і т.д., а також технічні вимоги й способи їхнього виконання при складанні, юстуванні, регулюванні приладу.

Як правило, креслення загального виду виконують у масштабі збільшення. Складові частини складальних одиниць нумерують у відповідності з номерами позицій, зазначеними в специфікації.

Доцільно позначати окремі складальні одиниці й елементи їхнього з'єднання. Номера позицій розташовують поза контуром зображення й групують у колонку або рядок по можливості на одній лінії.

Специфікація – основний конструкторський документ, що визначає склад складальної одиниці, комплексу, комплекту [14]. Специфікацію виконують відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ 2.108-68 у вигляді таблиці на аркушах формату А4: перший (заголовний) аркуш - за формою 1, наступні

аркуші - за формою 1а. У першому випадку основний напис знизу аркуша відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ 2.104-68 виконують за формою 2, у другому – за формою 2а без нанесення додаткових граф.

У специфікацію вносять складові частини виробу і конструкторські документи, що відносяться до виробу.

Розділи специфікації розташовують у наступному порядку: документація, комплекси, складальні одиниці, деталі, стандартні вироби, матеріали, комплекти. Наявність тих або інших розділів визначається складом виробу.

Найменування кожного розділу вказують у вигляді заголовка в графі “Найменування” і підкреслюють тонкою лінією. Нижче кожного заголовка залишають вільний рядок, а наприкінці кожного розділу – не менш одного рядка для можливих додаткових записів. Ширина рядків – не менше 8 мм.

Кожний розділ має певний зміст:

“Документація” – основний комплект конструкторської документації (КД), наприклад “Складальне креслення”, “Схема оптична” і т.п.

“Складальні одиниці” – складальні одиниці, що входять до складу специфікованого виробу.

“Деталі” – деталі, що безпосередньо входять у виріб (тобто не входять до складу перерахованих вище складальних одиниць). Складальні одиниці й деталі записують у порядку зростання цифр, що входять у їхнє позначення.

“Стандартні вироби” – вироби, виконані по державним, галузевим стандартам і стандартам підприємств. У межах кожної категорії стандартів запис варто вести по групах виробів, поєднаних по функціональному призначенню (підшипники кочення, кріпильні вироби й т. п.), у межах кожної групи – за абеткою найменувань (болти, гвинти, шайби й т. д.), у межах кожного найменування – у порядку зростання основних параметрів або розмірів, наприклад діаметра, довжини.

“Матеріали” – матеріали, що безпосередньо входять у специфікований виріб (тобто не вхідні до складу складальних одиниць виробу). Записують їх відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ 2.108-68 у такій послідовності: метали чорні; метали магнітоелектричні й феромагнітні; метали кольорові; кабелі, проведення й шнури; пластмаси й пресматеріали; паперові й текстильні матеріали, гумові й шкіряні матеріали й т.д. У межах кожного найменування - у порядку зростання розміру або іншого параметра.

У графу “Формат” заносять формат документів, позначення яких записані в графі “Позначення”.

У графі “Зона” указують позначення зони, у якій перебуває номер позиції складової частини виробу (при розбиванні креслення на зони).

У графі “Поз.” указують порядкові номери складових виробу в послідовності запису їх у специфікацію. Для розділу “Документація” цю графу не заповнюють.

У графі “Позначення” записують позначення документів по відповідному класифікаторі. У розділах “Стандартні вироби”, “Інші вироби”, “Матеріали” цю графу не заповнюють.

У графу “Найменування” у розділі “Документація” записують найменування документів, наприклад: ”Складальне креслення”. У розділах “Складальні одиниці” і ”Деталі” найменування виробів записують відповідно до основного напису кожного креслення.

У розділах “Стандартні вироби” і ”Матеріали” найменування й позначення виробів указують у відповідності зі стандартами на ці вироби. Найменування приводять у називному відмінку однини незалежно від кількості виробів. Якщо найменування складається із двох слів, то на першому місці поміщають ім'я, іменник, наприклад “Гайка накидна”.

У графі “Кіл.” указують кількість одиниць на один виріб. У розділі ”Документація” цю графу не заповнюють.

4.2 Конструювання типових оптико-механічних вузлів

4.2.13'єднання труб в оптичних приладах

Оптичні системи часто розташовані в трубах (тубусах). З'єднання тубусів між собою й корпусом повинні відповідати вимогам твердості, точності, технологічності, герметичності (іноді). З'єднання може виконуватися по циліндричних поверхнях або за допомогою фланців. З'єднання різьбленням краще виконувати із застосуванням гладкого центруючого паска. Фланцеві з'єднання більш точні й стійкі, а також зручні в складанні, але вимагають виготовлення труб із заготовок великого діаметра, тому іноді раціональніше фланець прикріпити до труби на різьбленні або зварюванням. Герметичність з'єднання досягається установкою прокладок з гуми, або фторопласта, а також ущільнювальною замазкою, поміщеною в різьбленні або площинах фланців.

На рис. 4.1 – рис. 4.5 показано різні види з'єднання тубусу з корпусом.



Рис. 4.1. З'єднання тубусів: а – з'єднання тубуса з корпусом на різьбленні: 1 – упорні базові поверхні, забезпечує базування по оптичній осі, не забезпечує точного центрування через зазор у різьбленні; б – з'єднання на різьбленні із центруванням по гладкій циліндричній поверхні, забезпечує гарне центрування уздовж осі й перпендикулярно осі

4.2.2 Конструювання корпусів

Корпус служить для розміщення в ньому деталей і складальних одиниць приладу. Залежно від умов роботи до корпуса можуть пред'являтися різні вимоги[11]:

- корпус повинен мати високу твердість і міцність для сприйняття ударних навантажень. При наявності рухомих елементів у приладі, сили реакції опор навантаження також сприймаються корпусом;
- для нормального функціонування приладу корпус повинен забезпечувати високу точність позиціонування окремих деталей механізмів;
- корпус повинен надійно ізолювати, а в окремих випадках і герметизувати простір, у якому розміщені механізми й прилади від навколишнього середовища. Це буває необхідним для забезпечення надійного змазування рухливих з'єднань, запобігання забрудненню деталей, а також за умовами техніки безпеки;
- для полегшення складання, налагодження або ремонту корпус повинен забезпечувати вільний доступ до окремих частин приладу або установки. Із цією метою корпус роблять розбірним, постачають його кришками і люками.

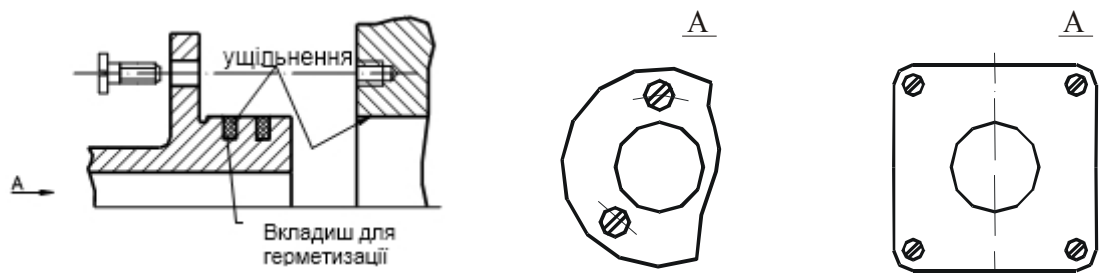


Рис. 4.2. Фланцеве з'єднання, забезпечує гарне центрування й просте складання; при необхідності легко забезпечити герметичність з'єднання за допомогою ущільнення

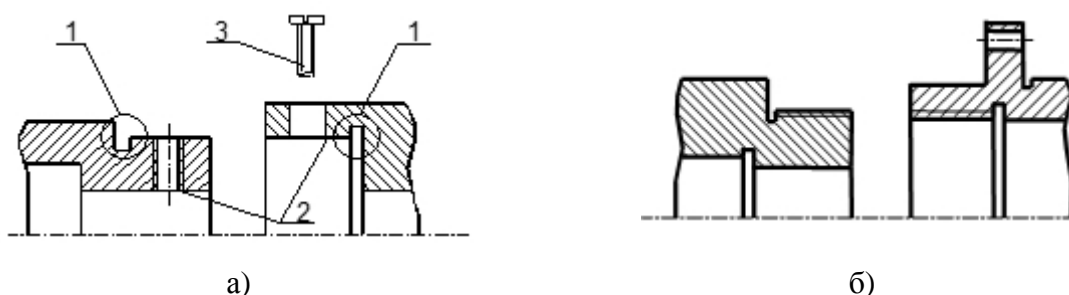


Рис. 4.3. З'єднання тубусів: а – з'єднання із центруванням без різьблення: 1 – технологічні проточки, що дозволяють здійснити точне центрування; 2 – посадкові поверхні, що сполучаються; 3 – кріпильні гвинти; з'єднання легко збирається, забезпечує гарне центрування й середню міцність з'єднання; б – складений тубус, що містить коротку фланцеву частину; при виготовленні фланця дозволяє заощадити метал при довгій тубусній частині

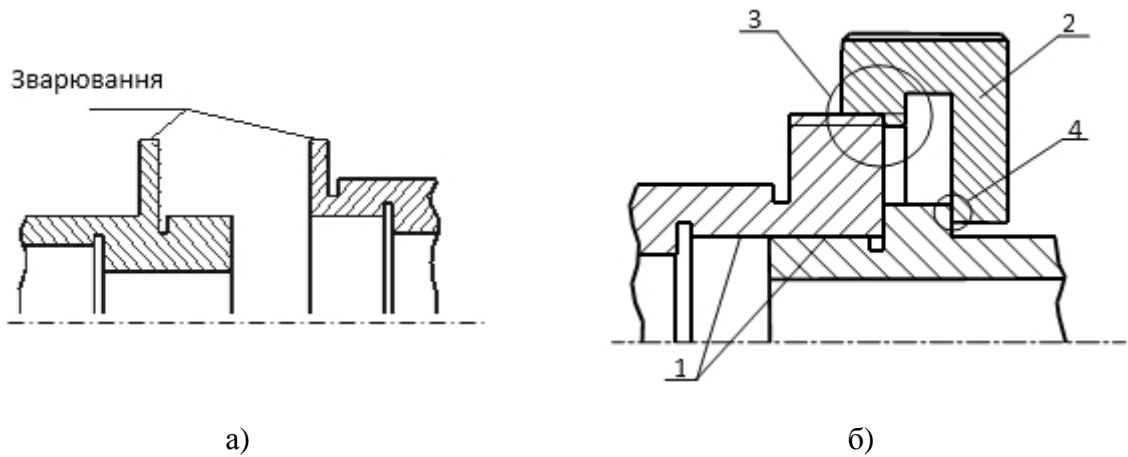


Рис. 4.4. З'єднання тубусів: а – складальний тубус, що з'єднується зварюванням, для запобігання жолобленню основних деталей, місця зварювання вилучені за допомогою буртиків, товщина буртиків робиться невеликою, щоб зменшити теплоємність у зоні зварювання; з'єднання має високу міцність, герметичність й технологічність; б – з'єднання накидною гайкою: 1 – посадкові поверхні, що забезпечують центрування; 2 – накидна гайка; 3 – нагвинчувальна частина; 4 – упорна частина гайки

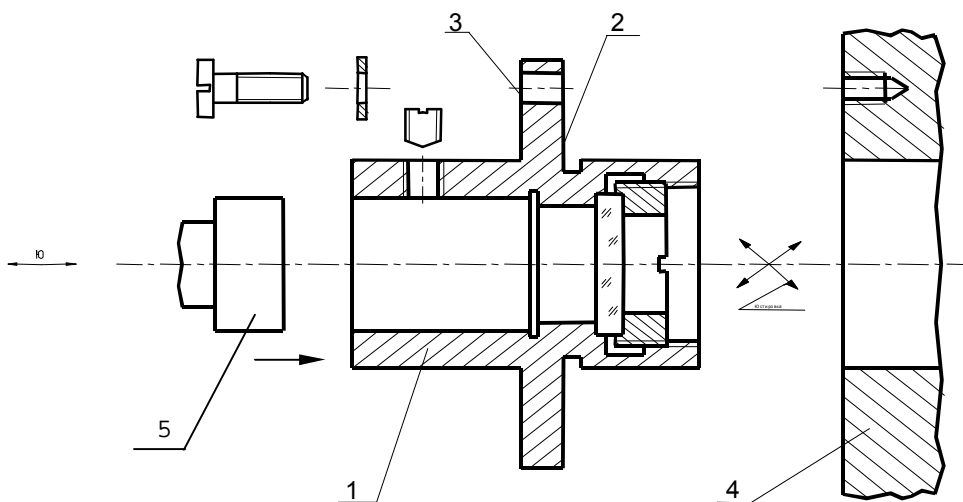


Рис. 4.5. Складний фланець із оптичною деталлю: 1 – циліндричний тубус із оптикою; 2 – фланцева частина; 3 – отвір для кріплення фланця; 4 – корпус; 5 – елемент приладу, установлюваний у тубусі; якщо отвір має діаметр більше діаметра кріплення гвинта, то фланцеву частину можна буде переміщати перпендикулярно оптичній вісі з метою юстування, для цього отвір у корпусі повинен бути більше посадкового діаметра фланця

Залежно від умов роботи, складання й розбирання корпусу, розрізняють трьох типів: цільні, рознімні, збірні.

Цільні корпуси виготовляють, як правило, литтям і механічною обробкою. Вони мають високу твердість і міцність; для забезпечення складання, в корпусах необхідно передбачати спеціальні монтажні отвори й кришки.

Рознімні корпуси складаються із двох частин. При цьому площина рознімання розташовується паралельно або перпендикулярно осі оберткових деталей. Рознімні корпуси мають переваги перед цільними корпусами і допускають застосування вузлового принципу складання механізму. Використання лиття для виготовлення корпусних деталей робить найбільш доцільним застосування рознімних корпусів в умовах серійного виробництва.

Збірні корпуси складаються із пластин, косинців, кришок, що з'єднуються гвинтами, штифтами й зварюванням. Одноплатні корпуси виконуються з необхідними ребрами жорсткості й приливами. Корпуси цього типу – технологічні, забезпечують можливість вузлового складання й зручного регулювання. Корпуси використовуються як у серійному, так і в одиничному виробництві.

У двохплатних корпусах деталі механізму розташовуються між двома паралельними платами, які з'єднуються за допомогою стійок (рис. 4.6). Для захисту від зовнішніх впливів одно- або двохплатні корпуси закриваються кожухами. Приклади збірних корпусів показано на рис. 4.7.

Для розміщення рухомих деталей у корпусах будь-якого типу виконують отвори, які повинні бути точно розташовані одне проти іншого, й щодо зовнішніх базових поверхонь. Допуск розмірів циліндричних рухомих поверхонь призначаються по 6 – 7 квалітету, лінійних розмірів – по 8 – 11 квалітету. Допуск циліндричності не повинен перевищувати половини допуску діаметра циліндра. Допуски на розташування осей отворів відносно один одного й базові поверхні вибирають у межах (0,005-0,01) мм. Допуски

перпендикулярності осей і площинності для плоских поверхонь, що сполучаються, призначають 0,01/100. допуски на міжосьові відстані кріпильних отворів і діаметральних розмірів становлять 0,1-0,2 мм.

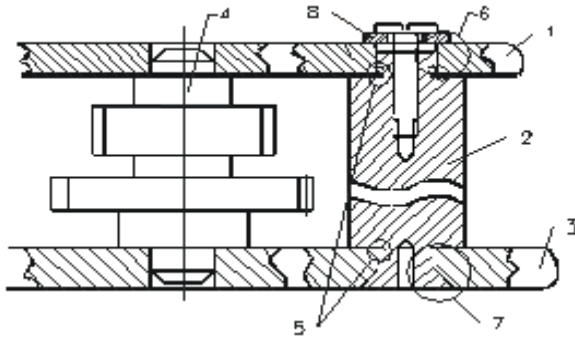
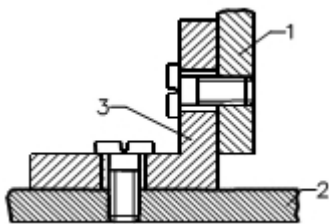
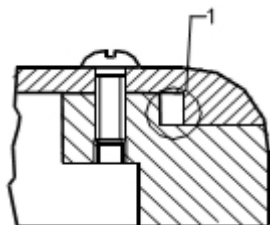


Рис.4.6. Конструкція двохплатного корпусу: 1 – плата горизонтальна; 2 – стійка; 3 – основа; 4 – блок зубчастих коліс; 5 – точне позиціювання; 6 – позиціювання по циліндричній частині стійки; 7 – розвальцьовування; 8 – шайба

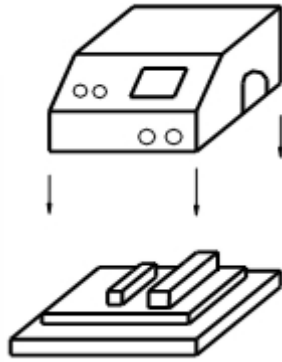
Конструкція напіврозбірна. Між платою й основою кріпляться елементи зубчастого механізму 4, а в оптико-електронних приладах розміщаються як оптико-механічні елементи, так і електронні вузли (плати й електронні деталі).



Вертикальне кріплення плати на кронштейні без точного позиціювання: 1 – плата вертикальна; 2 – основа; 3 – кронштейн. Наявність зазору в кронштейні допускає невеликі юстувальні переміщення



Варіант зовнішнього оформлення корпусу: 1 – для неточних кришок зазор виконаний у кілька міліметрів; при точному розташуванні кришки зазор виконується по посадці



У складних оптико-електронних приладах доцільно оптичні й електронні вузли розмістити на платі, що закривається корпусом-кожухом. Бажано, щоб прилад міг функціонувати при знятому кожусі, це дає можливість здійснити його юстування й налаштування (приклад: конструкції телевізора, відеомагнітофона й ін.)

Рис. 4.7. Збірні корпуси

На рис. 4.8 – рис. 4.9 показано приклади призмових вузлів.

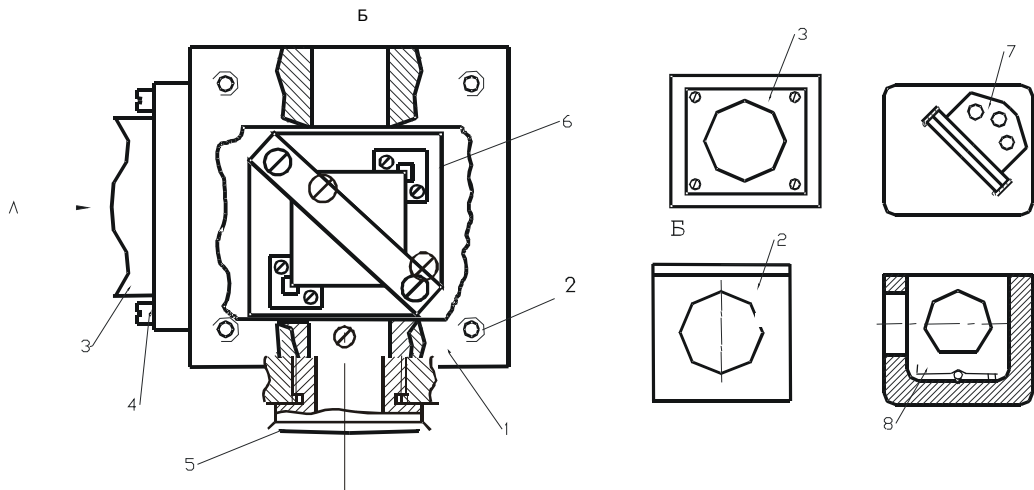


Рис. 4.8. Корпус у формі куба: 1 – корпус; 2 – отвір для кріплення кришки корпусу; 3 – тубусний фланцевий елемент конструкції; 4 – гвинти, що кріплять фланець; 5 – тубусний різьбовий елемент (об'єктив, конденсор); 6 – призмовий блок; 7 – дзеркальний блок; 8 – плато

Корпус служить для кріплення світлоділильної призми на плато, що гойдається, й для сполучення декількох тубусних (циліндричних вузлів); корпус може бути виготовлений литтям (АЛ-2, АЛ-9) з наступним фрезеруванням внутрішньої порожнини й зовнішніх стінок. Внутрішні поверхні корпусу не сполучені з іншими елементами, тому вимоги до точності і якості їхньої обробки невисокі. Зовнішні поверхні корпусу є базовими для сполучення з тубусними елементами. У робочих кресленнях корпусу базування необхідно обґрунтувати допусками на

перпендикулярність стінок, їхньою паралельністю, допусками на перетинання осей і т. д. корпус закривається кришкою.

Фланець 3 може бути квадратним і може бути круглим. Різьбове кріплення допускає тільки невелике юстувальне переміщення уздовж оптичної осі за рахунок установки прокладок. Призмовий блок складається зі світлоділильної призми, установленної на плато. Плато може “гойдатися” на кульовому шарнірі, забезпечуючи юстування по двох координатах.

Замість призмового блоку може використовуватися дзеркальний блок 7, що складається із дзеркалазакріпленого на кронштейні. Кронштейн також може гойдатися на кульовому шарнірі.

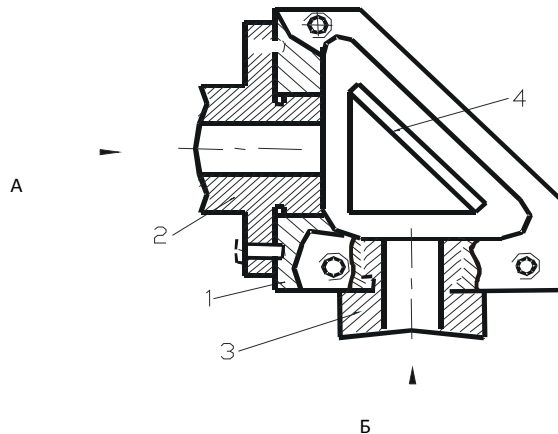


Рис. 4.9. Призмовий вузол: 1 – корпус; 2 – фланцевий тидис; 3 – різьбовий тидис; 4 – призма AP - 90°

Призма встановлена на кульовому шарнірі й може гойдатися по двох координатах. Як і в попередньому випадку корпус може бути виготовлений литтям і фрезеруванням.

Розглянуті корпуси є несучими, тому що вони одночасно виконують захисні функції і позиціонування елементів конструкції.

На рис. 4.10 показано конструкції круглих корпусів.

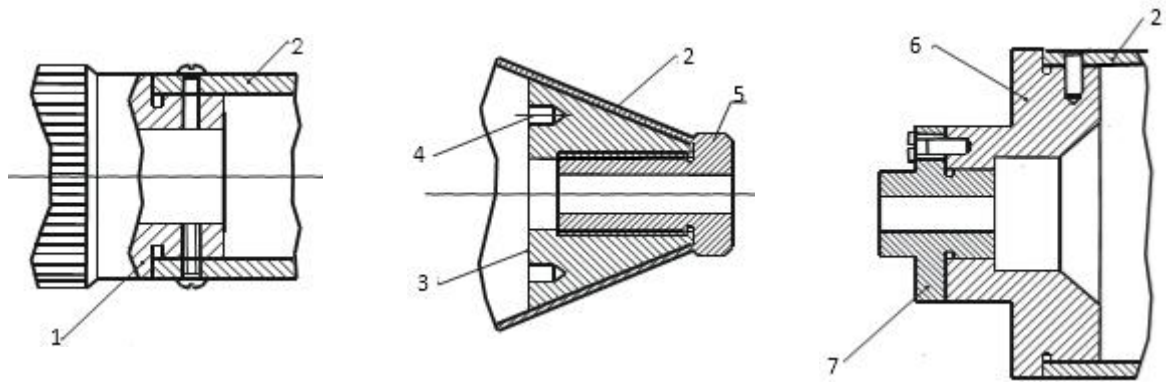


Рис.4.10. Конструкції круглих корпусів: 1 – об'єктивний вузол; 2 – тонкостінний трубчастий корпус (для запобігання від деформації труба насунута на тверду частину корпуса об'єктивного вузла); 3 – клин; 4 – отвір для інструмента (при нагвинчуванні клина на трубчасту частину клин починає розсовувати трубчастий корпус, забезпечуючи надійне кріплення за рахунок сил тертя); 5 – циліндрична частина(в ній можна встановити оптичну систему); 6 – твердий корпус (виконує сполучення тонкостінного трубчастого корпуса великого діаметра з тубусним фланцевим елементом малого діаметра. Твердий корпус захищає від деформацій тонкостінний трубчастий корпус і виконує с функції сполучення для тубусного елемента); 7 –тубусний фланцевий елемент

4.2.3 Конструювання освітлювачів

До освітлювальних систем і вузлів пред'являються наступні вимоги[11]:

- позиціювання тіла розжарення джерела випромінювання щодо оптичної системи;
- можливість юстування освітлювального вузла;
- можливість швидкої й зручної заміни лампи накаливання;
- забезпечення необхідного температурного режиму випромінювача (природне або примусове охолодження);
- запобігання проводів від ушкодження й замикання;
- зручність складання й монтажу.

До ламп розжарювання (рис. 4.11), які застосовуються в оптичних приладах, пред'являються підвищені вимоги. Конструкцію патрону показано на рис. 4.12, а конструкції освітлювачів на рис. 4.13 – рис. 4.14.

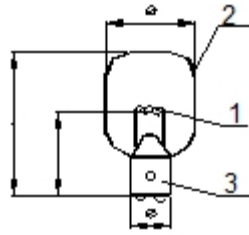
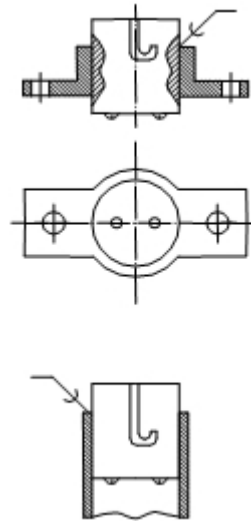
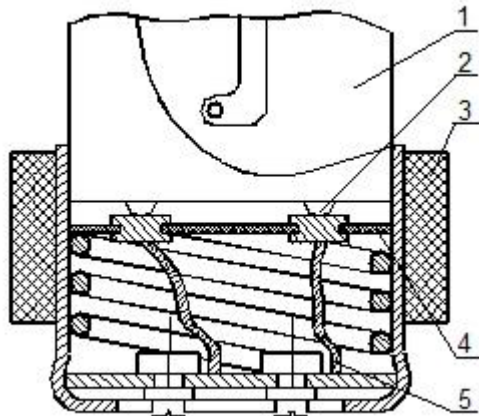


Рис. 4.11. Лампа розжарювання оптичного приладу: 1 – тіло розжарення; 2 – балон; 3 – цоколь із багнетами для байонетного кріплення

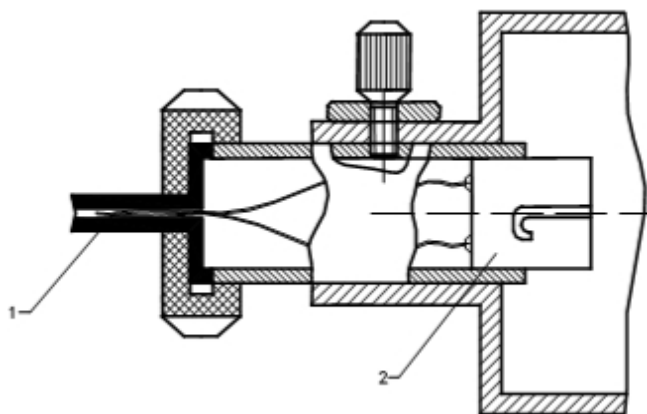


а)

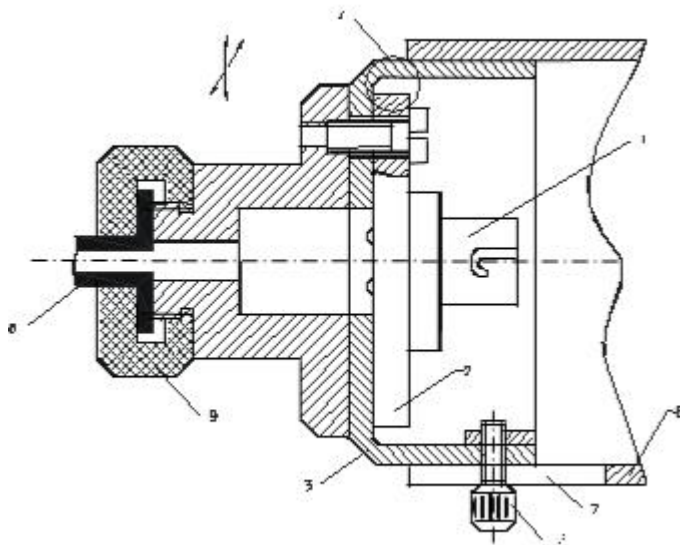
б)

Рис. 4.12. Конструкція патрона: а – конструкція патрона; б – кріплення патрона; 1 – цоколь лампи; 2 – виводи; 3 – зовнішній корпус; 4 – плата з контактами (плаваюча); 5 – електричний дріт

Для оптичних приладів випускаються спеціальні лампи розжарювання, що забезпечують позиціонування тіла розжарення щодо оптичної системи. Розміри й положення тіла розжарення щодо оптичної системи строго визначені. Кріплення лампи виконується байонетним (штиковим) методом.



Освітлювач із поздовжнім переміщенням випромінювача: 1 – гумова трубка, що охороняє дріт від ушкодження; 2 – патрон із трубкою; переміщається уздовж оптичної осі для юстування. У потрібному положенні патрон фіксується



Освітлювач із переміщенням випромінювача по двох координатах: 1 – патрон; 2 – фланець патрона (пригвинчений до корпусу трьома гвинтами); 3 – корпус; 4 – зазор у фланці (дозволяє робити юстування патрона перпендикулярно оптичній вісі). Корпус освітлювача встановлений у корпус приладу 6 по ковзаючій посадці й може фіксуватися притискним гвинтом 5. Для переміщення в корпусі приладу є проріз 7, а при необхідності заміни лампи корпус освітлювача при віджатому гвинті може повністю вийматися з корпусу приладу. 8 – гумова втулка, що захищає дріт живлення від ушкодження; 9 – пластмасова гайка, утримує гумову втулку

Рис.4.13. Конструкції освітлювачів

Всі параметри лампи, (тип цоколя, форма й положення тіла розжарення) електричні параметри (світловий потік, споживана потужність) даються в паспорті лампи й строго витримуються при виробництві лампи.

В конструкції патрона нерухлива основна плата встановлюється методом завальцювання або заформування. Плаваюча плата підтискається до цоколя за допомогою пружини. Для усунення електричного контакту патрон може бути заформованим у зовнішній пластиковий корпус. Лампа розжарювання або патрон вважаються покупними виробами й на кресленнях показуються без розрізу, але при необхідності патрон може бути виготовлений на підприємстві, тоді його необхідно показати в розрізі.

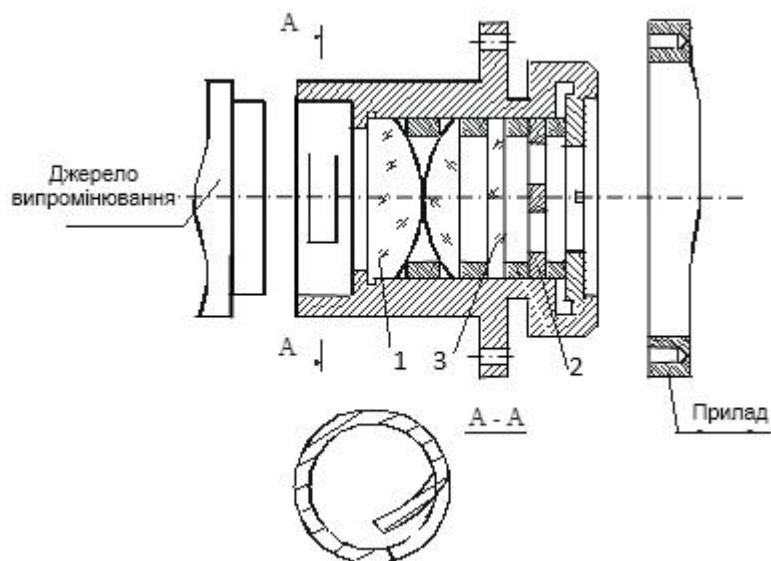


Рис. 4.14. Освітлювач із конденсором і сіткою: 1 – вузол конденсора; 2 – діафрагма; 3 – сітка

4.2.4 Конструювання вузлів сіток і діафрагм

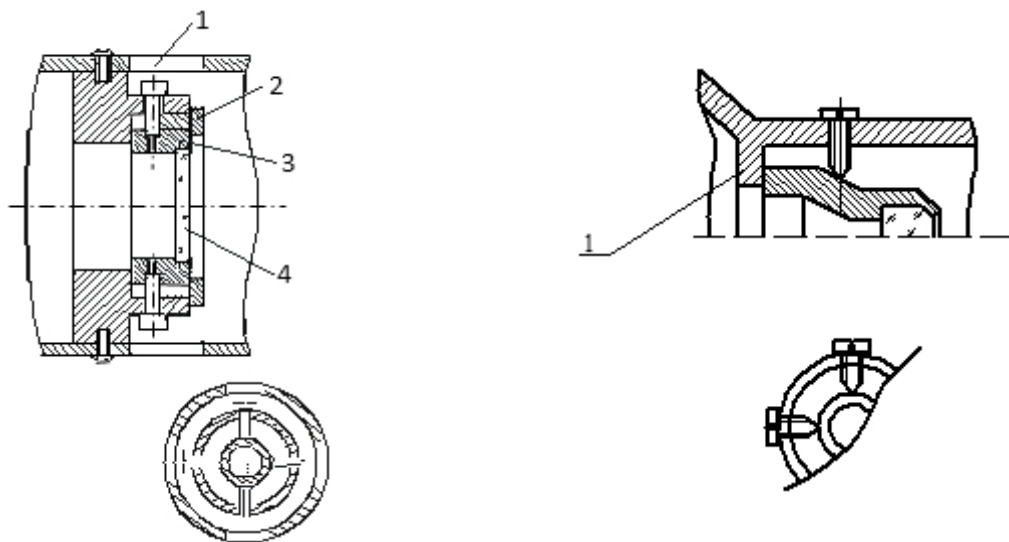
Сітки (шкали) призначені для зняття відліку у вимірювальних оптичних приладах. До їхньої конструкції пред'являються наступні вимоги[4, 11]:

- точне позиціонування сітки щодо оптичного приладу;
- можливість юстування сітки (звичайно по двох координатах) перпендикулярно оптичній осі;
- надійне кріплення сітки після юстування й запобігання від випадкового роз'юстування;
- відсутність деформації при кріпленні, у тому числі й температурної.

На рис. 4.15 показано вузол сітки, сітка 4 кріпиться у внутрішню оправу 3 приклеюванням. Внутрішня оправка підвішена на чотирьох гвинтах у зовнішній оправі. Загвинчуючи й одночасно відгвинчуючи діаметрально протилежні гвинти можна переміщати сітку перпендикулярно оптичній системі. Лиска необхідна для переміщення оправки при юстуванні.

Внутрішня оправа притискається до зовнішньої за допомогою кільцевої планки 2. Кільцева планка кріпиться до зовнішньої оправи чотирма гвинтами (на схемі не показані).

При необхідності зовнішня сітка може переміщатися уздовж оптичної осі, для чого в корпусі передбачені спеціальні пази.

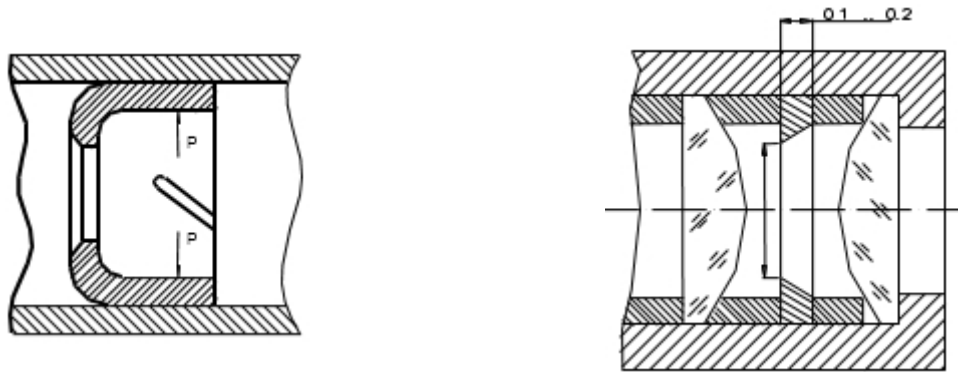


- 1 – отвір для допуску викрутки; 2 – кільцева планка;
3 – внутрішня оправа; 4 – сітка

Оправа із сіткою притискається чотирма юстувальними гвинтами до виступу корпусу 1. Зусилля юстувального гвинта розкладається за правилом паралелограма на зусилля притиску й переміщення сітки. Для цього оправа із сіткою виконана конічною. Відповідну конічну форму має й кінчик гвинта. Головка юстувального гвинта зроблена циліндричною для захисту від випадкових переміщень

Рис. 4.15. Вузол сітки

Діафрагми призначені для обмеження пучків променів в оптичних приладах (рис. 4.16). Вони бувають із постійною або змінною площею перетину. Часто роль діафрагми виконує оправа оптичної деталі. Діафрагми з постійним перетином виконують із тонкого листового матеріалу (Ст 20) товщиною 0,1-0,2 мм, зазвичай, штампуванням. Діафрагми обов'язково піддаються чорнінню.



Найбільш проста модель. Діафрагма простої конфігурації, погано центрувальна. Утримується в тубусі за рахунок сил тертя й притиску бічних стінок до стінки трубки. Застосовується в простих приладах. Р - зусилля притиску.

Також найбільш проста модель, але більш точна. Точна діафрагма встановлюється між проміжними кільцями. Переміщення діафрагми вздовж оптичної осі здійснюється підрізуванням кілець. Робочі краї діафрагми скошені під кутом від 30° до 60°

Рис.4.16. Діафрагми

На рис. 4.17 показано кріплення кругової шкали. Вимога до конструкції: висока точність. Для зменшення температурних ефектів все складання зроблене з титанового сплаву ВТ-1-0. При складанні повинні витримуватися

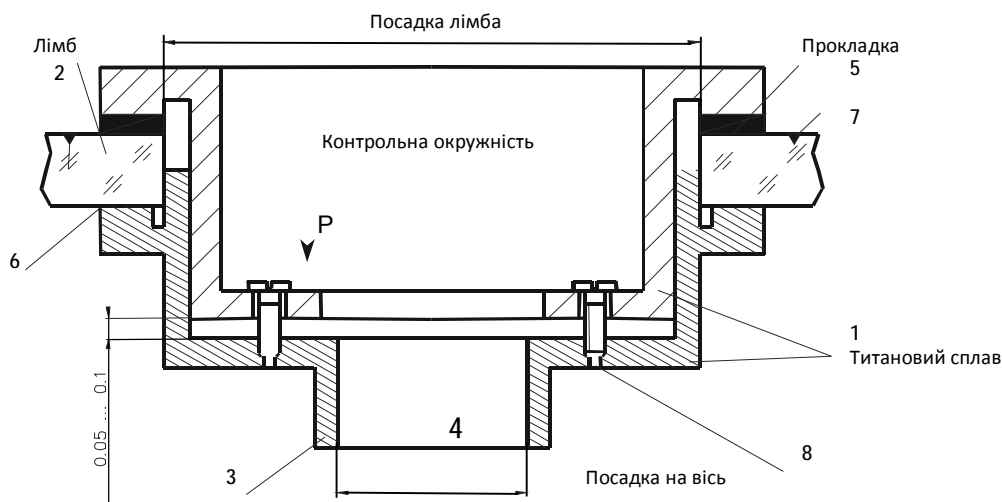


Рис. 4.17.Кріплення кругової шкали (лімба): 1 – титановий сплав; 2 – лімба; 3 – вісь; 4 – осьова система; 5 – прокладка (фольга, папір); 6 – лімба; 7 – контрольна окружність; 8 – кріпильний гвинт

посадка лімба 2 і посадка на вісь 3. Кріплення виробляється консольно, щоб не виникало деформації. Кріпильний гвинт (розташовують по окружності),

при цьому створюється зусилля притиску P , що внутрішню деталь притискає до внутрішньої поверхні.

4.2.5 Основи конструювання об'єтивів і окулярів

Об'єтив – головний елемент будь-якої оптичної системи, від якості виконання якого залежить якість всієї оптичної системи [11, 14]. Тому до конструкції об'єктива пред'являються дуже високі вимоги.

Якщо однією з умов роботи оптичної системи є паралельність внутрішніх осей, то об'єтиви кріпляться в ексцентриковій оправі. У деяких прицільних приладах ексцентрикові оправы застосовують для сполучення осі системи з віссю різьблення;

У зв'язку з похибкою виготовлення оптичних деталей і зокрема похибкою фокусних відстаней, виникає необхідність поздовжнього юстування об'єтивів. З цією метою застосовуються різні компенсатори: установка оправы об'єктива на різьбленні, підрізання кілець, установка прокладних кілець. Підбором товщини або підрізанням прокладок виконується фокусування. Фокусні відстані лінз витримують при виготовленні з похибкою 1-2%, тому в тих випадках, коли фокусна відстань об'єктива повинна точно відповідати розрахунку, застосовуються об'єтиви з регульованим повітряним проміжком. Змінюючи відстань між лінзами можна компенсувати помилки фокусних відстаней кожної з лінз і одержати необхідну величину.

Фото- і кінооб'єтиви становлять особливу групу [15]. Для їхнього приєднання до камери використовують швидко роз'ємне кріплення (різьбове або штикове).

Кріплення до тубуса мікроскопа мікрооб'єктива виконується за допомогою спеціального об'єктивного різьблення.

На рис. 4.18 показано об'єтив насипної конструкції. Всі елементи встановлюються в оправу 1 насипним способом. Для зручності складання й

кріплення оптичні елементи об'єднані в вузли 2 і 4. Кріплення лінз здійснюється завальцюванням. Для регулювання відстані d між компонентами передбачене проміжне кільце 3. Об'єktiv кріпиться до приладу за допомогою різьблення. Для зручності ззовні корпуса передбачене зовнішнє кільце з накаткою.

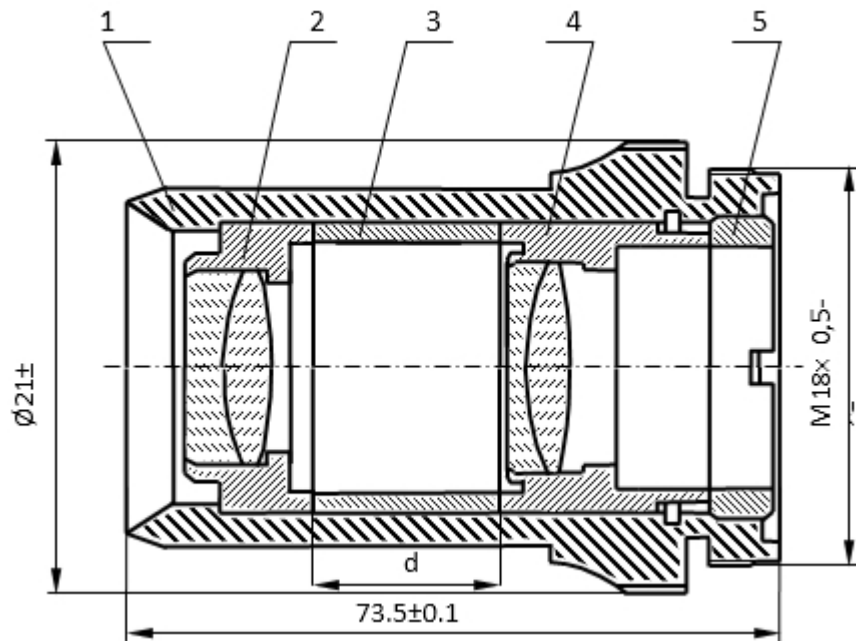


Рис. 4.18. Конструкція об'єктива: 1 – оправа; 2 – вузол оптичних елементів; 3 – проміжне кільце; 4 – вузол оптичних елементів; 5 – різьбове кільце

Для спостереження зображення, що створюється об'єктивом, в оптичних приладах використовуються окуляри. По оптичних схемах та конструктивних особливостях окуляри можна поділити на окуляри телескопічних приладів та окуляри мікроскопів. Для телескопічних приладів застосовують окуляри із зовнішнім або внутрішнім фокусуванням. Особливу групу складають автоколімаційні окуляри.

На рис. 4. 19 показано конструкцію окуляра. В загальний окулярний тубус 2 вставляється два складання: компонент із сіткою 1 і очний компонент 3. Сітка 5 кріпиться зовнішнім різьбовим кільцем. Очний компонент 3 переміщається по різьбленню й фокусується на сітку. Обидва

компоненти 1 і 3 разом з тубусом 2 можуть обертатися й переміщатися в тубусі мікроскопа, здійснювати орієнтацію сітки.

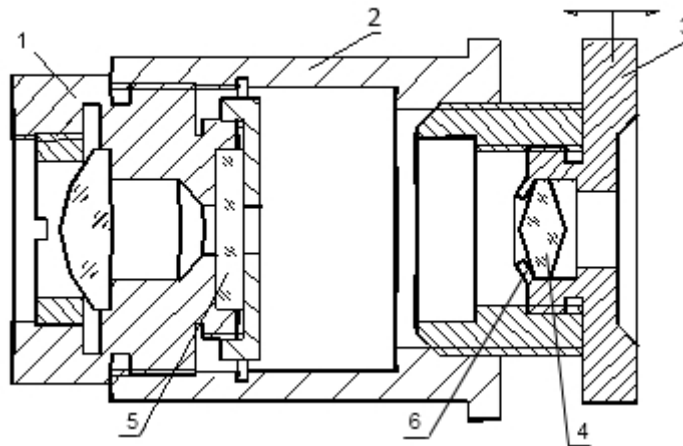


Рис. 4.19. Конструкція окуляра: 1 – компонент із сіткою; 2 – окулярний тубус; 3– очний компонент; 4– лінза; 5 – сітка; 6 – завальцювання

4.3 Контрольні запитання та завдання

1. Проаналізуйте можливі варіанти конструкції кріплення плоского дзеркала в кронштейні на вкладиші та фасці. Обґрунтуйте обраний варіант конструкції.
2. Проаналізуйте можливі варіанти конструкції кріплення круглого плоского захисного скла притискною планкою і гвинтами з конічною головкою. Обґрунтуйте обраний варіант конструкції.
3. Проаналізуйте можливі варіанти конструкції кріплення точного круглого дзеркала в оправі з регулюванням гвинтом і пружиною притискного зусилля. Обґрунтуйте обраний варіант конструкції.
4. Проаналізуйте можливі варіанти конструкції юстуемого кріплення тонкого дзеркала по одній координаті накладкою по фасці. Обґрунтуйте обраний варіант конструкції.

5. Проаналізуйте можливі варіанти конструкції кріплення круглого нерухомого дзеркала в оправу різьбовим кільцем з використанням еластичних прокладок. Обґрунтуйте обраний варіант конструкції.
6. Розробіть ескіз складального креслення кріплення круглого нерухомого дзеркала в оправу різьбовим кільцем з використанням еластичних прокладок.
7. Вкажіть тип спряження (пункт 6). Розрахуйте максимальний і мінімальний зазор (натяг) H7/h8, номінальний розмір 200 мм.

5 ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ

5.1 Передавальні механізми

5.1.1 Призначення й класифікація передавальних механізмів

Оптико-електронні прилади являють собою складний комплекс, у якому сполучаються оптичні, механічні й електронні елементи. Від якості кожного з елементів залежить і якість усього приладу.

В оптико-електронному приладі (ОЕП) передавальні механізми виконують наступні функції:

- передача енергії від двигуна робочого (виконавчого) органу з одночасним перетворенням швидкостей руху ланок;
- перетворення вимірюваних характеристик механічного сигналу (переміщення, швидкість, прискорення), переміщення, що впливає на електронний перетворювач;
- виконання математичних операцій (диференціювання, логарифмування й ін.);
- виконання експлуатаційних операцій (вм. і вимкн. системи, ручне або автоматичне керування, налагодження).

Ці функції в тому або іншому ступені можуть бути реалізовані й електронною системою, тому завданням розробника є вибір найбільш раціонального способу.

До конструкцій передавальних механізмів висувають наступні вимоги:

- заданої точності перетворення руху по відомій функціональній залежності;
- достатньої твердості й міцності елементів механізму при передачі моментів і зусиль;
- простоти й надійності, високого ККД, малої чутливості до температурних змін і вібрацій;
- технологічності, габаритних конструкцій мінімальних розмірів і маси, найменшої вартості виготовлення.

Класифікацію передавальних механізмів показано на рис. 5.1.

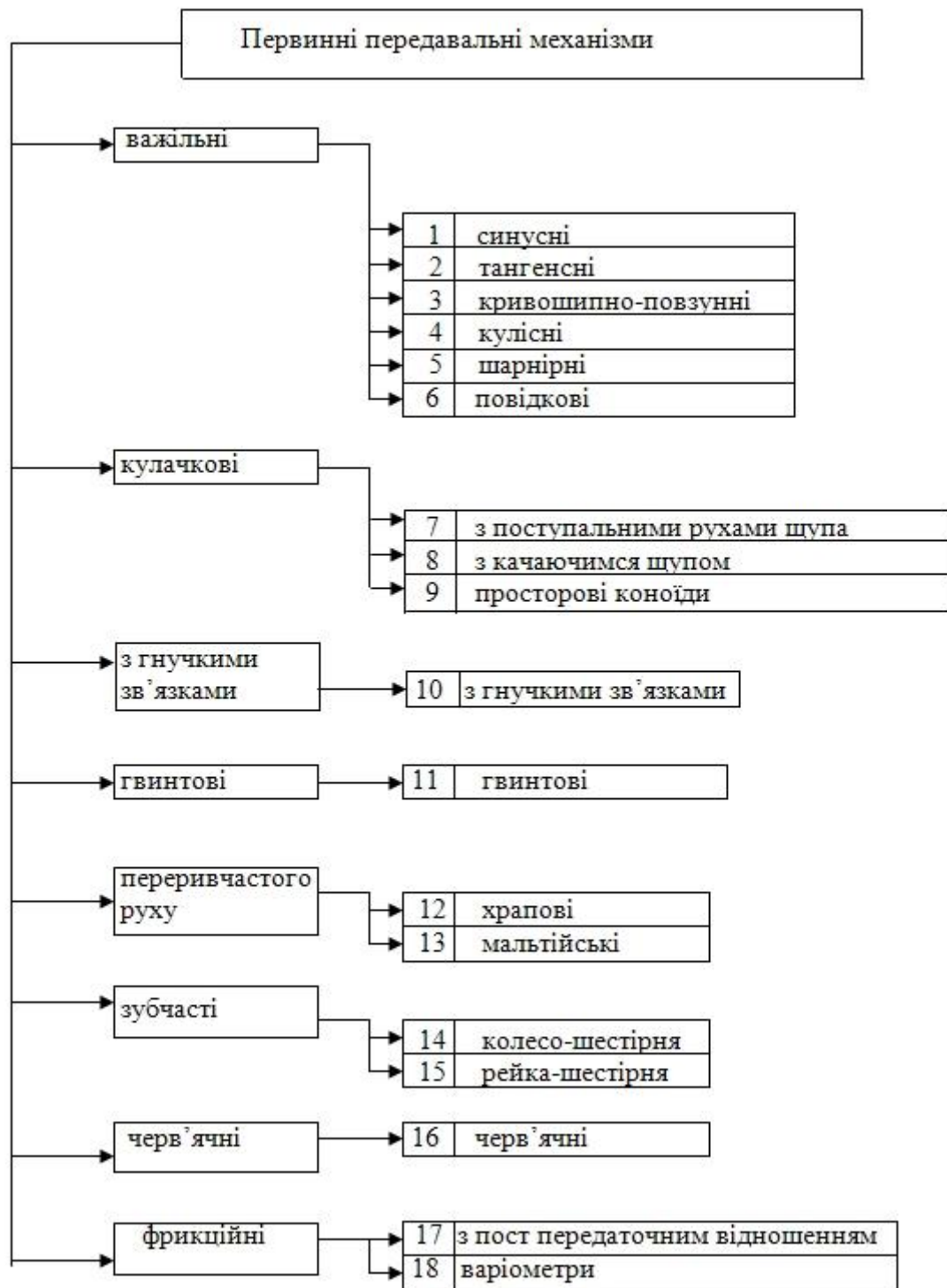


Рис. 5.1. Класифікація передавальних механізмів

При розробці конструкції передавального механізму необхідно мати на увазі, що виконати всі перераховані вимоги, важко, тому що багато які з них суперечать одна одній. Тому конструктор повинен прийти до розумного компромісу.

Всі елементарні передавальні механізми класифікуються по ряду ознак. Наприклад, по кінематичних і динамічних параметрах, по конструктивному виконанню, по точності.

По виду перетворення руху, механізми підрозділяються на системи передач [2]:

- 1) обертального руху в обертальний (зубчасте колесо, шестірня);
- 2) обертального в поступальний (шестірня, рейка);
- 3) поступального в обертальний (рейка, шестірня);
- 4) поступального в поступальний (подвійні синусні або тангенсні механізми).

5.1.2 Важільні механізми

Важільні механізми призначені для перетворення руху за певним законом. Застосовуються у вимірювальних приладах різного призначення, у системах керування, в обчислювальних пристроях [16].

В конструкціях приладів використовують наступні важільні механізми: синусний, тангенсний, кривошипно-повзунний, кулісний, шарнірний та повідковий механізми.

Синусний механізм (рис. 5.2 а) перетворює поступальний рух в обертальний. Точка контакту 1 переміщується по плоскій поверхні штовхача Т, довжина важеля Р постійна. Передаточне відношення визначається кутом повороту важеля. Тангенсний механізм (рис. 5.2 б) перетворює поступальний рух в обертальний. Точка контакту 1 ковзає по поверхні важеля, довжина якого змінна. Кривошипно-повзунний механізм (рис. 5.2 в) перетворює поступальний рух в обертальний й навпаки. Передавальне відношення змінне. Кулісний механізм (рис. 5.2 г) перетворює закон руху при передачі обертального руху з однієї осі на іншу. Шарнірний механізм (рис. 5.2 д) перетворює обертальний рух кривошипа К_р у коливальний рух коромисла К. Повідковий механізм (рис. 5.2 е) використовується в просторових

механізмах. Перетворює обертальний рух провідної ланки в обертальний веденої, котра перебуває під певним кутом до веденої. Завдяки простоті замінюють зубчасті механізми при обмежених кутах повороту. Кути можуть мінятися.

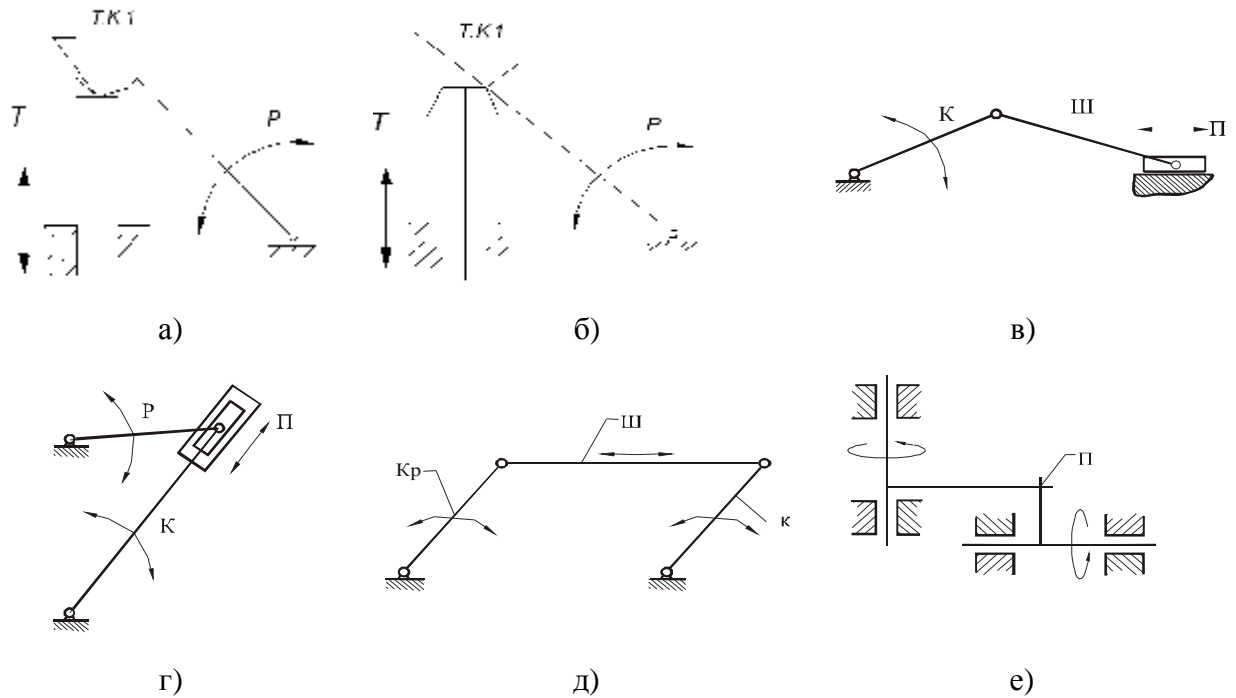


Рис. 5.2. Важільні механізми: а – синусний механізм; б – тангенсний механізм; в – кривошипно-повзунний механізм; К – коромисло; г – кулісний механізм; К – куліса; Р – Важіль; д – шарнірний механізм; К – коромисло; е – повідковий механізм; П – Повідки; Ш – Шатун; П – Повзун; Кр – кривошип

5.1.3 Кулачкові механізми

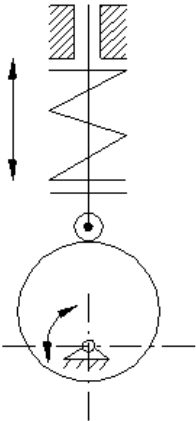
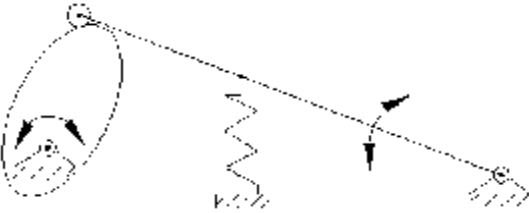
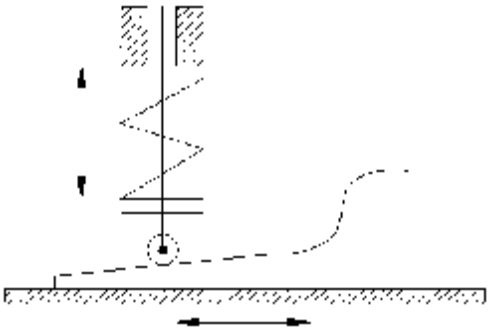
Кулачкові механізми застосовують для перетворення руху як по видах так і по функціональних залежностях. Теоретично кулачковий механізм може відтворювати рух ланок за будь-якими законами при дуже простій конструкції. Функціональна залежність руху визначається профілем кулачка. Кулачкові механізми надійні в роботі, мають невеликі габарити. До недоліків відноситься складність їх виготовлення.

Кулачкові механізми поділяються на плоскі, ланки яких рухаються в паралельних площинах, та просторові (табл. 5.1). Найбільш розповсюдженими є плоскі кулачкові механізми[16].

По виду руху ведучої ланки кулачкові механізми поділяються на дві групи: кулачки з обертальним та поступальним рухом. В приладах найчастіше використовують кулачки з обертальним рухом, які бувають дискові та циліндричні (рис. 5.3).

Таблиця 5.1

Види перетворень руху кулачковими механізмами

Приклад	Кулачок	Штовхач
	Обертальний рух	Поступальний рух
	Обертальний рух	Коливальний рух
	Поступальний рух	Поступальний рух

	<p>Обертальний і поступальний рух</p>	<p>Поступальний рух за різними законами</p>
---	---------------------------------------	---

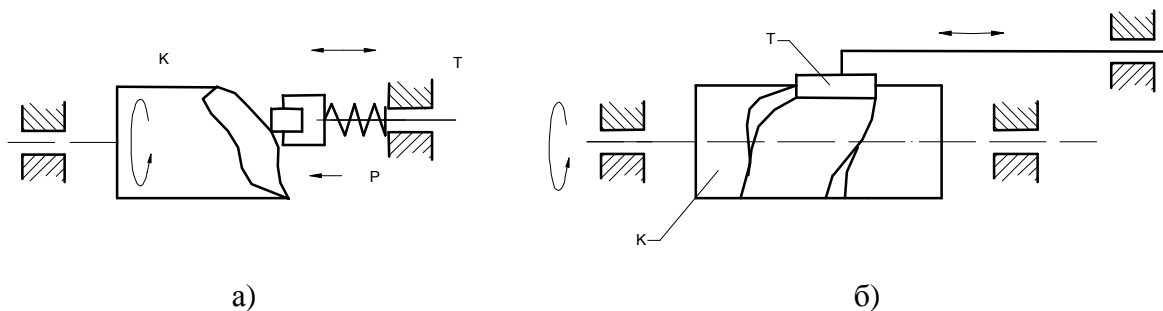


Рис.5.3.Циліндричний кулачок: а – з силовим замиканням (пружиною з силою Р); б – з кінематичним замиканням

5.1.4 Механізми із гнучкими зв'язками

Механізми із гнучкими зв'язками складаються із ведучого, одного або декількох керованих шківів або тіл більш складної форми, що охоплюються гнучким зв'язком (рис. 5.4)[2]. Механізми із гнучкими зв'язками застосовують при значних міжцентрових відстанях. По характеру передаточного числа механізми можуть бути з постійним і змінним значенням. Передача руху може здійснюватися між валами з паралельними, перпендикулярними й перехресними осями.

На рис. 5.4 а показано найпростіший варіант передачі обертального руху в обертальний. Можливий реверс. Вісі паралельні. Кут повороту необмежений. На рис. 5.4 б здійснюється передача обертального руху в поступальний. Кут повороту обмежений. На рис. 5.4 в показано передачу обертального руху в обертальний. Кут повороту необмежений. Механізми мають пересічні вісі. На рис. 5.4 г здійснюється передача поступального руху

в поступальний. Кут повороту обмежений. Передатне відношення можна змінити, змінюючи діаметр шкали. На рис. 5.4 д показано передачу оберտального руху в обертальний зі змінним відношенням. Тому самому повороту колеса відповідає різне лінійне переміщення гнучкої ланки. Кут повороту обмежений.

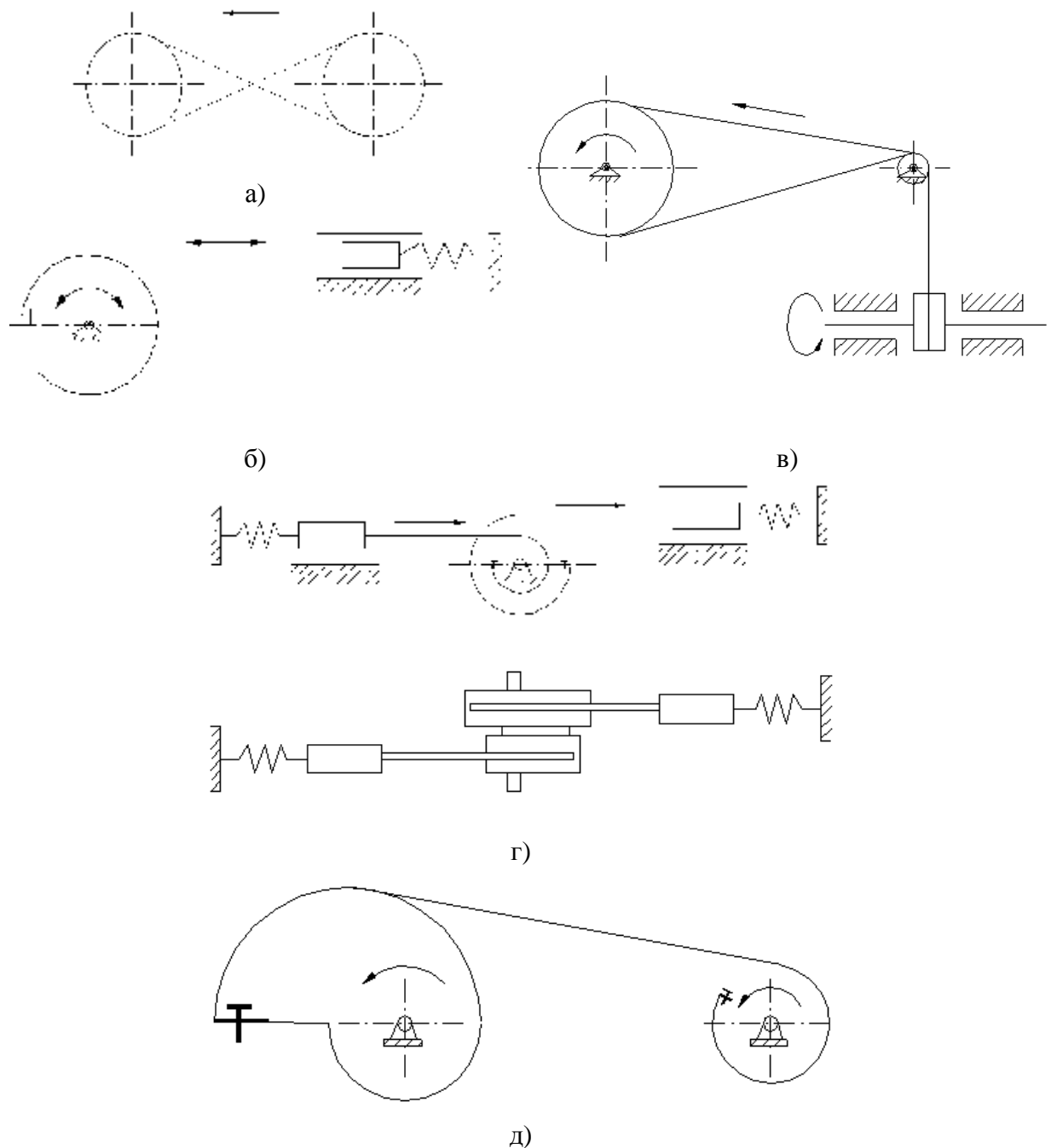


Рис. 5.4. Механізми із гнучкими зв'язками: а – передача обертального руху в обертальний; б – передача обертального руху в обертальний; в – передача обертального руху в поступальний; г – передача поступального руху в поступальний; д – передача обертального руху в обертальний зі змінним відношенням

Залежно від способу з'єднання гнучкого елемента із твердими ланками розрізняють механізми з безпосереднім фрикційним і зубчастим з'єднанням.

Механізми із фрикційним з'єднанням гнучких ланок внаслідок проковзування мають меншу точність. Для підвищення точності використовують перфоровані стрічки й ланцюжки.

У механізмах з кінематичним замиканням необхідний попередній натяг гнучких ланок за допомогою пружин.

Гнучкі зв'язки виконуються у вигляді гумових і полімерних стрічок і пасиків, а у відповідальних випадках використовують сталеві тросики [2].

5.1.5 Гвинтові механізми

Гвинтові механізми служать для перетворення обертального руху в поступальний зі значним зменшенням швидкості [16]. Основними деталями гвинтового механізму є гвинти й гайки. Гвинтові механізми підрозділяються на чотири групи (рис. 5.5).

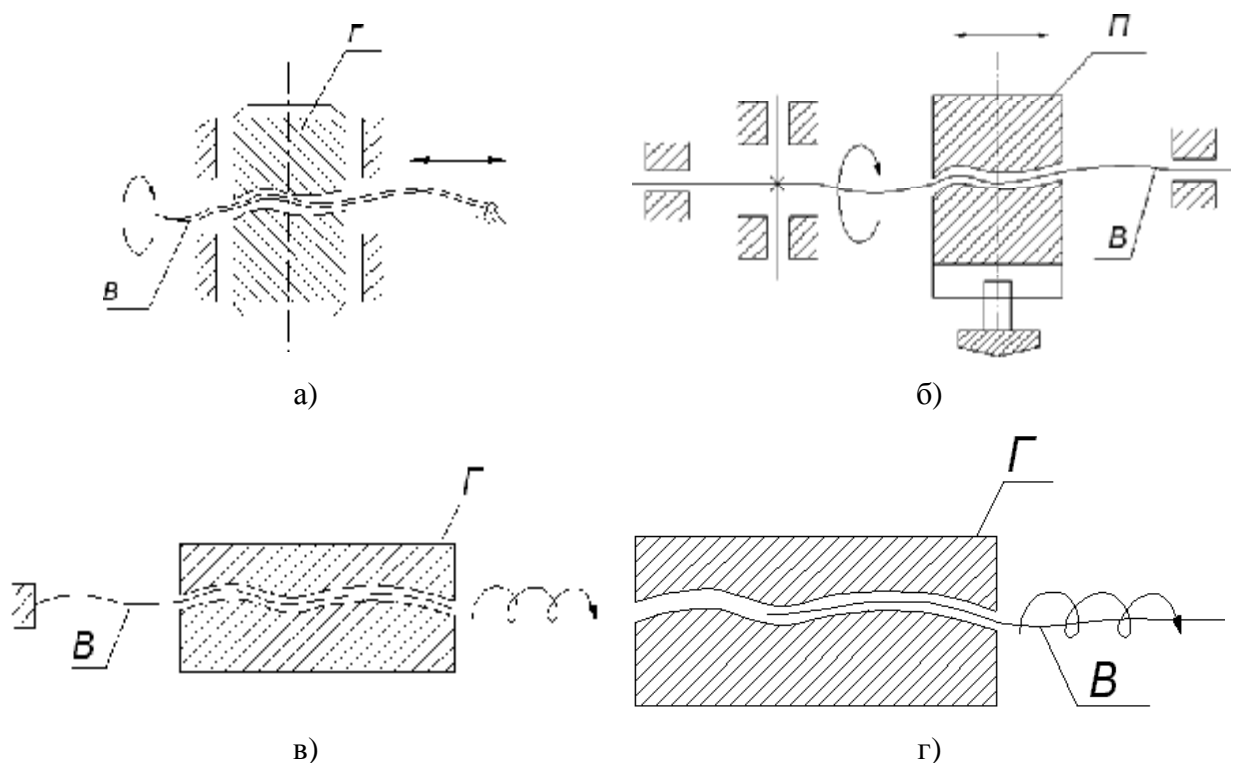


Рис. 5.5. Гвинтові механізми: а – обертання гайки перетворюється в поступальний рух

гвинт; б – обертання гвинта перетворюється в поступальний рух гайки; в – нерухомий гвинт – гайка перебуває у гвинтовому русі; г – нерухома гайка – гвинт перебуває у гвинтовому русі

По призначенню гвинтові механізми поділяють на силові й кінематичні. Силові призначені для значних навантажень. Вони повинні мати високий ККД і достатню міцність різьблення. У силових механізмах застосовують трапецієдальні або прямокутні різьблення.

Кінематичні механізми застосовуються для точних переміщень. У них повинні бути відсутніми мертві ходи за рахунок зазорів у різьбленнях. У кінематичних механізмах застосовують, як правило, метричне різьблення.

Для збільшення точності застосовують диференціальні гвинтові механізми з малим передатним відношенням. Диференціальні механізми складаються із двох співвісних гвинтів з різними кроками S_1 і S_2 (рис. 5.6). У цьому випадку лінійне переміщення вихідного гвинта 2 за один оберт провідної ланки гайки 3 буде $a = S_1 - S_2$.

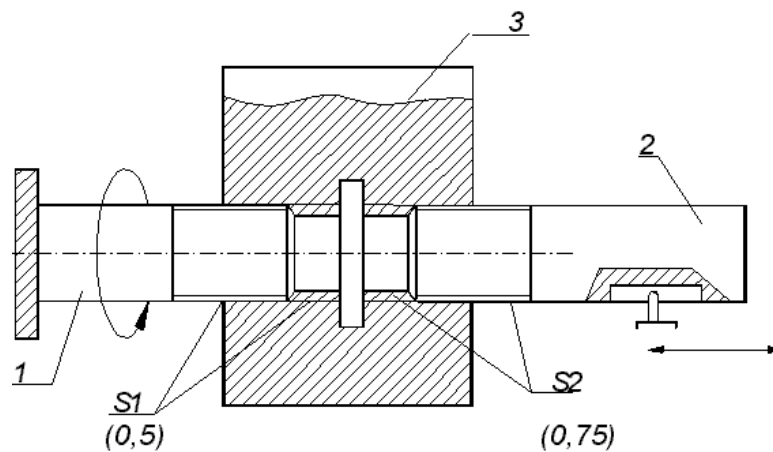


Рис.5.6. Диференціальні механізми: 1 – гвинт; 2 – вихідний гвинт; 3 – гайка

Для зменшення мертвого ходу застосовують гайки із пружинним підтягуванням або вводять спеціальні пружини, що забезпечують постійне осьове зусилля (рис. 5.7).

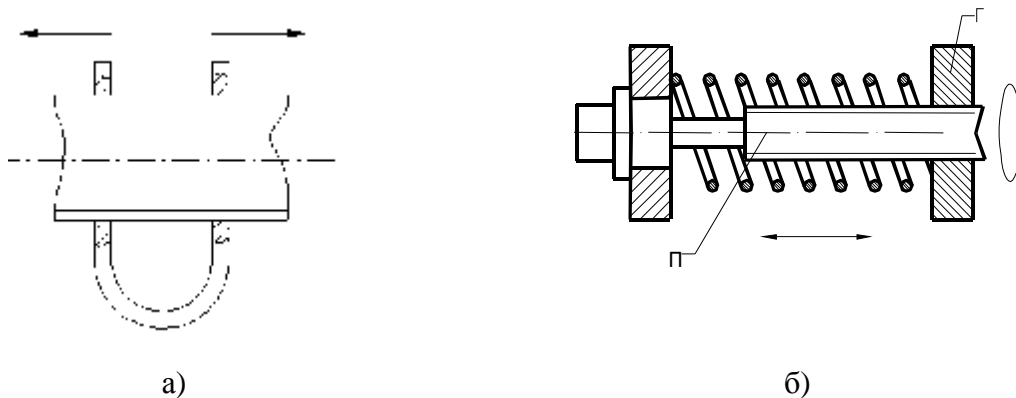


Рис. 5.7. Усунення метрового ходу: а – розрізана гайка забезпечує пружний притиск до стінок зубців; б – пружина П забезпечує однібічний притиск на гайку Г

5.1.6 Механізми переривчастого руху

Механізми переривчастого руху застосовують для перетворення обертального, рівномірного руху в переривчасте з періодичними зупинками заданої тривалості. До механізмів, що здійснюють переривчастий рух, відносяться мальтійські та храпові механізми.

Мальтійський механізм (рис. 5.8) складається з обертового кривошипа 1, з пальцем 2, що входить у пази мальтійського хреста 3; кривошип 1 нерухомо закріплений відносно ведучої ланки 4. При обертанні кривошипа 1 його палець 2 послідовно входить у кожний із чотирьох пазів і повертає хрест 3 на 1/4 обороту.

Для фіксації положення хреста 3 під час зупинки використовують сполучення поверхні хреста й диска (секторний замок) 5. Виріз 5 на диску дозволяє повертатися хресту під час знаходження пальця в прорізі.

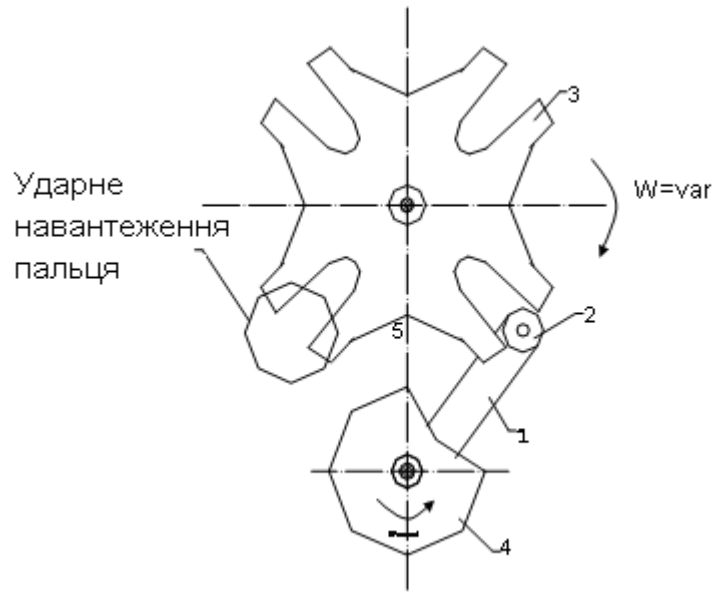


Рис. 5.8. Мальтійський механізм: 1 – кривошип; 2 – палець; 3 – паз мальтійського хреста; 4 – ведуча ланка; 5 – секторний замок

Храпові механізми (рис. 5.9) використовуються для перетворення коливального руху ведучої ланки в обертальний або поступальний рух веденої ланки. Найпоширеніші зубчасті й фрикційні храпові механізми. *Фрикційні механізми* застосовуються при середніх і великих кутових швидкостях провідної ланки, тому що в них за рахунок ковзання зм'якшуються поштовхи при вмиканні й вимиканні веденої ланки. Вони відрізняються підвищеною точністю фіксації положення в порівнянні із зубчастими механізмами, які мають великий мертвий хід і використовуються при менших кутових швидкостях, тому що їхнє вмикання супроводжується ударами собачки 1 по зубцях храпового колеса 2.

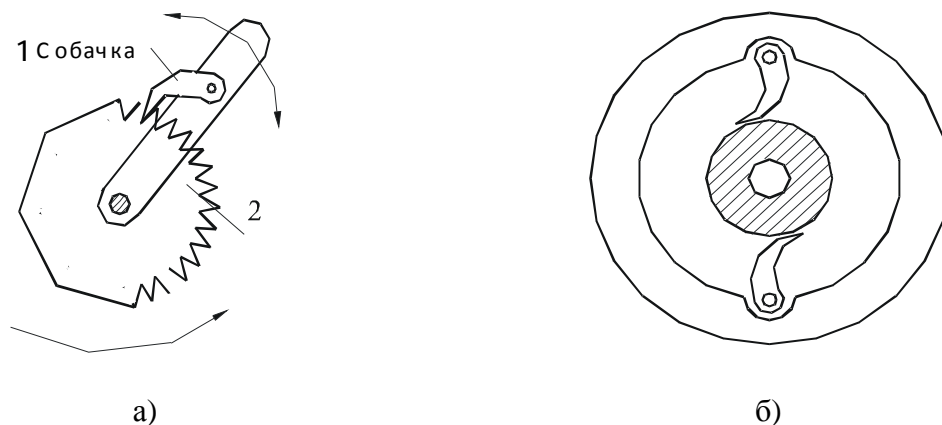


Рис.5.9. Храпові механізми: а – зубчастий механізм; б – фрикційний; 1 – собачка; 2 –храпове колесо

5.1.7 Зубчасті механізми

5.1.7.1 Призначення

Зубчасті механізми використовуються головним чином для передачі потужності від ведучого валу до веденого з перетворенням переданих швидкостей і моментів. Передача руху може виробляється паралельними, перехресними, пересічними осями валів, а також з перетворенням обертового руху в поступальний і навпаки.

Найпростіший зубчастий механізм, що складається з 2-х зубчастих коліс і стійки називається, *зубчастою передачею*. Ланка зубчастої передачі з меншим числом зубів називається *шестірнею*, а з більшої –*колесом*.

По числу шаблів або зубчастих пар механізми діляться на: одноступінчасті, двоступінчасті й т.д.

Основною кінематичною характеристикою зубчастого механізму є передаточне відношення, рівне відношенню кутової швидкості ведучого зубчастого колеса ($\omega_{вед}$) до кутової швидкості веденого ($\omega_{вдм}$):

$$i_{вед,вдм} = \frac{\omega_{вед}}{\omega_{вдм}}.$$

У розрахунках зубчастих передач замість передаточного відношення використовується передаточне число U , рівне відношенню числа зубів колеса (Z_2) до числа зубів шестірні (Z_1), без обліку яка з ланок механізму є ведучою:

$$U = \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Зубчасті механізми в порівнянні з іншими видами передавальних механізмів відрізняються компактністю, високим ККД, сталістю передаточного відношення, надійністю роботи й великою довговічністю.

Недоліки зубчастих механізмів: складність виготовлення, неможливість безступінчастого регулювання передатного відношення, вібрації й ударні навантаження, необхідність змащення.

5.1.7.2 Основні типи зубчастих зачеплень

Найбільше повно вимогам зубчастих зачеплень відповідає евольвентний профіль зубів (рис. 5.10), тому таке зачеплення стандартизоване й одержало переважне поширення в машино- і приладобудуванні.

Профіль зубів в евольвентному зачепленні утвориться траєкторією руху точки, що перебуває на прямій $n-n'$ при її перекочуванні без ковзання по окружності, що називають *основний* або що *розгортається*.

Евольвентний профіль зуба [16] може бути отриманий методом обкатування, при якому різальним інструментом є рейка. При цьому процесі нарізування евольвентного профілю утвориться як огинаюча ряду послідовних положень прямолінійного профілю зуба рейки.

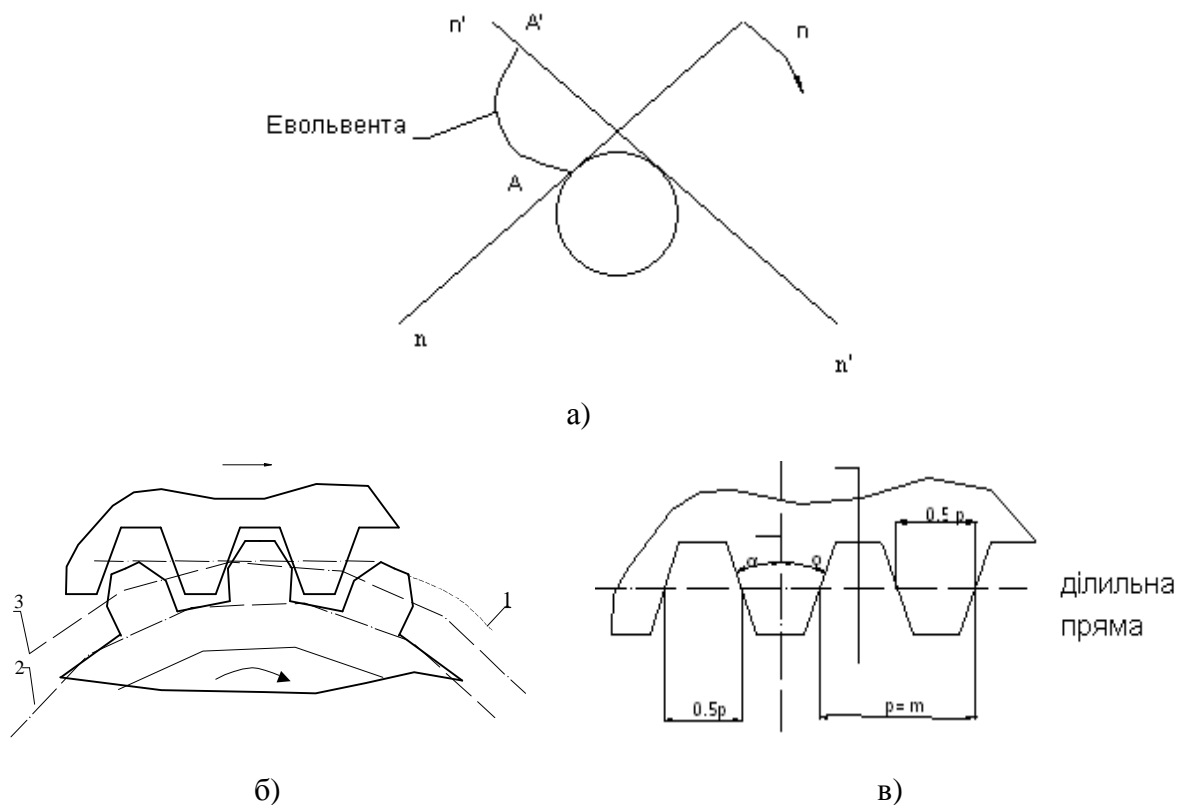


Рис. 5.10. Утворення евольвентного профілю: а – перекочування прямої;
б – нарізування рейкою; в – параметри рейки

У відповідності зі стандартом, профіль рейки являє собою симетричні зуби, що чергуються, і западини трапецеїдальної форми з кутом профілю $\alpha = 20^\circ$. Діаметр ділильної окружності d :

$$d = pz/\pi = mz,$$

де p – крок; z – число зубів; m – модуль зубчатого колеса.

Лінія, по якій товщина зуба виступу дорівнює ширині западини називається *ділильною прямою* (рис. 5.10 в).

Відстань p по ділильній прямій між профілями сусідніх зубів називається *кроком* зубів вихідного контуру. Крок зубів і всі інші параметри зубчастого зчеплення виражаються через модуль $m = p/\pi$. Значення модуля стандартизовані й становлять ряд $m = 0,05; 0,06; \dots$ [мм].

Окружність, по якій відбувається кочення колеса щодо ділильної лінії рейки називається ділильною окружністю 3 (рис. 5.10 б). Вона є базовою для визначення параметрів зубів. Окружність, що описує вершини зубів називається *окружністю вершин* 1, а окружність, що відокремлює зуби від тіла зубчастого колеса називається *окружністю западин* 2. Для підвищення точності, міцності й плавності передач застосовують косозубі передачі, у яких лінія зуба нахилена до утворюючого ділильного циліндра на кут β . Для нарізування косих зубів використовують інструмент такого ж профілю, але повернений щодо заготовки на кут β .

У приладобудуванні найпоширеніші дрібномодульні від 0.1 до 0.8 евольвентні передачі, крім цього застосовують інші види зачеплення. Приклади зображення зубчастих передач на кресленнях показано на рис. 5.11.

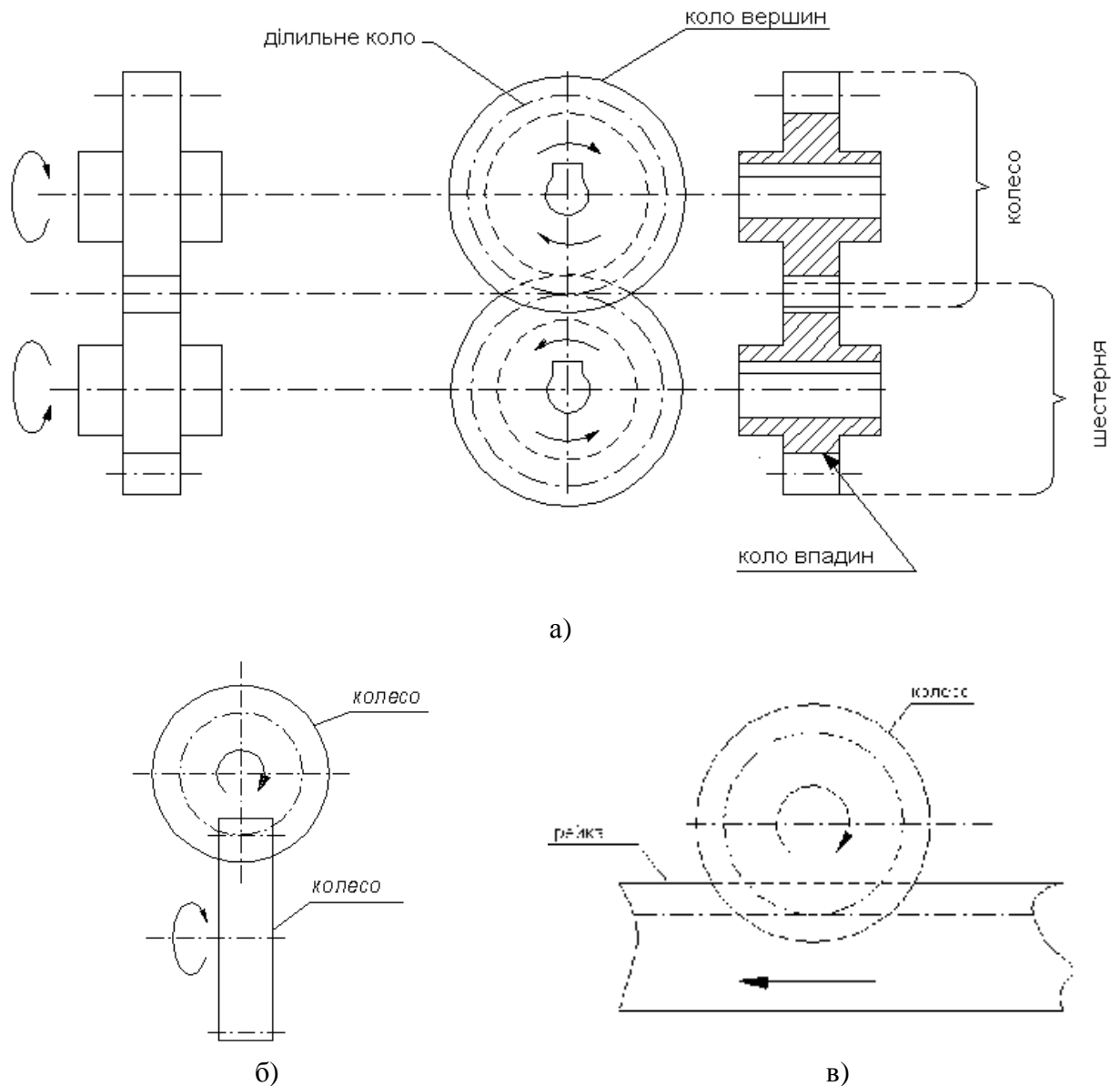


Рис. 5.11. Приклади зображення зубчастих передач на кресленнях: а – циліндрична зубчаста передача з паралельними осями; б – циліндричні зубчасті передачі з перехресними осями; в – передача колесо-рейка

Цівочне зачеплення. У цьому зачепленні зуб шестірни заміняється циліндром, що називається *цівкою*, а зуби колеса мають спрощений профіль (рис. 5.12). Цівочне зачеплення має великі бічні зазори, його застосовують у невідповідальних механізмах, що працюють із низькими швидкостями в умовах підвищеного забруднення.

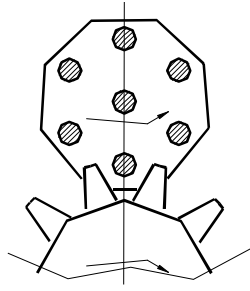


Рис.5.12.Цівочное зачеплення

Кульове зачеплення. Застосовують для передачі обертання між осями, що перетинаються або схрещуються під будь-якими кутами від 0° до 180° (рис. 5.13). Його використовують у тих випадках, коли кут між осями є незалежною змінною й у процесі роботи може змінюватися в значних межах.

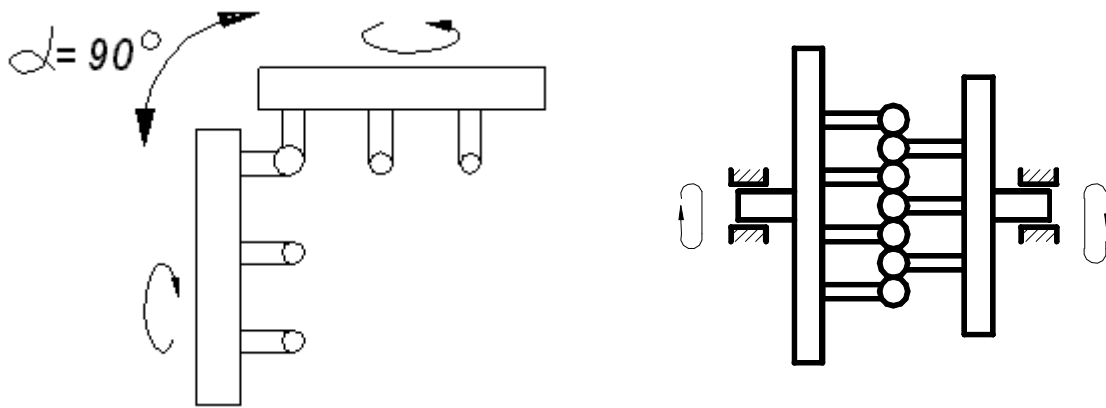


Рис.5.13. Кульове зачеплення

Гостре (бархатне) зачеплення. Застосовують у приладах, коли потрібне миттєве вмикання або вимикання зубчастих механізмів; колеса виконують із великим числом зубів (до 300) при малому модулі (рис. 5.14).

Різні варіанти зубчастих коліс показано на рис. 5.15, креслення зубчастого колеса – на рис. 5.16.

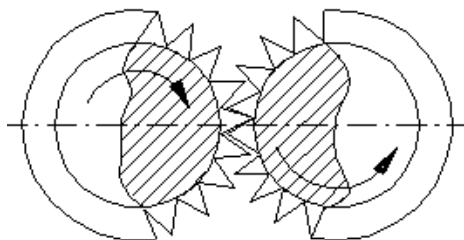


Рис.5.14. Гостре зачеплення

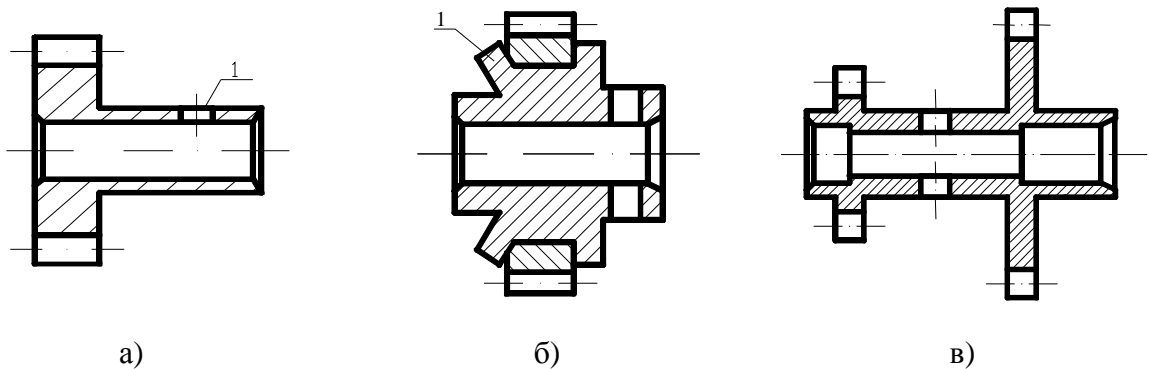
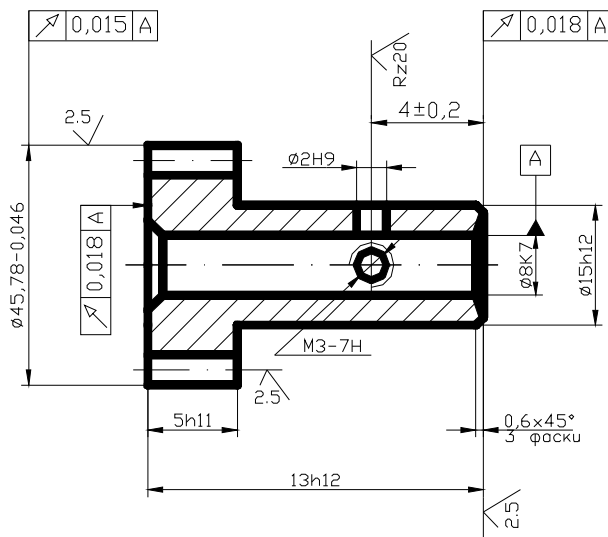


Рис.5.15. Різні варіанти зубчастих коліс: а – просте; 1-1 – отвір для штифта;
б – складене; 1-1 – розвальцовати; в – блок зубчастих коліс



Модуль	m	
Число зубів	Z	
Кут нахилу зуба	β	
Напрямок зуба	-	
Вихідний контур	-	
Коефіцієнт зсуву Вихідного контуру	X	
Ступінь точності	-	
Дільний діаметр	d	

Рис. 5.16. Креслення зубчастого колеса

Складні зубчасті механізми. Пара зубчастих коліс збільшує або зменшує кутову швидкість не більш ніж в 10-15 разів. Щоб забезпечити більше передаточне відношення, змінити напрямок обертання або скласти декілька, обертових рухів застосовують складні кінематичні ланцюги, що складаються з декількох послідовно або паралельно з'єднаних зубчастих пар (рис. 5.17). Рядові зубчасті механізми використовують для зміни напрямку обертання й передачі руху між паралельними осями, що перебувають на

порівняно більших відстанях, а також для передачі руху від одного ведучого валу на ряд ведених.

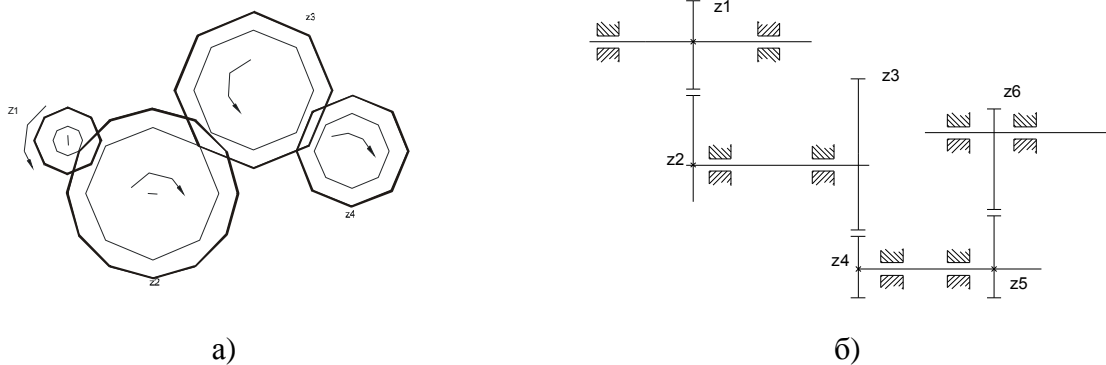


Рис.5.17. Зубчасті механізми: а – рядовий; б – східчастий

Передаточне відношення рядового механізму $i_{1,4}$ (з першого колеса на останнє) дорівнює[16]:

$$i_{1,4} = i_{1,2} \cdot i_{2,3} \cdot i_{3,4} = \left(\frac{-z_2}{z_1} \right) \cdot \left(\frac{-z_3}{z_2} \right) \cdot \left(\frac{-z_4}{z_3} \right) = \frac{-z_4}{z_1} ,$$

де z_1, z_2, z_3, z_4 – кількість зубів відповідного зубчастого колеса.

Проміжні зубчасті колеса не впливають на передаточне відношення. Такі колеса (z_2, z_3) називають паразитними. Вони потрібні для збільшення міжцентрової відстані й для відгалуження обертового моменту.

У східчастих зубчастих механізмах на кожному проміжному валу жорстко закріплено два колеса. Загальне передаточне відношення $i_{1,6}$ дорівнює:

$$i_{1,6} = i_{1,2} \cdot i_{3,4} \cdot i_{5,6} = \left(\frac{-z_2}{z_1} \right) \cdot \left(\frac{-z_4}{z_3} \right) \cdot \left(\frac{-z_6}{z_5} \right) = \left(\frac{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6}{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5} \right) .$$

На величину $i_{1,6}$ впливають числа зубів всіх коліс передачі, що дозволяє одержати дуже велике передаточне відношення (кілька тисяч).

Модулі окремих щаблів можуть бути різними. Якщо їхній вибір визначається міцністю зуба, то модуль тихохідних щаблів більше чим швидкохідних, тому що при передачі потужності зі збільшенням зменшенням

кутової швидкості зростає переданий обертаючий момент і отже збільшуються сили, що діють на зуб відповідного колеса.

Для зменшення габаритних розмірів складених зубчастих механізмів застосовують співвісні передачі (рис. 5.18). Осі механізму закріплені нерухомо, а на них вільно обертаються.

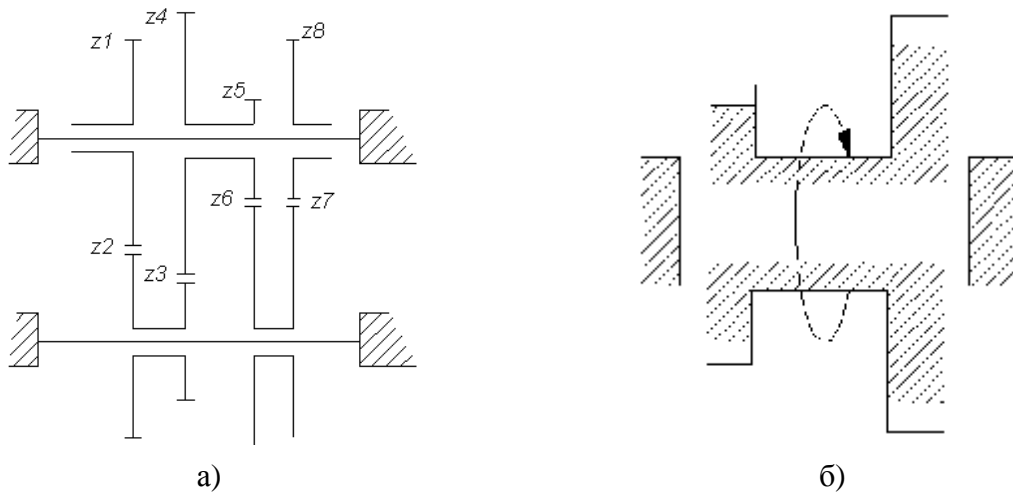


Рис.5.18. Співвісні передачі: а – схема; б – блок коліс

Планетарні зубчасті механізми. Передачі, у яких положення осей окремих зубчастих коліс міняються й колеса перебувають у складному русі, що складається із двох обертових рухів навколо паралельних осей називаються планетарними (рис. 5.19), а колеса з рухливими осями – сателітами.

У планетарних механізмах одержують більші передаточні числа при малих габаритних розмірах і зручному компонованні ланок. Для роботи механізму з одним ступенем волі одне з коліс z_1 або z_3 повинне бути закріплене нерухомо. Ведучим у механізмі може бути водило, колесо z_1 або z_3 . Основною умовою роботи планетарного механізму є рівність:

$$z_2 = \frac{z_3 - z_1}{2} .$$

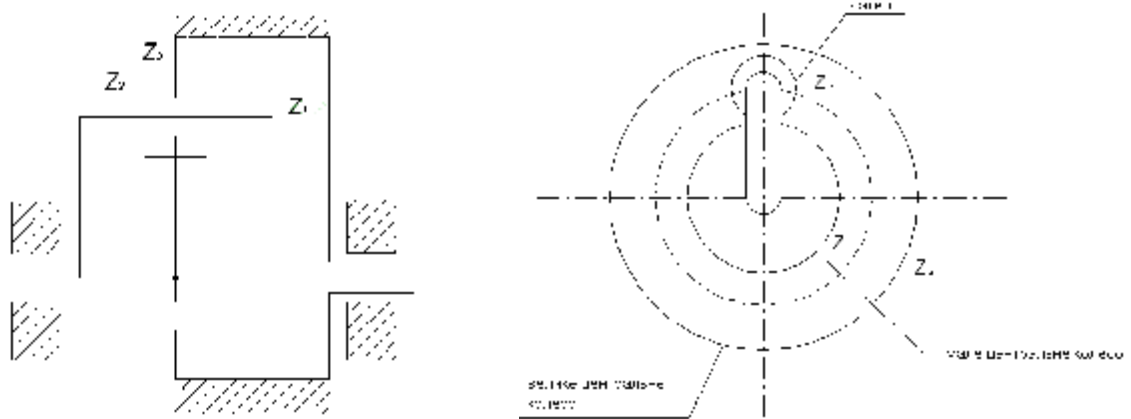


Рис. 5.19. Схема планетарного механізму

Основні режими роботи:

- передача працює як мультиплікатор, коли провідною ланкою є водило;
- максимальне передатне відношення реалізується, коли нерухливою ланкою є велике колесо z_3 ;
- передача працює як редуктор, якщо водило є веденим;
- передаточне відношення мінімально, якщо нерухливою ланкою є нерухливе колесо z_3 .

Хвильові зубчасті механізми. У хвильових механізмах обертання передається й перетворюється до циклічних порушень хвиль деформації в гнучкій ланці. Провідною ланкою є водило, а веденим – одне із зубчастих коліс (рис. 5.20).

При обертанні водила, гнучке колесо z_1 деформується, входить окремими ділянками в зачеплення з нерухливим зубчастим колесом z_2 , у результаті цього гнучке колесо z_1 одержує обертання, напрямком якого може збігатися й не збігатися з напрямком руху водила. Якщо різниця чисел зубів коліс z_1 і z_2 дорівнює двом, то відносний зсув зубів при переході із зони А в зону Б буде становити половину окружного кроку, тобто $P/2$. При повороті водила на 360° відносний зсув зубів коліс z_1 і z_2 складе $2P$, що викличе поворот гнучкого колеса на два зуби.

Хвильові зубчасті механізми мають більші передаточні відносини (одна ланка до 250), високий ККД (0,9) і великий діапазон переданих потужностей 0,02-3000 кВт, а також високу плавність ходу.

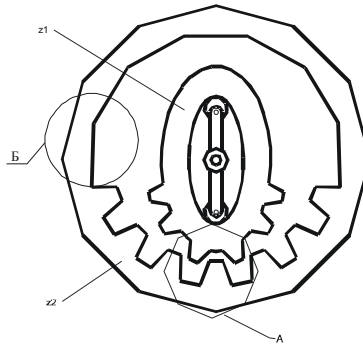


Рис.5.20. Хвильовий зубчастий механізм

5.1.8 Черв'ячні механізми

Черв'ячні передачі застосовуються для передачі руху між перехресними валами (рис. 5.21). У порівнянні із зубчастими передачами, дають можливість у значно більших межах змінювати кутові швидкості, забезпечують плавність і безшумність[2].

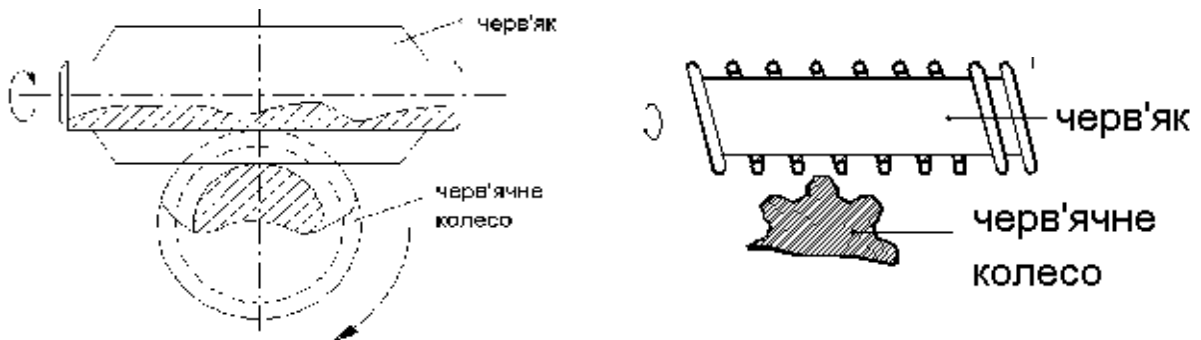


Рис.5.21. Черв'ячні механізми

5.1.9 Фрикційні механізми

Фрикційні механізми (рис. 5.22) служать для передачі руху і його перетворенні по швидкості й виду за рахунок сил тертя, що виникають між

провідними й веденими ланками; здійснює передачу обертання між валами з паралельними й пересічними осями й перетворює обертовий рух у поступальний[16].

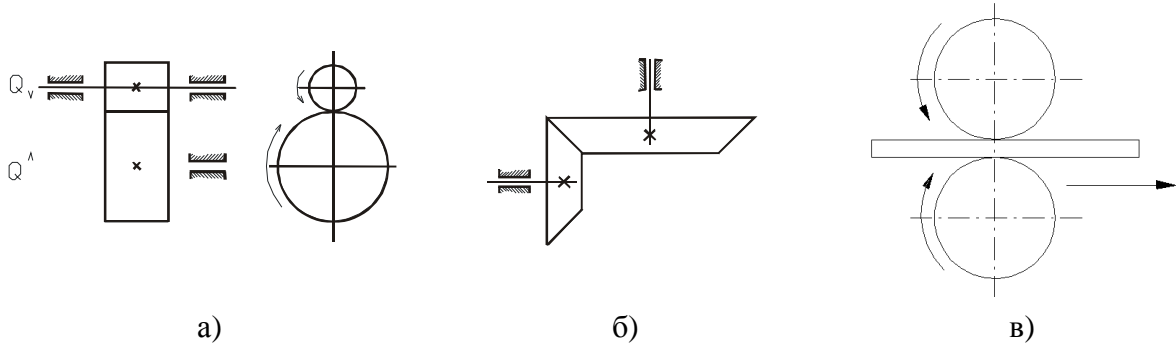


Рис.5.22. Фрикційні механізми: а – з паралельними осями; б – з перехресними осями; в – перетворення обертального руху в поступальний

У порівнянні із зубчастими передачами, фрикційні передачі простіші у виготовленні й не бояться перевантажень.

Недоліки фрикційних механізмів:

- необхідність докладання великих сил (Q), значно перевищуючих корисне навантаження. Звідси великі навантаження на вали й опори;
- низька кінематична точність внаслідок прослизання.

Фрикційні механізми дозволяють здійснити плавне регулювання швидкості й зміни напрямку обертання.

Велику групу фрикційних передач з жорсткими тілами складають фрикційні варіометри (рис. 5.23). Їх широко застосовують в напівавтоматизованих приводах для регулювання швидкості робочого органу по заданому закону.

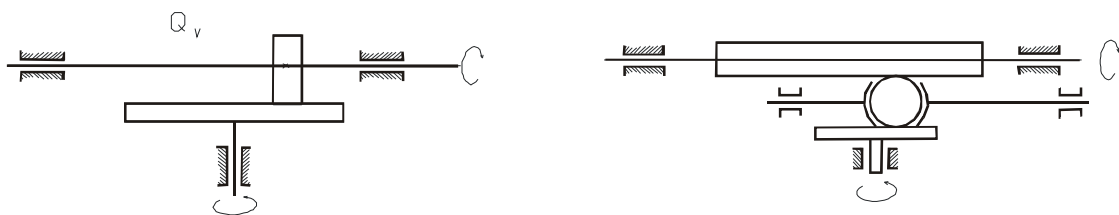


Рис. 5.23. Варіометри

5.2 Вали, осі, опори рухливих систем приладів

5.2.1 Вали й осі

Валом називають деталь яка служить для передачі обертального моменту й одночасно є базою рухливої обертової системи (рис. 5.24).

Під *віссю* розуміють деталь не передавального обертального моменту, але фіксуюче положення геометричної осі обертання рухливої системи.

Осі обертаються разом з деталями або закріплені нерухомо, вони можуть бути навантажені згинальними моментами (осьовими силами). Вали навантажені згинальними моментами, піддаються діям обертального моменту, на них діють осьові сили.

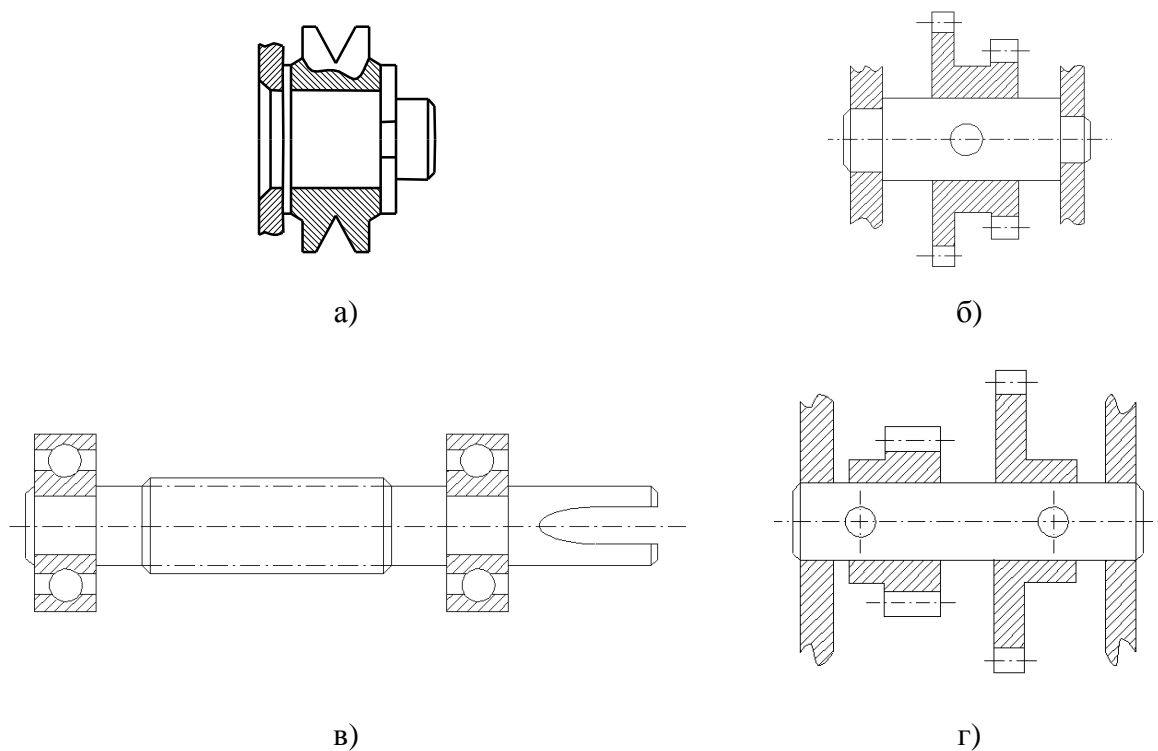


Рис.5.24. Вали й осі: а – ролик посаджений на вісь, тому не передається обертальний момент; б – момент передається з одногозубчастого колеса на інше; момент на вісь не передається; в – вал із черв'яком передає обертальний момент; г – вал з насадженими на ньогозубчастими колісьми

Опори та направляючі – пристрої, що забезпечують заданий відносний рух елементів (рис. 5.25). Вони мають бути міцними, жорсткими,

зносоустійкими, мати високу довговічність, низьку віброактивність, малі габаритні розміри та вартість[2].

Ділянки осей і валів дотичні з опорами називають *цапфами*. Цапфи піддаються дії опорних реакцій радіального напрямку й розташовані на кінцях валу, називають *шипами*, а цапфи розташовані в середній частині валу називають *шейками*.

Цапфи, що сприймають опорні реакції осьового напрямку називають п'ятами.

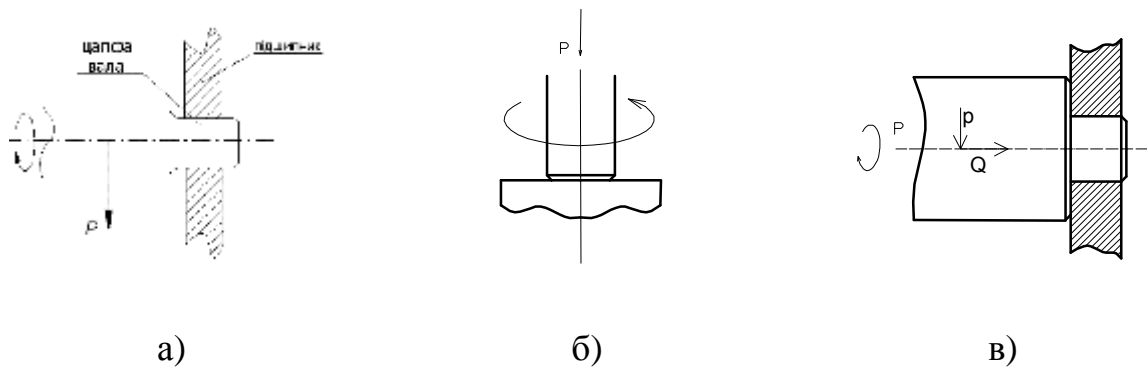


Рис.5.25. Опори: а – сприймає радіальні навантаження; б – сприймає осьові навантаження; в – сприймає комбіновані навантаження

Осі й вали для забезпечення достатньої міцності при мінімальній масі виконують сфідчастої форми, що наближається до форми тіла з рівним опором вигину у всіх перетинах.

5.2.2 Опори з тертям ковзання

Циліндричні опори (рис. 5.26) відрізняються простотою виготовлення, високою міцністю й зносоустійкістю, можуть сприймати радіальні, осьові й комбіновані навантаження, допускає роботу у великому діапазоні швидкостей і навантажень у режимі низького тертя й без змащення[17].

При конструюванні осьових опор (п'ят), необхідно враховувати, що суцільна плоска п'ята (рис. 5.27 а) сприймає значні осьові навантаження, але

працює при малих швидкостях. Основний недолік - нерівномірне зношування через великий перепад швидкостей на поверхні. При більших швидкостях обертання використовують кільцеву п'яту (рис 5.27 б), зношування робочої поверхні якої більше рівномірний. При невеликих осьових навантаженнях застосовують сферичні п'яти (рис. 5.27в).

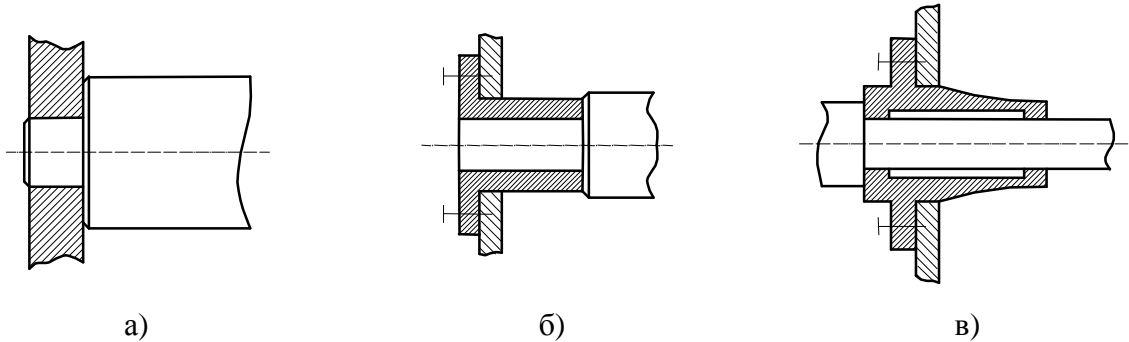


Рис.5.26. Опори з тертям ковзання: а – опора ковзання; сприймає осьові навантаження, виконується в товстому корпусі; ремонт ускладнений; б – опора з підшипниковою втулкою для тонкостінних корпусів; легко замінюється; в – підшипникова втулка; більша твердість при консольному закріпленні валу

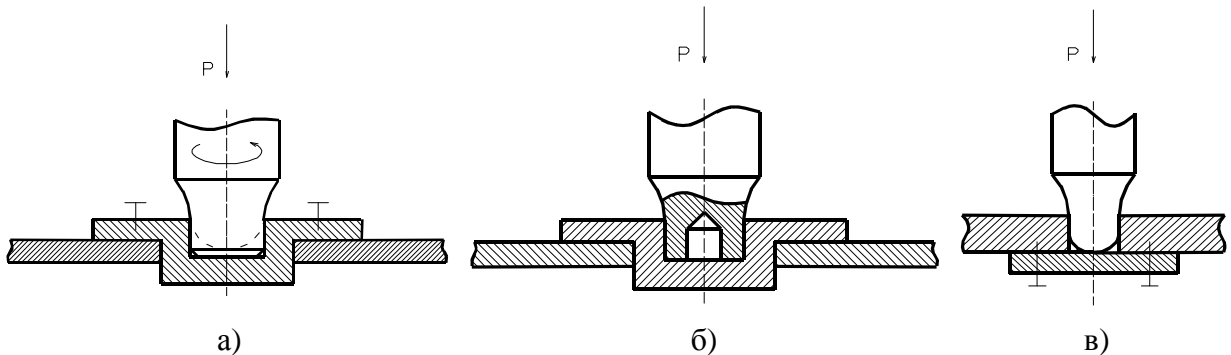


Рис. 5.27. Осьові опори: а – суцільна плоска п'ята; б – кільцева п'ята; в – сферична п'ята

Конічні опори. Одним з недоліків, що обмежують застосування циліндричних опор у прецизійних механізмах, є неможливість точного центрування, внаслідок гарантованого зазору. Цей недолік відсутній у конічних опорах (рис. 5.28), що представляють собою однобічне конічне сполучення цапфи із втулкою.

Конічні опори можуть сприймати й радіальні, і осьові навантаження.

Конічні опори є самоустановлювальні і є зносостійкими, тому що при зношуванні тільки опускаються.

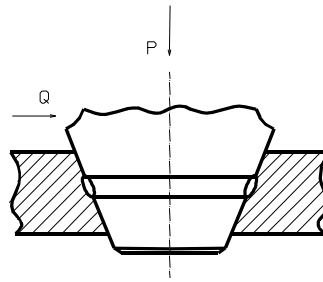


Рис. 5.28. Конічна опора

Опори на центрах (рис. 5.29). Ці опори є різновидом конічних опор, їх виконують у вигляді двосторонніх сполучень конічних цапф (центрів) з підшипниками, що мають роззенковані циліндричні отвори.

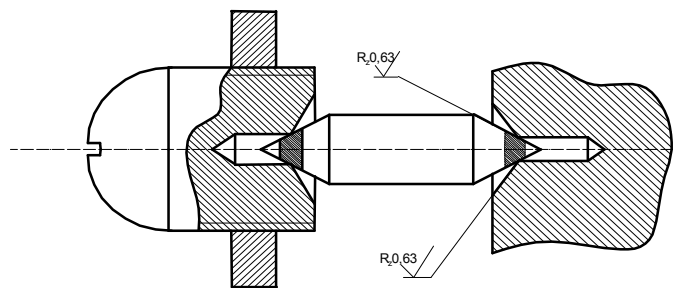


Рис. 5.29. Опора на центрах

Контакт відбувається з підшипником по конічній поверхні малої довжини, тому опори швидко зношуються й можуть працювати тільки при невеликих навантаженнях. Опори робляться регульованими, для вибірки зазору, що з'являється при експлуатації, поверхні центрів обов'язково загартовують до HRC 50...60.

Підшипники роблять із бронзи, а у відповідальних випадках зі штучного рубіна або агата.

5.2.3 Кульові опори

Кульові опори – це опори, робоча поверхня яких являє собою пояс кульової форми (рис. 5.30). Їх застосовують у тих випадках, коли в процесі роботи або регулювання механізму рухлива система крім обертання навколо своєї осі може повертатися навколо опорного вузла на деякий кут[2].

Кульові опори дозволяють точно фіксувати положення осі, але швидко зношуються і їх застосовують при невеликих швидкостях обертання.

Залежно від значення й характеру діючих сил сферична цапфа сполучається із циліндричною, конічною або сферичною втулкою.

Для вибору зазору в сполученні одну з опор виконують регулюючою. Кульову цапфу й конічну втулки виконують зі сталі В10, В12 з наступним загартуванням і поліруванням.

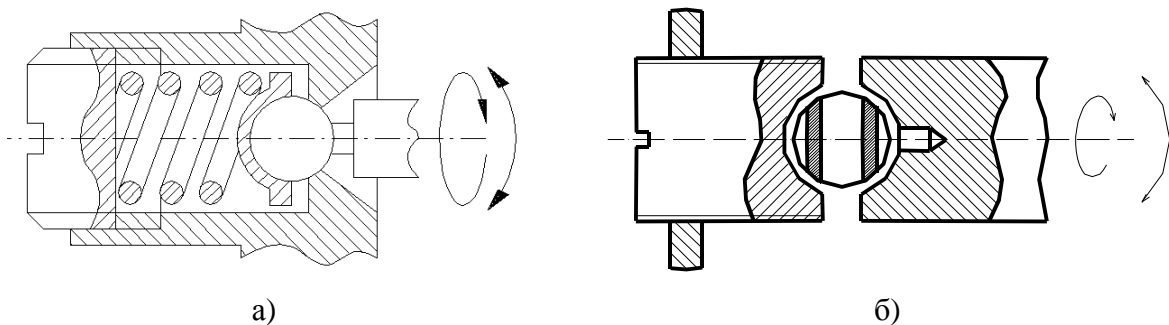


Рис.5.30. Кульові опори: а – плаваюча кульова опора; б– використання як опори шарикопідшипника

Загвинчування регульовального гвинта приводить до вибірки зазору, або до збільшення сили притиску.

5.2.4 Опори на кернях

Опори на кернях застосовують у вимірювальних приладах, коли потрібно забезпечити мінімальний момент тертя при невисокій точності фіксації положення осі рухливої системи приладу.

Керн опирається на подушку 2 рис 5.31.(а) із внутрішньою сферичною поверхнею більшого радіуса. Зменшення моменту тертя в такій опорі забезпечується зменшенням радіуса закруглення керна, але при цьому знижується навантажувальна здатність опори. Опори на кернах застосовують при вертикально розташованих осях як сферичний підп'ятник, навантаженого осью силою P рис 5.31.(в).

У більшості випадків керн виготовляють окремо від осі рис 5.31 (б), з високолегованої сталі, гартують і полірують. Як подушки звичайно використовують кам'яні підрядники з рубіна, корунду або агата. Подушки запресовують або завальцьовують у втулках на платах приладів.

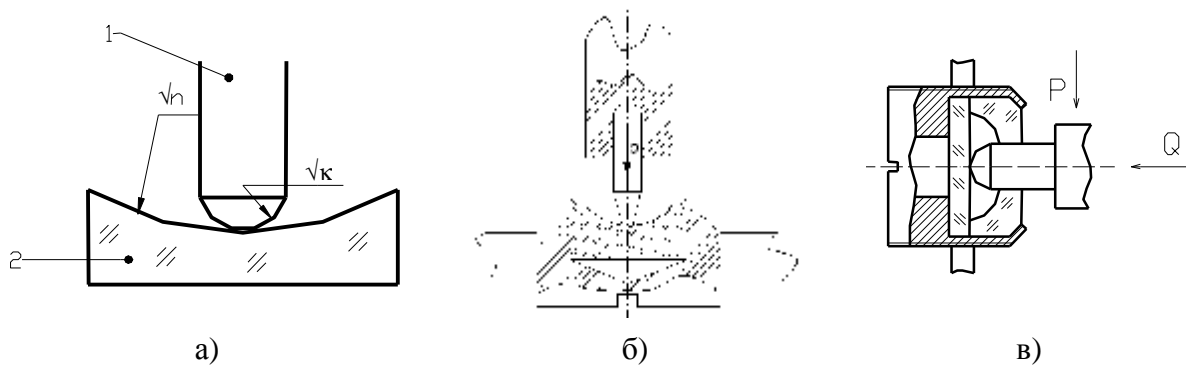


Рис.5.31.Опори на кернах: а – $r_k \ll r_n$, $r_k = 5-6 \text{ мкм}$; б – керн виготовлений з високо легованої сталі й запресований у кінець осі; в – сприймає комбіновані навантаження (P , Q)

5.2.5 Ножові опори

Ножові опори ставляться до опор тертя катання [16]. Їх застосовують у приладах, рухлива система яких перебуває в коливальному русі. При таких коливаннях ножа 1 його робоча крайка перекочується по поверхні подушки 2 рис 5.32.

Чим менше радіус закріплення ножа і його кут відхилення, тим з більшою точністю можна вважати, що тертя, що виникають в опорі, є тертям катання.

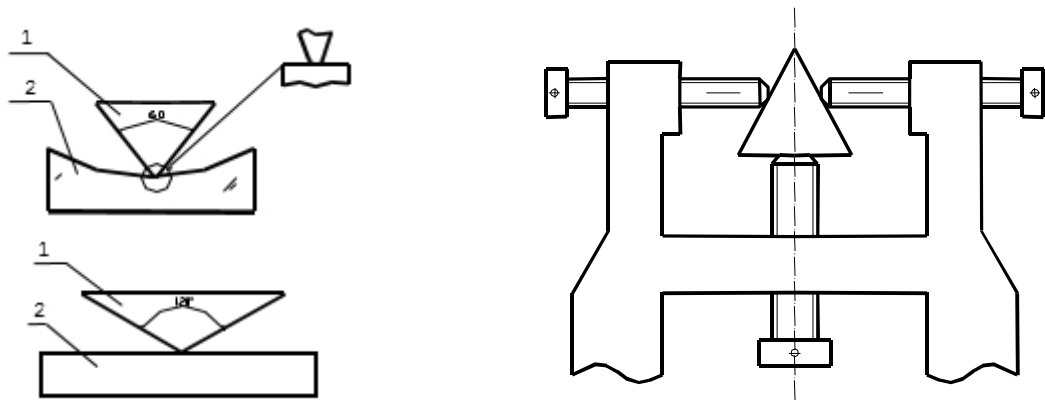


Рис.5.32. Ножові опори: 1 – ніж; 2 – подушка

5.2.6 Опори з тертям катання

Застосування підшипників кочення як напрямні для обертового руху рухливих систем приладів, забезпечує зменшення моменту тертя в порівнянні з опорами кочення в 5-10 разів, сприйняття значних навантажень, як радіальних так і осьових, високу точність центрування, малу різницю між пусковим і сталим моментом тертя, підвищену зносостійкість, можливість зручної заміни вузлів підшипника при ремонті.

Підшипники кочення класифікують:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| По виду сприйманого навантаження: | а) радіальні;
б) радіально-упорні;
в) упорні. |
| За формою тіл кочення: | а) кулькові;
б) роликові;
в) голчасті. |
| По конструктивних особливостях: | а) стандартні;
б) насипні. |

Види підшипників в залежності від сприйманого навантаження показано на рис. 5.33, а конструктивні розміри підшипника – на рис. 5.34

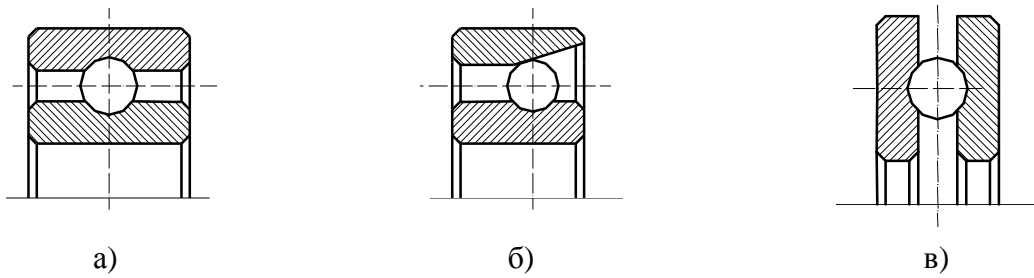


Рис.5.33. Види підшипників: а – радіальні; б – радіально-упорні; в – упорні

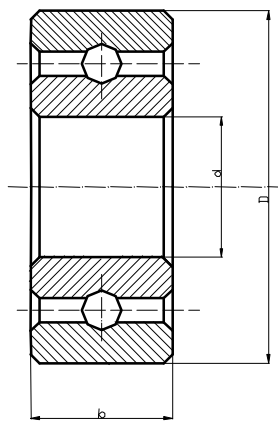


Рис.5.34. Конструктивні розміри підшипника

Залежно від розмірів D і b при тому самому внутрішньому розмірі d стандартні підшипники розрізняють по серіях:

- надлегка;
- особливо легка;
- легка;
- середня;
- важка.

Вибір серії підшипника залежить від сприймаючих навантажень. У приладобудуванні, де насамперед важливий малий момент тертя, а не навантажувальна здатність, застосовують підшипники легких серій.

По точності виготовлення, шорсткості поверхонь і значенню зазорів у сполученні, шарикопідшипники виготовляють п'яти класів точності: 0, 6, 5, 4,

2, (у порядку зростання точності). У приладобудуванні велике поширення одержали підшипники 4, 5 і 6 класів. Для нормальної роботи шарикопідшипника дуже важливий вибір квалітету й посадки при монтажі внутрішніх і зовнішніх кілець. Рекомендації надано в табл. 5.1

Таблиця 5.1

Вибір квалітету і класу підшипника

Клас підшипника	Квалітет посадкового місця	
	на валу	у корпусі
0	6	7
6	6	7
5	5	6
4	5	6

З метою скорочення номенклатури підшипників їх виготовляють із постійним для обраного класу точності відхиленням на діаметри що сполучаються. Посадку внутрішнього кільця на вал d здійснюють по системі отвору, а посадку зовнішнього кільця в корпус приладу D по системі валу.

Вибір типу посадки залежить від того:

- чи обертається кільце або воно нерухливо;
- від значення й характеру навантаження;
- від швидкості обертання підшипника, від умов монтажу.

Способи кріплення підшипників на валу й у корпусі показано на рис. 5.35, одиничні випадки кріплення – на рис. 5.36.

З'єднання обертової деталі при динамічних навантаженнях виконується по посадках $n(N)$ або $m(M)$, тому що при посадках інших типів може відбутися провертання. При спокійних навантаженнях використовуються посадки $k(K)$ або $h(H)$.

Для зменшення габаритних розмірів вузла підшипника в приладобудуванні часто застосовують малогабаритні підшипники без внутрішнього, а іноді й без зовнішнього кілець (насіпні підшипники). При цьому роль внутрішнього колеса виконує цапфа, а зовнішнього – гніздо в платі приладу. Такий підшипник зображений на рис 5.37.

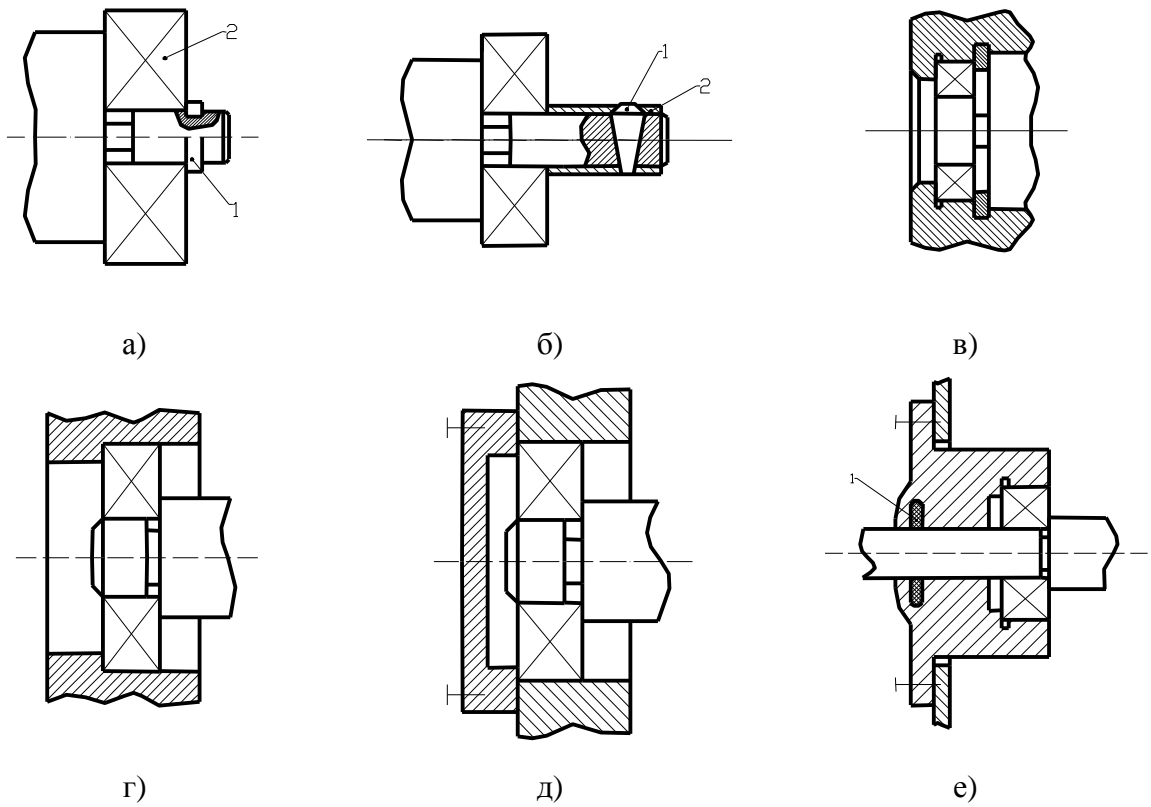


Рис.5.35. Способи кріплення підшипників на валу й у корпусі: а – кріплення підшипника розрізним кільцем 1, яке встановлюється у проточку валу; б – кріплення підшипника кільцем 2 і конічним штифтом 1; в – кріплення підшипника у корпусі розтискним кільцем, що заповнює спеціальну канавку; г – установка підшипника в розпір з упором у товстостінний корпус; корпус робиться товстим, щоб установити підшипник зовнішнього кільця підшипника; д – установка підшипника в розпір з фіксацією по осі кришкою; корпус повинен бути товстостінним, щоб забезпечити посадку зроблено ущільнення виходу; е – кріплення підшипника в тонкостінному корпусі; Для кріплення використовується втулка куди встановлюється підшипник

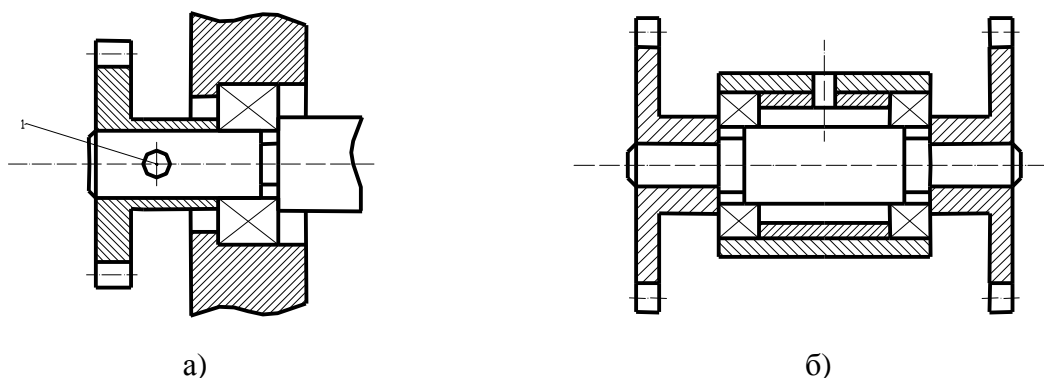


Рис.5.36. Вузлове кріплення підшипників: а – консольне кріплення зубчастого колеса; 1 – штифт; б – кріплення двох зубчастих коліс на підшипниковій стійці; між підшипниками встановлено кільце, що штифтом фіксується від поздовжніх переміщень

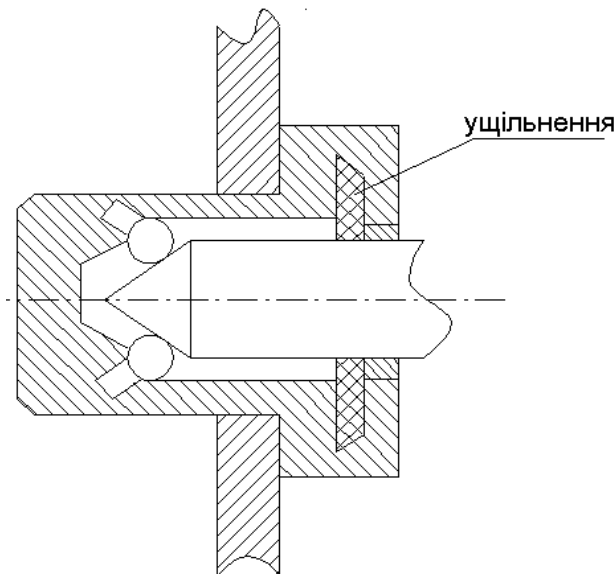


Рис. 5.37. Насипний шарикопідшипник

5.2.7 Пружні опори з тертям

Застосування пружних елементів як опори рухливих систем, що перебувають у коливальному русі дозволяють значно зменшити момент сил опору; спростити конструкцію; усунути мертвий хід, створити необхідний протидіючий момент. Пружні опори з тертям показано на рис. 5.38.

Перевага: можуть працювати без змащення в умовах підвищеного забруднення.

Недоліки: малий діапазон роботи.

5.2.8 Напрявні для прямолінійного руху

Напрявні для прямолінійного руху (рис. 5.39) застосовують при необхідності переміщення однієї деталі відносно іншої із заданою точністю.

Для забезпечення прямолінійного руху до напрямних пред'являються наступні вимоги[2]:

- точність напрямку руху;
- легкість і плавність переміщення;

- стійкість до зношування;
- нечутливість до температурних змін;
- мала вартість і технологічність.

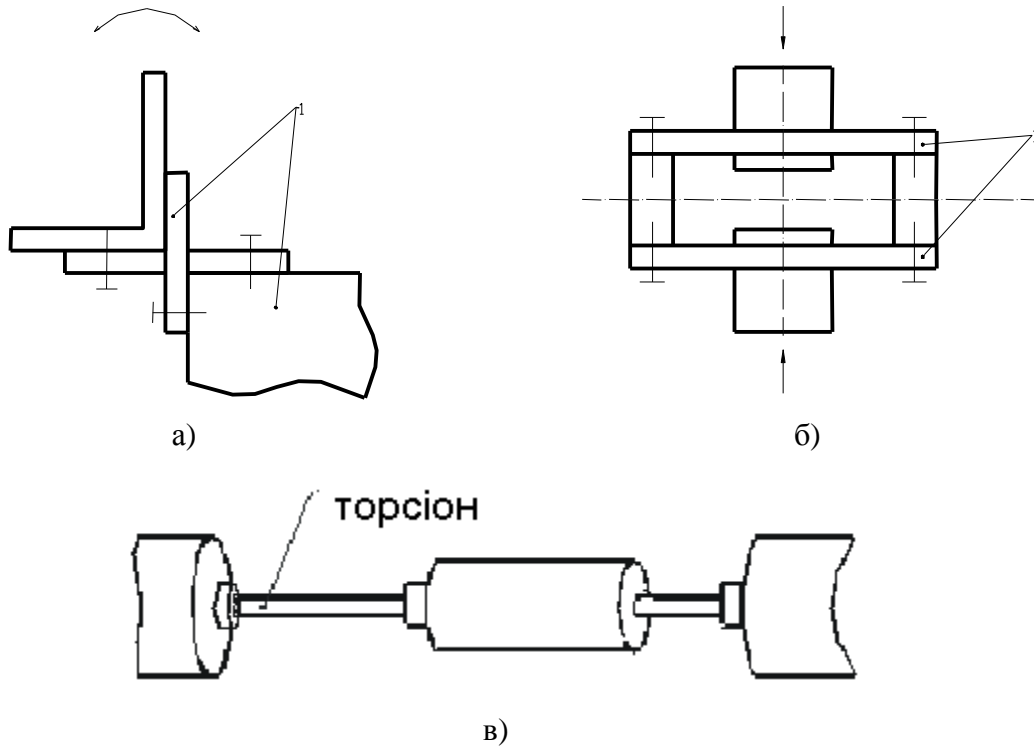


Рис.5.38.Пружні опори з тертям: а – напрямна коливального переміщення на деякий кут; б – поступальне переміщення; 1 – пружинні планки; в – напрямна обертового руху (торсіон)

Точність забезпечується за рахунок відповідної точності обробки (квалітет, допуски) і складання (припасування, настроювання).

Легкість переміщення визначається насамперед типом напрямних, при цьому напрямні з тертям катання забезпечують більшу точність руху.

Для запобігання від температурного заклинювання матеріали тертьових деталей повинні мати по можливості однакові коефіцієнти термічного розширення (табл. 5.2) або між ними повинен бути гарантований зазор.

Напрямні з тертям ковзання технологічно й конструктивно значно простіші напрямних з тертям катання, мають менші габарити але більш чутливі до змін температури; в свою чергу напрямні з тертям катання (рис. 5.40) мають менші втрати на тертя, забезпечують легкість та плавність ходу. Температурна компенсація є важливою для напрямних з тертям ковзання і показана на рис. 5.41.

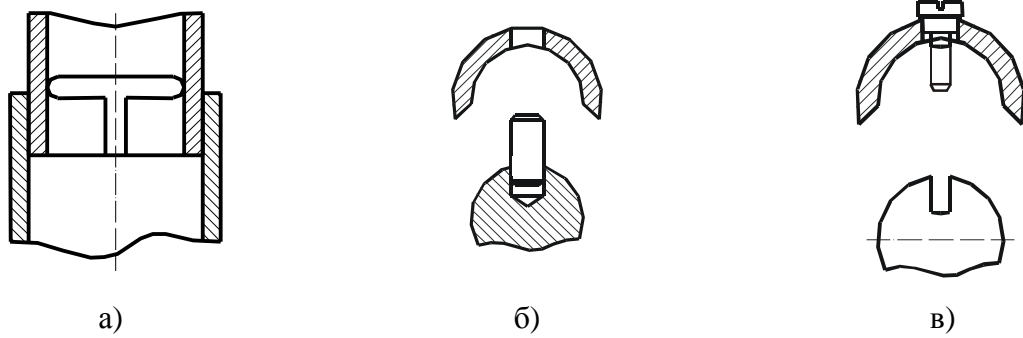


Рис.5.39. Напрявні для прямолінійного руху: а – «Г» – образний розрізі невеликорозгинання усередину трубки забезпечує вибірку зазору; застосовується в невідповідальних напрямних; б – циліндричні напрямні із запобіганням повороту за допомогою штифта; штифт встановлюється у внутрішню деталь; в – запобігання від повороту за допомогою гвинта, що має спеціальний виступ

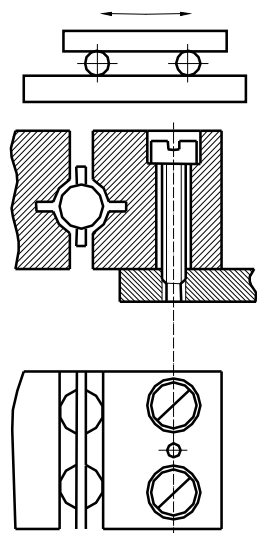


Рис. 5.40. Напрявні з тертям катання; сепаратор розділяє кульки, щоб вони оберталися незалежно

Серед напрямних з тертям ковзання широке поширення одержали циліндри, як найбільш простого типу й напрямного типу «хвіст ластівки» (рис. 5.42), які дозволяють легко регулювати зазори, а отже й точність переміщення [16].

У конструкціях з нерегульованими опорними елементами ковзаннях необхідна точність сполучення досягається вибором посадок із

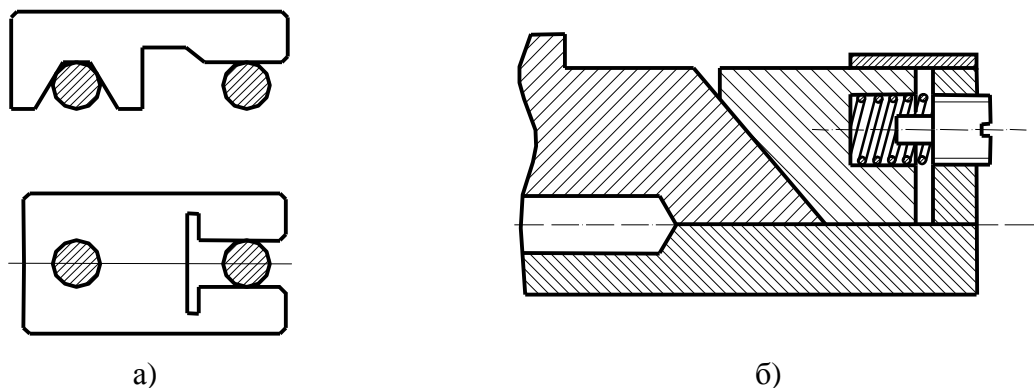


Рис. 5.41. Температурна компенсація в напрямних: а – напрямні можуть переміщатися за рахунок зміни температури; б – температурне розширення компенсується пружиною

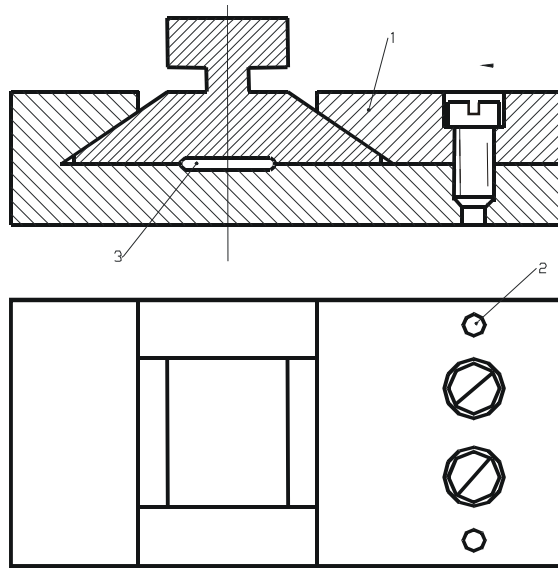


Рис. 5.42. Напрямна типу «хвіст ластівки»: 1 – накладка, що приймає напрямну й вибирає зазор; 2 – штифти, установлюються після складання напрямної; 3 – виймка, що зменшує дотичні площі напрямної.

зазорами, достатніми для плавного переміщення, утримання змащувального шару й компенсації температурного зменшення зазору. Звичайно використовують посадки H7/h6, H7/f7 для точних тихохідних сполучень, H7/k6 - якщо передбачено притирання робочих поверхонь і для особливо точних напрямних застосовують H6/g5 або H6/f6.

Таблиця 5.2

Матеріали для напрямних ковзання

Матеріал		P _{max} Мпа	Коефіцієнт тертя	
направляючих стрижнів	опорних елементів		f _c	f _ж
Сталь 35,40, 45,12x13	Бронза БРОЦ - 4-3Т	10	0.18	0.01
Сталь 38x2МЮА	Бронза БРОФ 10-1	15	0.18	0.009
Сталі загартовані У10А, Шx15	Сталь графітизована ЭИ 293	30	0.15	0.02
Загартовані сталі	Фторопласт – 4	7	0.01	–
Кварц-скло	Деревина Бокауга	2	0.05	–

5.3 З'єднання деталей механізмів

5.3.1 Фіксатори

Фіксатори служать для зупинки деталей, що рухаються, або вузлів у певному положенні. Розрізняють тверді фіксатори (рис. 5.43 а) із примусовим звільненням затримуючого елемента й фіксатори із пружною фіксацією (рис. 5.43 б), коли звільнення діючої деталі відбувається автоматично.

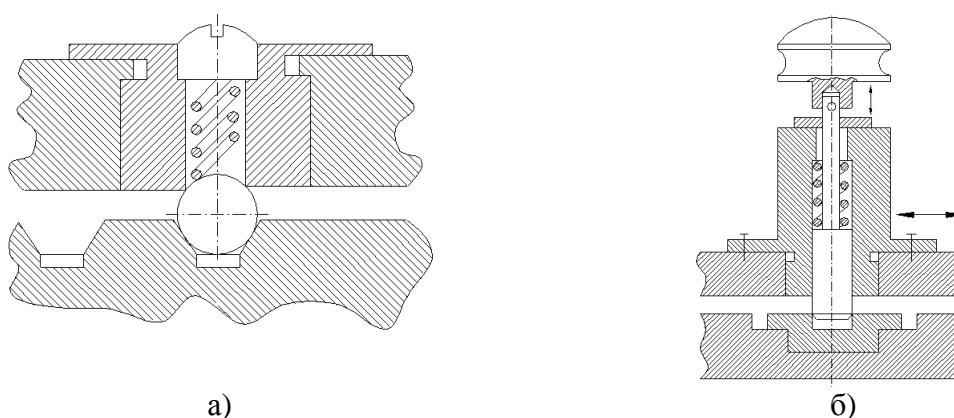


Рис.5.43. Типові конструкції фіксаторів: а – із твердою фіксацією; у піднятому положенні палець виходить із отвору у нижній втулці і з'єднання розфіксується; втулки служать для зміцнення фіксації, якщо деталі, що фіксуються, зроблені з легких матеріалів; б – із пружною фіксацією; у розфіксованому положенні кулька переміщається нагору і стискає пружину; якщо кулька попадає на поглиблення, пружина виштовхує кульку й відбувається фіксація

5.3.2 Муфти

По призначенню розрізняють муфти сполучній керуючі[2].

Сполучними муфтами називаються пристрої, що служать для з'єднання обертових деталей і призначені для передачі обертаючого моменту без зміни кутової швидкості. За допомогою керуючих муфт можна забезпечити вмикання і вимкання механізмів, перемикання швидкостей у процесі роботи, запобігання рухливих елементів конструкцій від перевантажень, передачу обертання в одному напрямку.

Тверда сполучна муфта (рис. 5.44) забезпечує високу співвісність, але не допускає взаємного переміщення валів; кріплення валів виробляється штифтами, які сприймають навантаження, що зрізують.

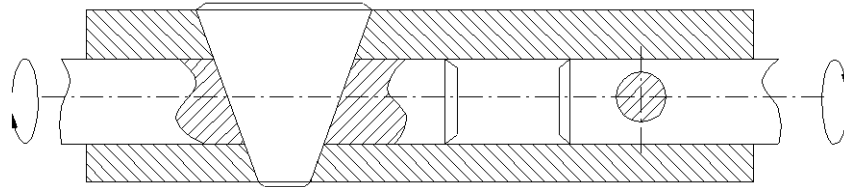


Рис.5.44. Найпростіша муфта (тверда сполучна)

Дискова муфта (рис. 5.45) передає більші обертальні моменти штифтами встановленими на значній відстані від осі; допускає значні радіальні й осьові зсуви валів.

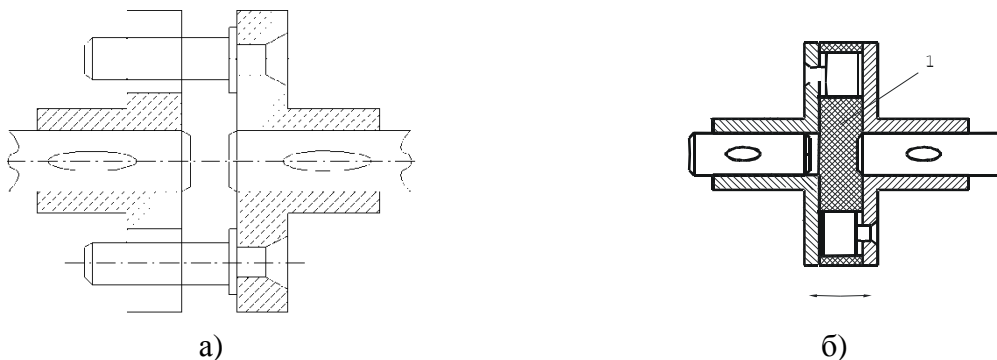


Рис.5.45. Дискові муфти: а – дискова муфта; б – дискова муфта із пружною проміжною ланкою 1 для зменшення динамічних навантажень

Запобіжна фрикційна муфта: передає обертаючий момент, що не повинен перевищувати моменту тертя, що виникає при піджимі пружиною двох напівмуфт (рис. 5.46).

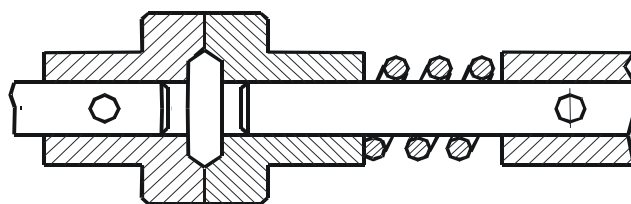


Рис. 5.46. Запобіжна фрикційна муфта

У керуючій муфті відцентрового типу: вмикання муфти відбувається в момент, коли кутова швидкість ведучої напівмуфти 1 досягає значення, при якому інерційні навантаження під дією відцентрової сили входять у контакт із робочою поверхнею веденої напівмуфти й забезпечують необхідну силу тертя (рис.5.47).

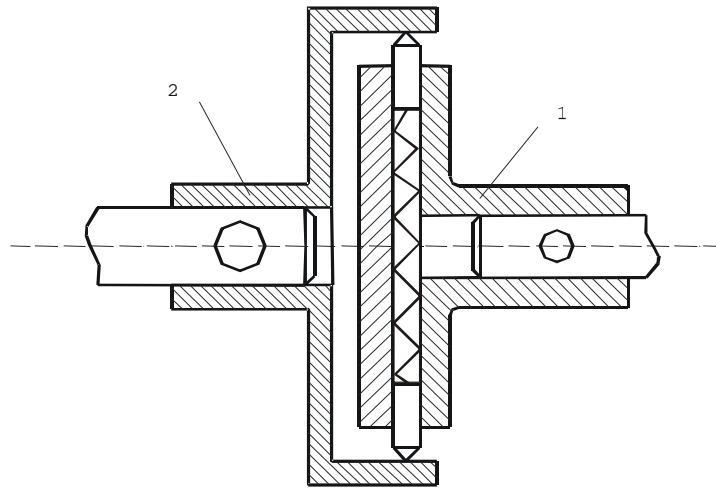


Рис. 5.47. Керуюча муфта відцентрового типу

Обгінна муфта (рис. 5.48) застосовується для передачі обертання в одному напрямку; у протилежному напрямку виникає прослизання напівмуфт. Як робочі тіла застосовують ролики 3, які притискаються до зовнішньої веденої напівмуфти 1 спеціальними пружинами. Коли внутрішня напівмуфта 2 обертається в напрямку годинникової стрілки під дією пружин, ролики заклинюються в зазорах, передаючи обертаючий момент на ведений вал.

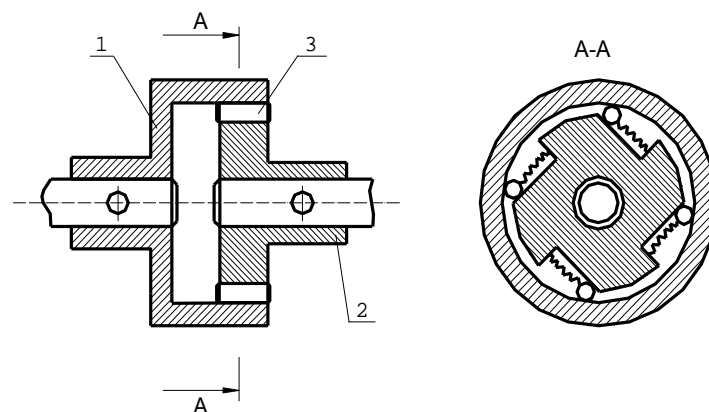


Рис. 5.48. Обгінна муфта

5.4 Конструювання пружних елементів

5.4.1 Призначення, класифікації

Пружні елементи застосовуються як акумулятори енергії в пружинних двигунах, для створення протидіючих моментів і сил, що забезпечують силове замикання кінематичних ланцюгів і як чутливі елементи вимірювальних систем [18].

Пружні елементи за призначенням поділяють на вимірювальні, силові, термокомпенсатори (біметали) та елементи пружних в'язків; за геометричними признаками – на стержневі, пластини та оболонки; за умовами роботи та точності – на нерегульовані з нормованим допуском, які потребують точного розрахунку та контролю, і регульовані по довідкових таблицях та номограмах.

Силувимірювальні пружини використовують для вимірювання зосереджених навантажень. Вони поділяються на гвинтові циліндричні, гвинтові конічні та плоскі. Найбільш розповсюдженими є циліндричні гвинтові пружини, зображені на рис. 5.49. Плоскі пружини (рис. 5.50) використовують в контактних пристроях, а також в якості притискних пружин та пружних опор.

Термовимірювальні пружини – біметал (рис. 5.51) складаються із двох пластинок, виготовлених з металу з різним коефіцієнтом теплового розширення; при нагріванні або охолодженні пластин вони вигинаються, замикаючи або розмикаючи контакти (використовуються в запобіжниках).

Моментні пружини (рис. 5.52) застосовують в приладах в якості вимірювальних або натяжних пружних елементів (в тахометрах, спідометрах, годинникових механізмах тощо) [16].

Манометричні пружні елементи призначені для вимірювання рівнорозподіленого тиску рідини або газу. Манометричні пружні елементи

поділяються на три групи: мембрани (рис. 5.53), сільфони (рис. 5.54) та трубчасті пружини (рис. 5.55). Також широко розповсюджені амортизатори (рис. 5.56).

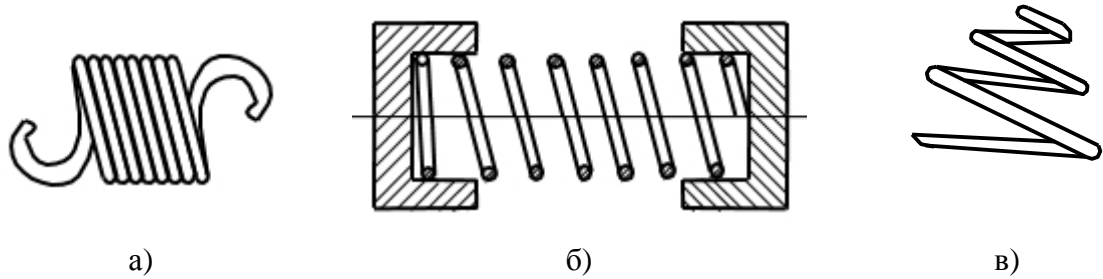


Рис. 5.49. Гвинтові пружини розтягання й стиску: а – пружина розтягування; б – пружина стиску; в – конічна пружина; має мінімальні габарити в стислому стані

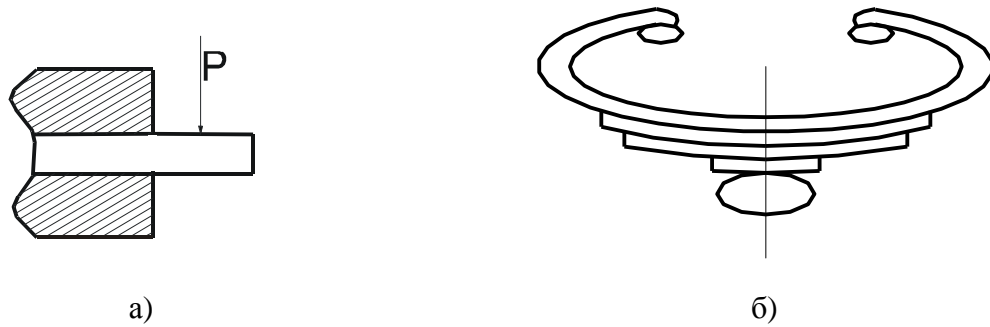


Рис.5.50. Плоскі пружини: а – плоска пружина з консольним кріпленням; застосовується для невеликих зусиль; б – плоска пружина (ресора); застосовується для більших зусиль; велика кількість плоских пластин, служить для розвантаження зусиль

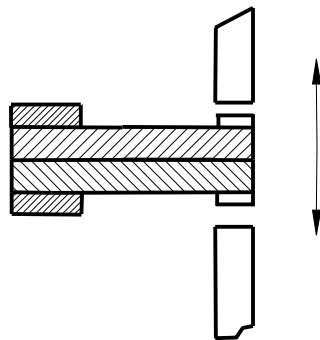
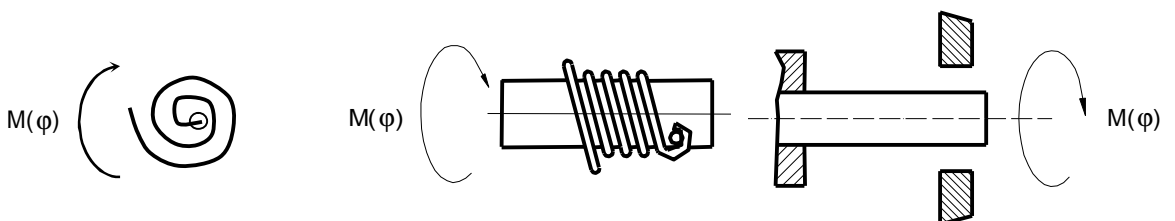


Рис. 5.51. Біметалічна пружина



а)

б)

в)

Рис. 5.52. Моментні пружини: а – спіральна пружина; застосовується в пружинних двигунах і вимірювальних приладах; б – гвинтова пружина; застосовується для середніх моментів; в – торсіон; застосовується для дуже великих обертових моментів

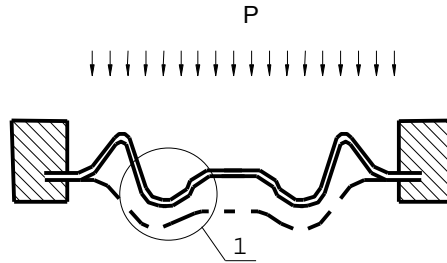


Рис.5.53. Мембрана. Перетворює тиск (розосереджену силу) у зосереджену силу; 1 – гофр

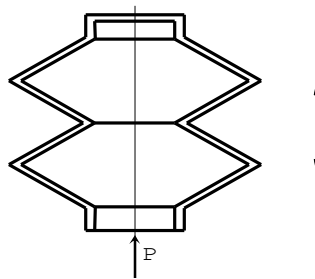


Рис.5.54. Сильфон; має лінійну характеристику при значній деформації

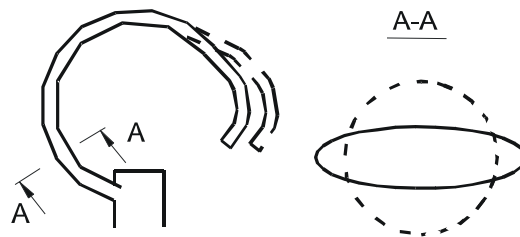


Рис.5.55. Манометрична трубчаста пружина; змінює форму перетину під дією тиску

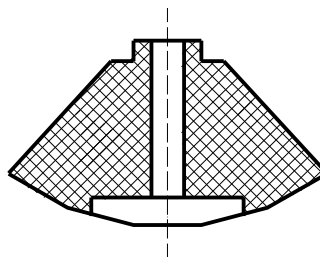


Рис. 5.56. Амортизатор; часто виконує функцію опори (ніжки), гасить вібрації

5.4.2 Параметри пружних елементів

До основних параметрів, що визначають властивості пружних елементів відносяться характеристика, чутливість і твердість – приводяться на кресленнях пружних елементів[2].

Характеристика – залежність між силою, що діє на пружний елемент P і його переміщення l (рис. 5.57).

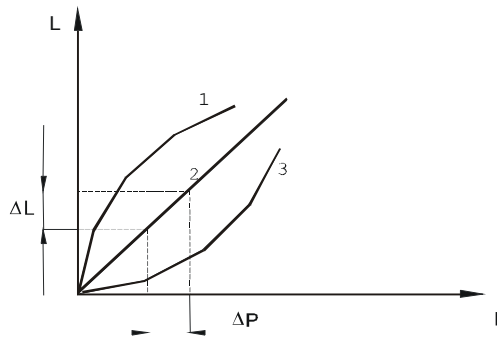


Рис. 5.57. Види характеристик: 1 – комбінована; 2 – лінійна; 3 – нелінійна.

По характеристиці визначаються найважливіші параметри:

- *чутливість* S – це межа відношення збільшення деформації Δl до зміни навантаження ΔP , що викликала це збільшення

$$S = \lim \frac{\Delta l}{\Delta p} = \frac{dl}{dp};$$

- *твердість* – являє собою величину зворотну чутливості позн. 3

$$C = \frac{1}{S} = \frac{dP}{dl}.$$

5.4.3 Матеріали для пружних елементів

Матеріали які застосовуються для виготовлення пружних елементів (табл. 5.3) повинні мати високі властивості пружності, стабільність в часі, міцність, високу стійкість й задовольняти ряду спеціальних вимог:

- високою електропровідністю й антимагнітністю для пружних елементів електровимірювальних приладів;
- корозійною стійкістю при роботі в агресивних середовищах;
- термостійкістю при експлуатації при високих температурах.

Суперечливість вимог (достатньої пластичності й високих властивостей пружності) матеріалів пружних елементів частково усувається в процесі їхнього виготовлення – загартуванням і відпуском.

Таблиця 5.3

Матеріали пружних елементів

Матеріал	Марка	Твердість НВ	Межа міцності, МПа	Модуль пружності $\times 10^{-4}$ МПа	Питомий опір, Ом·мм ² /м	Властивості
Латунь	Л 68	140	700	11.5	0.071	Висока пластичність, немагнітність, легко зварюються й паяються.
Бронза	Бр Б2	400	1350	13.5	0.065	
Сталь інстр.	В8А-В12А	620-680	750-1200	20.0	0.5	Мала пластичність після термообробки, погано зварюються й паяються, вимагають захисту від корозії
Сталь хромиста	40х13	500	1680	22.3	0.59	
Сталь корозійно стійка	08Х18Н10Т	155	550	19.0	0.75	Для роботи в агресивних середовищах

5.5 Контрольні запитання та завдання

1. Розробіть ескіз складального креслення кріплення не круглого дзеркала з юстуванням по двом координатам чотирма гвинтами $\div 2$ з яких притягують, а 2- відштовхують оправи дзеркал.

2. Розробіть ескіз складального креслення кріплення об'єктива, який складається з негативної та позитивної лінз з невеликим проміжком зазором внутрішнього різьбового кільця. Вкажіть тип спряження. Розрахуйте максимальний і мінімальний зазор (натяг) H7/p6, номінальний розмір 200 мм.
3. Розробіть ескіз складального креслення кріплення призми Дове на шпонці із обертаючою оправою.
4. Розробіть ескіз складального креслення кріплення точного увігнутого сферичного дзеркала в циліндричній оправі з розвантаженням на три точки.
5. Розробіть ескіз складального креслення кріплення світлороздільної призми-куб притискною пластиною на плато з можливістю юстування по двох координатах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора: справочник / Р. И. Гжиров. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.
2. Справочник конструктора точного приборостроения / Г. А. Веркович [и др.]; подобщ. ред. К. Н. Явленского, Б. П. Тимофеева, Е. Е. Чаадаевой – Л.: Машиностроение, 1989. – 792 с.
3. Милосердин Ю. В. Расчёт и конструирование механизмов приборов и установок: учеб. пособие для инж.-физ. и приборостр. спец. вузов / Ю. В. Милосердин, Б. Д. Семенов, Ю. А. Кречко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.
4. Расчет и конструирование оптико-механических приборов / В. С. Плотников, Д. И. Варфоломеев, В. Е. Пустовалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
5. Справочник по Единой конструкторской документации / В. П. Градиль [и др.]; под ред. А. Ф. Раба. – Х.: Прапор, 1988. – 255 с.
6. Інженерна та комп'ютерна графіка: підручник для студентів ВНЗ / В. Є. Михайленко, В. В. Ванін, С. М. Ковальов; за ред. В. Є. Михайленка. – К.: Каравела, 2012. – 368 с.
7. Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: Учеб. пособие для опт. спец. вузов / В. В. Кулагин. – Л.: Машиностроение, 1982. – 311 с.
8. Основы конструирования: справочно-методическое пособие: в 2-х кн. / П. И. Орлов; под ред. П. Н. Учаева. – 3-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
9. Материалы в приборостроении и автоматике: справочник / под ред. Ю. М. Пятина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 528 с.

10. Атлас конструкций элементов приборных устройств: Учеб. пособие для студентов приборостроительных специальностей вузов / А. А. Буцев [и др.]; под ред. О. Ф. Тищенко. – М.: Машиностроение, 1982. – 116 с.
11. Справочник конструктора оптико-механических приборов / М. Я. Кругер [и др.]; под общ. ред. В. А. Панова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1980. – 742 с.
12. Толстоба Н. Д. Проектирование узлов оптических приборов: учебное пособие / Н. Д. Толстоба, А. А. Цуканов. – СПб, 2002. – 128 с.
13. Каледин Б. Ф. Крепление оптических деталей эластичными материалами / Б. Ф. Каледин. – М.: Машиностроение, 1990. – 159 с.
14. Ключникова Л. В. Проектирование оптико-механических приборов: учеб. пособие для спец. учеб. заведений / Л. В. Ключникова, В. В. Ключников. – СПб.: Политехника, 1995. – 206 с.
15. Оптико-механические приборы / С. В. Кулагин, А. С. Гоменюк, В. Н. Дикарев, В. Е. Зубарев, Е. Н. Лебедев, Г. М. Мосягин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.
16. Андреев Г. Н. Теория механизмов и деталей точных приборов: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов / Г. Н. Андреев, Б. Н. Марков, Е. И. Педь. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.
17. Пятин Ю. М. Проектирование элементов измерительных приборов: учеб. пособие / Ю. М. Пятин. – М.: Высшая школа, 1977. – 304 с.
18. Пономарев С. Д. Расчет упругих элементов машин и приборов / С. Д. Пономарев, Л. Е. Андреева. – М.: Машиностроение, 1980. – 326 с.

Бібліографія

- [1] Гжиров, Краткий справочник конструктора.
- [2] Веркович, Справочник конструктора точного приборостроения.
- [3] Милосердин, Расчет и конструирование механических приборов.
- [4] Плотников, Расчет и конструирование оптико-механических приборов.
- [5] Градиль, Справочник по ЕСКД.
- [6] І. т. к. графіка.
- [7] Кулагин, Основы конструирования оптических приборов, 1982.
- [8] Орлов.
- [9] Пятин, Матеріалі.
- [10] Тищенко, Атлас.
- [11] Панов, Справочник конструктора оптико-механических приборов.
- [12] ц. толстоба.
- [13] каледин.
- [14] Ключникова.
- [15] Кулагин, Оптико-механические приборі.
- [16] М. П. Андреев, Теория механизмов и детали точних приборов.
- [17] пятин, проектирование элементов.
- [18] А. Пономарев, Расчет упругих элементов машин и приборов.