

5. БАЗИ І БАЗУВАННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

1. Основні положення і визначення теорії базування.
2. Класифікація баз.
3. Заміна баз. Принципи єдності, спадковості та постійності баз, умови їх реалізації.
4. Основні принципи вибору технологічних і вимірювальних баз.
5. Похибка базування. Визначення похибки базування при механічному обробленні.
6. Практичні рекомендації щодо вибору оптимальних схем базування.
7. Типові позначення схем базування на операційних ескізах.

5.1. Основні положення і визначення теорії базування.

У процесі виготовлення (складання) машини необхідно вирішити комплексну задачу забезпечення взаємного розташування деталей і вузлів з необхідною точністю. Стосовно оброблення заготовки, вказана задача трансформується у забезпечення з необхідною точністю взаємного постійного положення заготовки відносно інших елементів системи ВПД. Вибір та розрахункове обґрунтування цього положення виконується на основі **теорії базування** (ГОСТ 21495-76).

Процес **базування** – це надання заготовці, деталі чи виробу необхідного положення відносно вибраної системи координат.

База – це поверхня (сукупність поверхонь, що виконують ту ж функцію), вісь, точка, які належать заготовці, деталі чи виробу, і використовуються для їх базування у процесі оброблення чи складання.

Збазувати одну деталь відносно іншої означає забезпечити першій деталі відносно нерухомість відносно другої.

З теоретичної механіки відомо, що кожне просторове тіло має 6 ступенів рухомості, тобто може рухатися у шести напрямках:

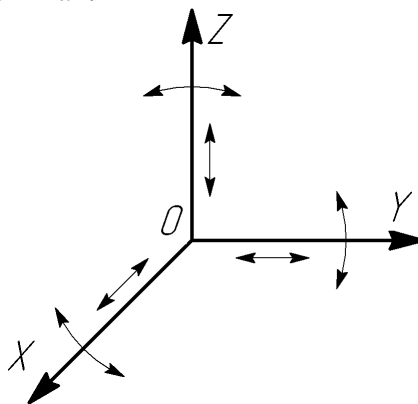


Рис. 5.1. Можливі рухи твердого тіла у просторі.

Під час оброблення заготовка обов'язково повинна бути нерухомою відносно встановлювальних елементів пристрою, тобто позбавлена всіх 6-ти ступенів вільності. Для цього на заготовку накладається 6 зв'язків – обмежень позиційного (геометричного) чи кінематичного характеру, які накладаються на рух точок заготовки чи деталі. При цьому геометричні зв'язки обмежують переміщення, кінематичні – швидкості. Зв'язки не залежать від часу.

У процесі базування тіла контактують між собою реальними поверхнями, тобто окремими елементарними ділянками, які називаються точками контакту чи опорними точками. **Опорна точка** – це точка, яка символізує один із зв'язків заготовки з вибраною системою координат. Для позначення опорних точок на базових елементах заготовки (виробу) використовують т.зв. **теоретичну схему базування** (скорочено: **схема базування**). Усі опорні точки на схемі базування зображають умовними знаками (рис. 5.2) і нумерують порядковими номерами, починаючи з бази, на якій розташована найбільша кількість точок. При накладанні у будь-якій проекції однієї опорної точки на іншу, зображається одна точка. Біля неї проставляється номери суміщених точок. Кількість проєкцій заготовки чи виробу на схемі базування повинна бути достатньою для чіткого уявлення про розташування опорних точок.

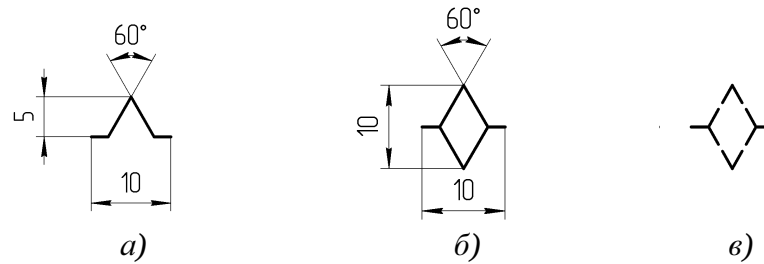


Рис. 5.2. Умовне зображення опорних точок: вид спереду і збоку (а); вид зверху (б); вид знизу (в).

Кількість опорних точок на схемі базування завжди рівна кількості ступенів вільності, яких опора позбавляє заготовку в процесі базування останньої.

Для однозначного визначення положення заготовки, яка розглядається як абсолютно тверде тіло, відносно іншої координатної системи (іншого елемента системи ВПД) необхідно і достатньо 6 опорних точок. Це **правило шести точок**.

Схему базування розробляють з метою раціонального вибору базових елементів деталі (точка, вісь, площина). Правильний вибір базових елементів дозволяє надати заготовці однозначного положення в пристрої і забезпечити необхідну стійкість при її обробленні та взаємне розташування поверхонь оброблених і необроблених поверхонь заготовки з відповідною точністю. Приклади найбільш розповсюджених схем базування заготовок деяких класів деталей у пристроях наведено на рис. 5.3 – 5.12.

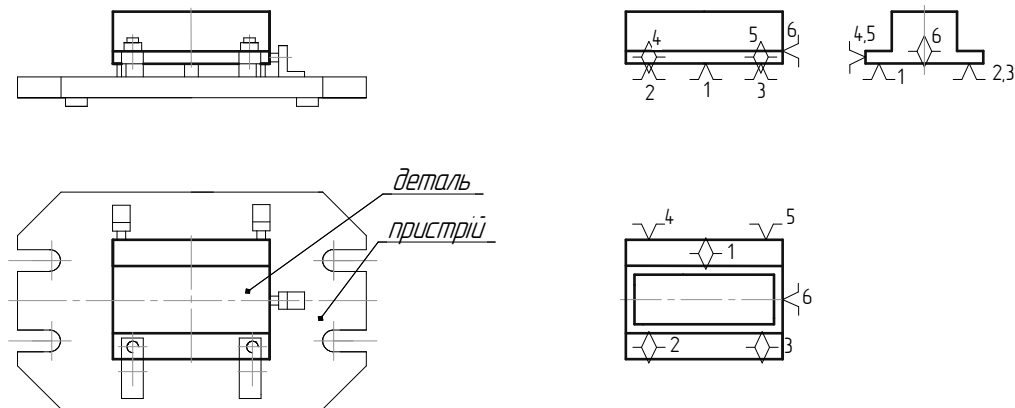


Рис. 5.3. Схема базування корпусної деталі по площині основи і двох бокових поверхнях.

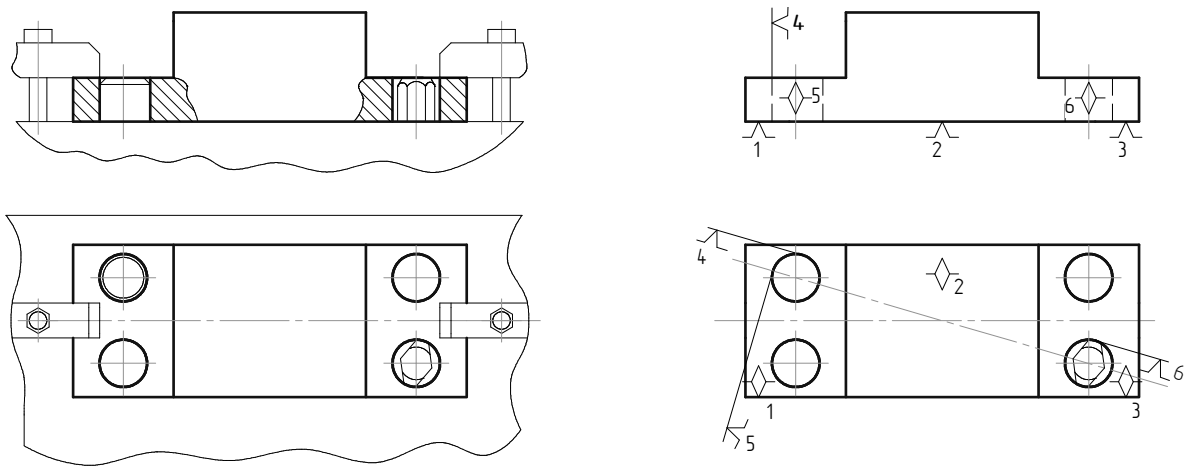


Рис. 5.4. Схема базування корпусної деталі по площині і двох отворах.

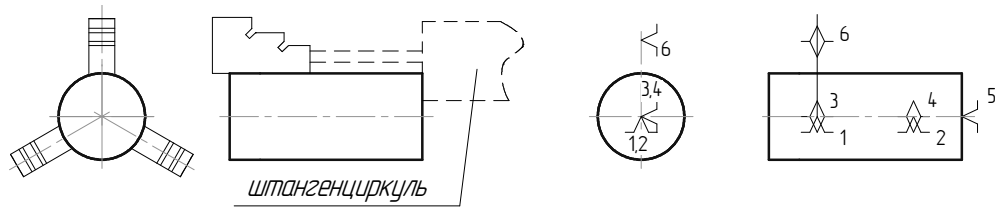


Рис. 5.5. Схема базування вала у трикулачковому самоцентрувальному патроні.

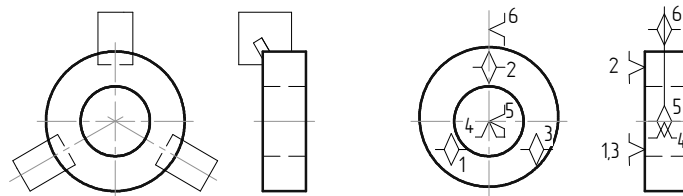


Рис. 5.6. Схема базування диска у трикулачковому самоцентрувальному патроні.

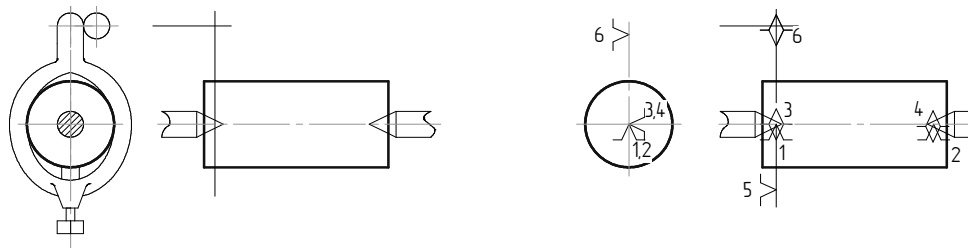


Рис. 5.7. Схема базування вала у центрах.

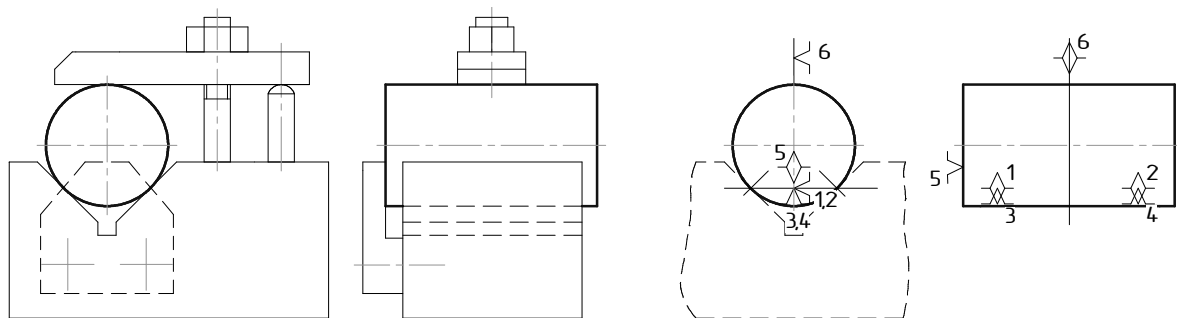


Рис. 5.8. Схема базування вала на призмі.

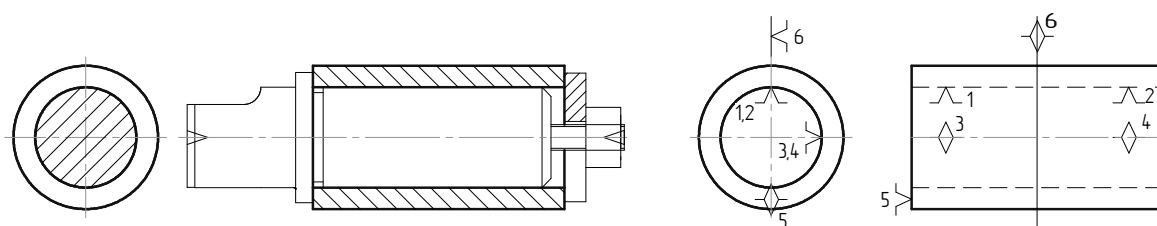


Рис. 5.9. Схема базування втулки на циліндричній оправці з зазором.

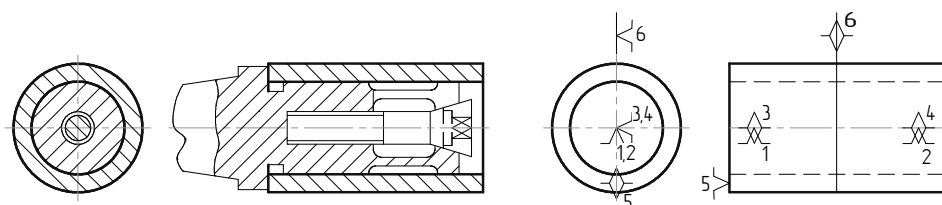


Рис. 5.10 Схема базування втулки на розтискній оправці.

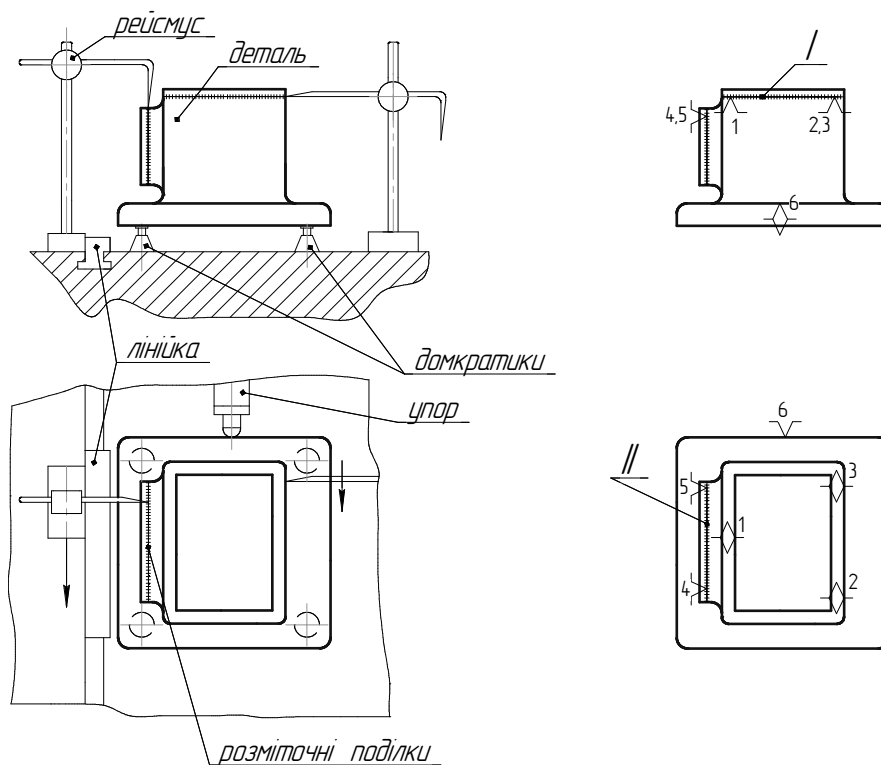


Рис. 5.11. Схема базування корпусної деталі з вивірнянням її положення по розмічувальних рисках.

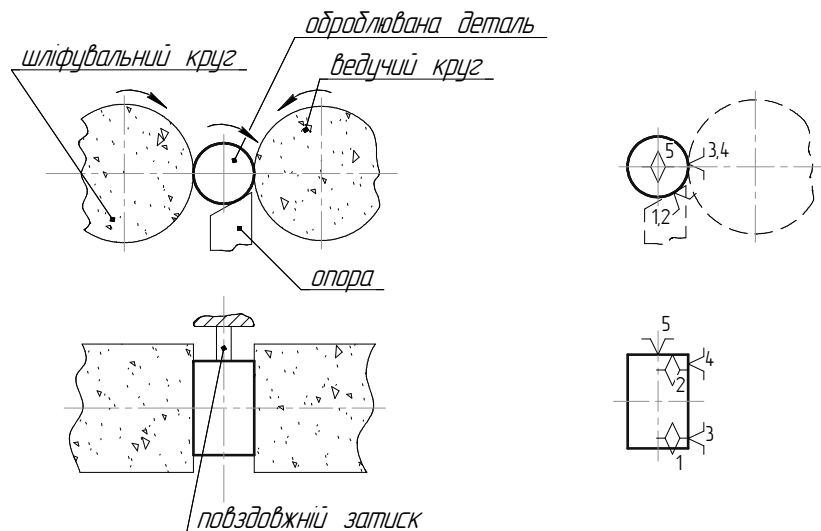


Рис. 5.12. Схема базування вала по оброблюваній поверхні при безцентровому врізному шліфуванні.

Використання в певному координатному напрямку зайвої (сьомої і більше) постійної опорної точки є неприпустимим, оскільки супроводжується невизначеністю базування. **Невизначеність базування заготовки** – це одно- чи багаторазова зміна її положення відносно баз інших елементів системи ВПД, які спряжені з цією заготовкою і визначають її положення. Невизначеність базування заготовки завжди призводить до додаткових похибок, пов'язаних з втратою стійкого положення під час її встановлення та/чи закріплення в пристрої, які необхідно враховувати у процесі оброблення.

Для забезпечення визначеності базування до заготовки прикладають сили, які створюють т.зв. **силове замикання**. Ці сили забезпечують контакт між базами спряжених деталей і тому повинні бути більшими за сили, які намагаються порушити цей контакт. Для створення силового замикання використовують такі сили:

- пружні сили окремих кріпильних деталей чи механізмів (напр., болтове з'єднання);
- сили тяжіння самих деталей;
- сили тертя;
- магнітні та електромагнітні сили;
- сили стисненого повітря та рідин;
- комбінація перелічених сил.

Вказані сили можуть створювати контактні деформації і вносять додаткову похибку на точність деталей при виготовленні.

Для отримання умов визначеності базування необхідно:

- правильно вибрати необхідні бази;
- створити правильне силове замикання;
- зменшити контактні деформації (розрахунки, режими різання тощо);
- правильно вибрати точки прикладання замикаючих сил (при можливості ближче до опор);
- правильно встановити послідовність прикладання сил (щоб не викликати зміну положення деталі під час її закріплення);
- при обробленні недостатньо жорстких деталей вводити додаткові опори.

Якщо відповідно до умов оброблення чи технічних умов, встановлених кресленням деталі, однозначне встановлення в пристрої заготовки у відповідних координатних напрямках не потрібне

чи допускається її поворот навколо певної координатної осі (наприклад, при обробленні наскрізного шпонкового пазу чи лиски на циліндричній поверхні), то доцільно застосувати не повну схему базування, у якій може використовуватись п'ять, чотири і навіть три опорні точки. У цьому випадку при базуванні у пристрої заготовка позбавляється за допомогою встановлювальних елементів лише частини ступенів вільності. Решти ступенів вільності заготовку позбавляють затискні елементи пристрою. Таким чином на схемі базування формально відображають вплив сил затиску, прикладених до заготовки (наприклад, трикулачковий патрон, магнітна плита тощо).

5.2. Класифікація баз.

Бази класифікуються:

- 1) за призначенням;
- 2) за позбавленням ступенів вільності;
- 3) за характером проявлення.

1. За призначенням бази поділяються на такі.

Конструкторська база – база, яка визначає положення деталі чи складальної одиниці у виробі. Фактично конструкторська база задає конструктор при проектуванні. **Основна конструкторська (складальна) база** – база, яка належить заданій деталі чи складальній одиниці і визначає її положення у виробі відносно інших деталей і складальних одиниць. **Допоміжна конструкторська база** – база, яка належить заданій деталі чи складальній одиниці і визначає положення приєднаних до неї інших деталей відносно основних баз.

Технологічна база – база, яка використовується для визначення положення заготовки, деталі чи складальної одиниці в процесі виготовлення, ремонту чи складання. Технологічні бази бувають чорновими, чистовими, допоміжними й додатковими. **Чорнова технологічна база** – технологічна необроблена база, яку використовують при встановленні на першій операції. **Чистова технологічна база** – технологічна попередньо оброблена база, яку використовують на всіх етапах оброблення, окрім першого. **Допоміжна технологічна база** – це оброблена база, яку використовується з технологічних міркувань для спрощення процесу оброблення, але не вимагається конструкцією самої деталі. Прикладом такої бази є центрові отвори для оброблення валів. **Штучна (додаткова) технологічна база** – це поверхня заготовки, яка не використовується конструкцією деталі, але наявна у ній для покращення або спрощення встановлення заготовки на верстаті чи забезпечення її стійкості під час затиску та оброблення. Додаткова технологічна база може бути реалізована у вигляді спеціальних приливів, платиків, боби шок тощо.

Вимірювальна база – база, яка використовується для визначення відносного положення деталі чи складальної одиниці та засобів їх вимірювання (контролю). Від вимірювальної бази ведуть відлік розмірів під час вимірювання деталі.

Передбачена стандартом класифікація баз доповнена *додатковою класифікацією*, яка дозволяє систематизувати практичні принципи вибору технологічних баз.

Контактна база – технологічна база, яка безпосередньо контактує з відповідними встановлювальними поверхнями пристрою.

Налагоджувальна база – одна з оброблюваних поверхонь при визначеному встановленні заготовки на операції, відносно якої орієнтовані решта оброблюваних поверхонь. Налагоджувальна база безпосередньо пов'язана відповідними розмірами в певному координатному напрямку з кожною з оброблюваних поверхонь:

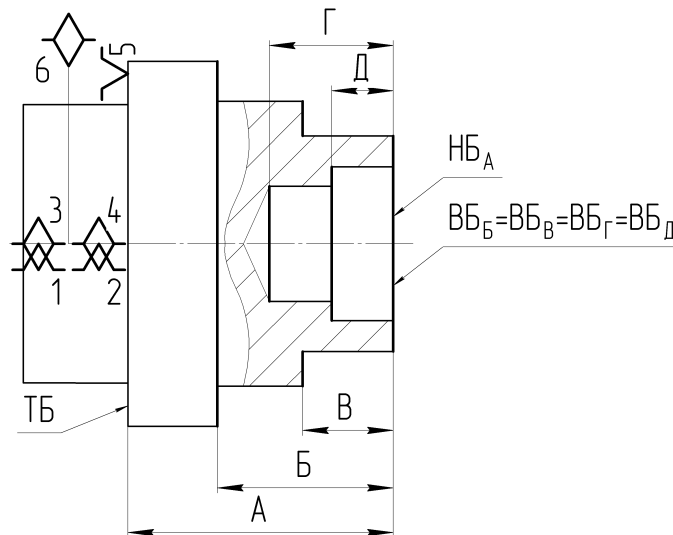


Рис. 5.13. Використання налагоджувальної бази для витримування технологічних розмірів (НБ_А – налагоджувальна база, ТБ_А – технологічна база, ВБ_Б, ВБ_В, ВБ_Г, ВБ_Д – вимірювальні бази для розмірів Б, В, Г, Д, відповідно).

Перевіркова база (база для вивіряння) – поверхня, лінія або точка заготовки (деталі), відносно якої здійснюється вивіряння положення заготовки на верстаті або встановлення різального інструмента для оброблення заготовки, або вивіряння інших деталей (складальних одиниць) при складанні виробу. Використання методу базування за допомогою перевіркових баз виправдане в дрібносерійному та одиничному виробництвах важкого машинобудування, де виготовлення складних пристроїв і додаткове точне оброблення контактних баз є недоцільним.

2. За кількістю ступенів вільності, яких вони позбавляють заготовку (виріб), технологічні бази поділяються на:

- **встановлювальну**, яка використовується для накладання на заготовку зв'язків, що позбавляють її трьох ступенів вільності (переміщення вздовж однієї координатної осі і поворотів навколо інших двох осей);
- **напрямну**, яка використовується для накладання на заготовку зв'язків, що позбавляють її двох ступенів вільності (переміщення вздовж однієї координатної осі і повороту навколо іншої осі);
- **опорну**, яка використовується для накладання на заготовку зв'язків, що позбавляють її одного ступеня вільності (переміщення вздовж однієї координатної осі чи повороту навколо іншої осі);
- **подвійну напрямну**, яка використовується для накладання на заготовку зв'язків, що позбавляють її чотирьох ступенів вільності (переміщення вздовж двох координатних осей і повороту навколо цих осей);
- **подвійну опорну**, яка використовується для накладання на заготовку зв'язків, що позбавляють її двох ступенів вільності (переміщення вздовж двох координатних осей).

У технології машинобудування використовують такі основні **поєднання трьох технологічних баз**:

- 1) три взаємно перпендикулярні площинні поверхні (зовнішні чи внутрішні) – встановлювальна поверхня (3 опорні точки), напрямна поверхня (2 опорні точки), опорна поверхня (1 опорна точка).
- 2) циліндрична зовнішня (внутрішня) довга та дві площинні поверхні – циліндрична поверхня (4 опорні точки), торцева поверхня (1 опорна точка), площинна поверхня (1 опорна точка);

3) циліндрична зовнішня (внутрішня) коротка (довжина циліндричної частини менша за $1/3$ діаметра) та дві площинні поверхні – торцева поверхня (3 опорні точки), циліндрична поверхня (2 опорні точки), площинна поверхня (1 опорна точка);

4) одна площинна та дві циліндричні внутрішні поверхні – площинна поверхня (3 опорні точки), одна циліндрична поверхня (2 опорні точки – отвір встановлюється на циліндричний палець); одна циліндрична поверхня (1 опорна точка – отвір встановлюється на зрізаний палець);

5) одна площинна та дві циліндричні зовнішні поверхні – площинна поверхня (3 опорні точки), одна циліндрична поверхня (2 опорні точки); одна циліндрична поверхня (1 опорна точка);

6) комбінація реальних поверхонь з площинами, осями або центрами симетрії - елементами симетрії.

Вибрана сукупність технологічних баз формує систему координат заготовки чи виробу й утворює **комплект технологічних баз**. У такому комплекті відповідним чином розміщуються шість опорних точок. При цьому необхідно враховувати геометричні ознаки поверхонь. Найбільші габаритні розміри повинна мати поверхня для встановлювальної бази, на якій розміщуються 3 опорні точки (при цьому точки базування розносяться якнайдалі одна від одної), найбільшу протяжність - поверхні для прямої бази (2 опорні точки), будь-які інші габаритні розміри – поверхня опорної бази (1 опорна точка). Подвійна пряма база розташовується на осі деталі.

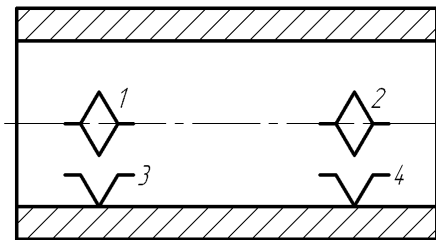
Загалом для кожної окремої заготовки можна запропонувати свій варіант базування. Тому для спрощення використання теорії базування усі деталі згруповано у такі групи:

- 1) призматичні;
- 2) довгі циліндричні;
- 3) короткі циліндричні;
- 4) сферичні.

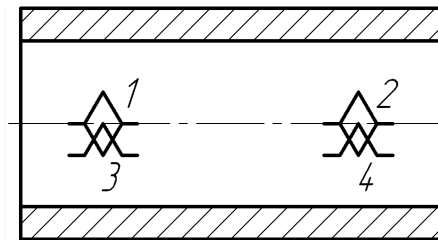
Відповідно, використовують **два комплекти баз**. Перший використовується для *призматичних, коротких циліндричних та сферичних* деталей, другий – для *довгих циліндричних* деталей.

3. За *характером проявлення бази* поділяються на (рис. 5.14):

- явні;
- приховані.



а) явна база – циліндричний палець



б) прихована база – цанга

Рис. 5.14. Приклади явної та прихованої баз.

5.3. Заміна баз.

У процесі оброблення заготовки розрізняють **організовану** та **неорганізовану заміну баз**. **Неорганізована заміна баз** проходить випадково, а тому є неконтрольованою. Наприклад, при закріпленні у токарному патроні заготовка може зміститися через похибки геометричних розмірів самої заготовки, деталей патрону тощо. **Організована заміна баз** наперед відома і її вплив можна наперед передбачити і розрахувати.

Розглянемо розрахунок похибки виготовлення при організованій заміні баз на прикладі досягнення необхідної точності при розточуванні отвору в корпусній деталі. Для цієї деталі необхідно забезпечити дотримання розміру A та паралельності осі отвору до базової поверхні деталі γ :

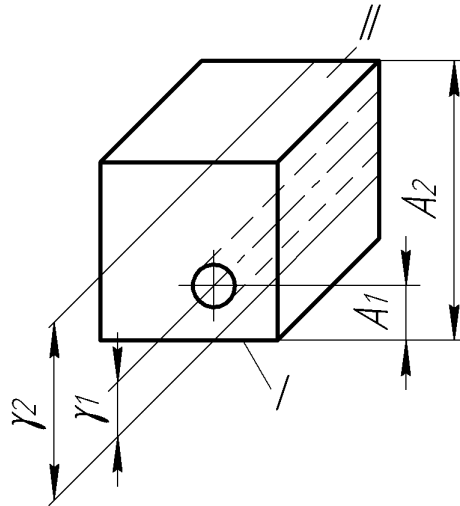


Рис. 5.15. Досягнення необхідних розмірів при обробленні заготовки.

Варіант 1. Заготовка при обробленні встановлюється на площину I (рис. 5.16, а). Конструкторська і технологічна бази співпадають. Похибка виготовлення у цьому випадку залежить лише від точності верстату і верстатного пристрою: $\omega_{A_\Delta} = \omega A_1$ і $\omega_{\gamma_\Delta} = \omega \gamma_1$ і не залежить від умов базування, тому приймають, що:

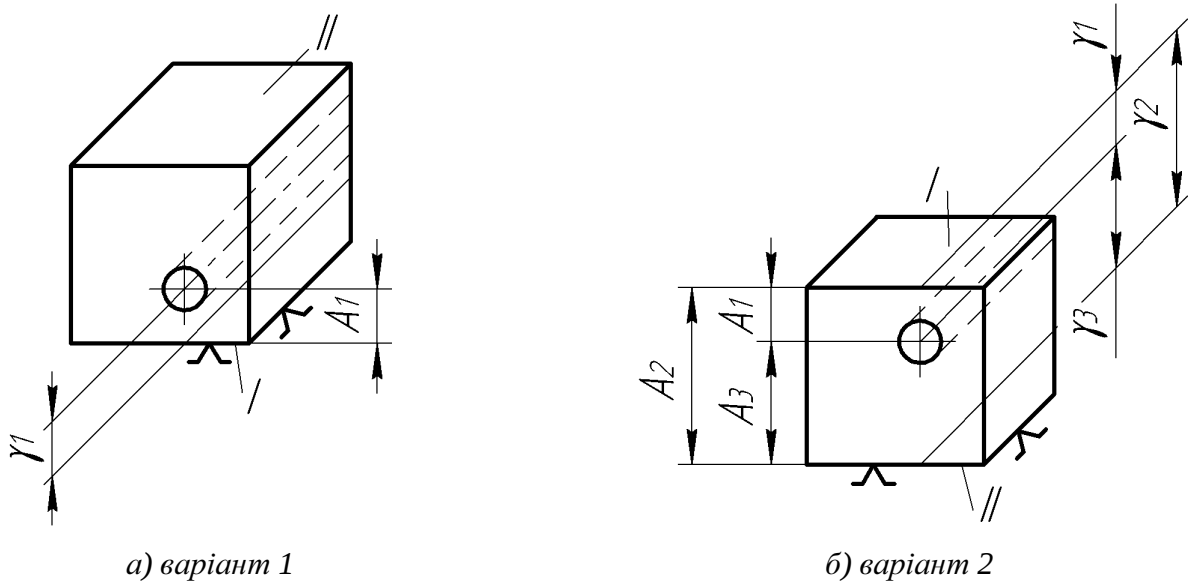
$$\omega_{A_\Delta} = 0; \quad \omega_{\gamma_\Delta} = 0 \quad (5.1)$$

Варіант 2. Заготовка при обробленні встановлюється на площину II (рис. 5.16, б). Конструкторська і технологічна бази не співпадають, тому виникає похибка виготовлення. Похибка отримання розміру A_1 (ωA_1) у цьому випадку більша на величину ωA_3 порівняно з варіантом 1: $\omega_{A_\Delta} = \omega A_3$; відповідно, $\omega_{\gamma_\Delta} = \omega \gamma_3$:

$$A_3 = A_2 - A_1 \quad \gamma_3 = \gamma_2 - \gamma_1 \quad (5.2)$$

$$\omega A_3 = \omega A_2 + \omega A_1 \quad \omega \gamma_3 = \omega \gamma_2 + \omega \gamma_1 \quad (5.3)$$

Тут розміри A_2 і γ_2 – розміри, які отримані на попередній операції, A_3 і γ_3 – розміри замикальних ланок.



а) варіант 1

б) варіант 2

Рис. 5.16. Схема базування заготовки (див. рис. 6.15).

Щоб врахувати похибки виготовлення при організованій заміні баз, необхідно:

1. Встановити два види зв'язку – зв'язок лінійних розмірів і зв'язок відносних поворотів, тобто побудувати розмірні ланцюги A_i і γ_k .
2. Розрахувати і встановити значення з допусками лінійних розмірів і поворотів і порівняти їх з граничними значеннями. Для цього використати розмірні ланцюги з граничними ланками.
3. Виключити можливість виходу відхилень від заданих.
4. Усі розрахунки провести в площинах, в яких проводиться заміна баз.

Як видно з прикладу, будь-яка заміна баз призводить до зміни похибки. Виходячи з цього, для зменшення похибки виготовлення при обробленні заготовки, необхідно керуватися таким основними принципами.

1. Принцип єдності (суміщення) баз. Для забезпечення необхідної точності оброблення за технологічні бази необхідно приймати бази, які одночасно є основними конструкторськими і вимірювальними. Принцип єдності баз забезпечує вищу точність отримання початкового розміру за рахунок усунення похибки виготовлення від несуміщення конструкторських, технологічних і вимірювальних баз. Вирішення подібної задачі на практиці є доволі складним і залежить від багатьох умов конкретного технологічного процесу

2. Принцип постійності баз. При проектуванні проміжних та викінчувальних операцій (крім чорнових) необхідно використовувати одну й ту ж технологічну базу. При використанні цього принципу уникають похибки, яка виникає внаслідок перевстановлення заготовки у процесі її оброблення. При цьому забезпечується висока точність взаємного розташування поверхонь деталі, які підлягають обробленню за один установ. Іншими словами, для отримання найменшої похибки від несуміщення баз у розмір, який зв'язує дві поверхні, необхідно обидві поверхні обробляти з однієї бази.

3. Принцип спадковості баз. Для забезпечення заданих значень основних показників якості поверхні деталі, у процесі оброблення заготовки необхідно використовувати базові поверхні, значення показників якості яких є співрозмірними з тими, яких необхідно досягти.

5.4. Основні принципи вибору технологічних і вимірювальних баз.

Призначення технологічних і вимірювальних баз є одним з найбільш складних і принципових розділів проектування технологічних процесів.

Вибір *вимірювальних баз* впливає на структуру технологічних контрольних операцій, а також на конструктивне виконання контрольних пристроїв, оскільки формально віддаль між поверхнями деталі можна проконтролювати від однієї з двох поверхонь, з'єднаних на кресленні одним розміром.

Основною метою оптимального вибору *технологічних баз* є визначення послідовності оброблення різних поверхонь заготовки, що регламентується необхідністю забезпечення точності взаємного розташування поверхонь, передбаченою кресленням деталі.

Від належного вибору технологічних баз значною мірою залежать:

- фактична точність виконання розмірів;
- фактична точність взаємного розташування оброблених поверхонь деталі;
- ступінь складності пристроїв, різальних інструментів та вимірювальних пристроїв;
- ступінь раціональності вибраного варіанта технологічного процесу;
- ймовірність появи браку при обробленні;
- продуктивність оброблення заготовок та загальна собівартість продукції.

Перш ніж вибирати технологічні бази для конкретної операції, необхідно чітко сформулювати задачі, які повинні бути розв'язані в результаті виконання операції. Ці задачі впливають з вимог креслення та технічних умов на виготовлення деталі. Крім цього, вихідними даними при виборі технологічних баз є вид заготовки та стан її поверхонь, а також бажаний ступінь автоматизації технологічного процесу. Нижче наведено узагальнений **алгоритм вибору технологічних баз**.

1. Проведення аналізу функціонального призначення різних поверхонь деталі і розмірних зв'язків між ними, в результаті якого необхідно виявити основні та допоміжні конструкторські бази деталі.
2. Вибір поверхонь, осей, точок, які потенційно можуть виконувати функцію технологічних баз, для відповідного класу деталей.
3. Вибір технологічних баз для виконання останніх (кінцевих) та проміжних операцій маршруту оброблення (вибір чистових баз).
4. Вибір технологічних баз для виконання першої чи перших операцій маршруту оброблення (вибір чорнових баз).

5.4.1. Загальні принципи вибору технологічних баз.

1. Вибір баз необхідно виконувати з умови можливого суміщення конструкторських і вимірювальних, а також технологічних і вимірювальних баз (принцип єдності (суміщення) баз). Кількість баз визначається вимогами креслення деталі й умовами виконання операції.
2. Технологічні бази доцільно вибирати з числа основних конструкторських баз деталі.
3. Технологічні бази необхідно призначати з врахуванням доступності різальних інструментів до оброблюваних поверхонь, а також наявності поверхонь, до яких у технологічних пристроях будуть прикладені зусилля затиску.
4. Виділити головну технологічну базу, за яку приймається база, яка забезпечує найбільш стійке положення заготовки в пристрої, надає їй максимальної орієнтації, позбавляючи трьох чи чотирьох ступенів вільності.
5. Визначити кількість ступенів вільності, яких була позбавлена заготовка деталі при встановленні на головну базу. Вибрати решту баз.
6. На ескізах деталі на відповідних проекціях відобразити схеми базування умовними позначеннями опорних точок з необхідною нумерацією. Нумерацію починати з головної бази.

5.4.2. Загальні принципи вибору чистових технологічних баз.

1. За чистові бази слід вибирати основні конструкторські бази, від яких задано більшість розмірів, що координують взаємне розташування оброблюваних поверхонь деталі. Відступи від цього правила можливі лише тоді, коли розміри поверхонь задані не відносно основних баз, або коли габарити основних базових поверхонь є недостатніми для надійного базування заготовки або коли оброблення виконують з використанням пристрою-супутника.

2. При виборі чистових баз в першу чергу до уваги необхідно приймати можливість досягнення точності відносного розташування поверхонь деталі, а потім точність отримання розміру (точність взаємного розташування забезпечується на верстатах методами взаємозамінності, що практично виключає можливість корекції, а точність розмірів – методом регулювання, при якому можлива компенсація відхилень).

3. Чистові бази повинні забезпечувати можливість оброблення з одного установу максимальної кількості поверхонь. Ця вимога особливо важлива при обробленні деталей на верстатах з ЧПК, поздовжньо-стругальних та поздовжньо-фрезерних верстатах.

4. Кількість поверхонь, що формують чистову базу, повинна бути мінімально достатньою для забезпечення отримання всіх розмірів, які отримуються на даній операції.

5. При виборі чистових баз рекомендується брати до уваги також зручність встановлення деталі та простоту і собівартість виготовлення пристрою.

6. Вибір технологічних баз для проміжних та викінчувальних операцій технологічного процесу визначає послідовність виконання цих операцій.

7. Для операції, наступної після термічного оброблення, технологічні бази слід встановлювати, відповідно до правил вибору чорнових баз.

8. На проміжних операціях оброблення деталі необхідно, за можливістю, дотримуватись принципів єдності (суміщення), постійності та спадковості баз.

У тих випадках, коли базові поверхні заготовки не забезпечують надійного орієнтування чи необхідної точності встановлення заготовки в пристрої, необхідно передбачити штучні (додаткові) технологічні бази. Оброблення таких баз необхідно проводити з точністю, яка була б співрозмірною з точністю оброблюваних з цих баз поверхонь (відповідно до принципу спадковості баз).

5.4.3. Загальні принципи вибору чорнових технологічних баз.

Встановивши чистові технологічні бази, вибирають технологічні бази для першої операції – чорнові бази. Чорнова база є з'єднувальною ланкою між заготівельними операціями й операціями механічного оброблення, тобто фактично визначає маршрут всього технологічного процесу. При цьому в більшості випадків можна реалізувати кілька варіантів базування. Для знаходження переваг та недоліків кожного варіанту необхідно провести їх аналіз.

На першій операції, яка має особливе значення, переважно вирішуються дві задачі:

- 1) встановлення зв'язків, які визначають відстані і відхилення розташування оброблених поверхонь деталі відносно необроблених поверхонь заготовки;
- 2) забезпечення рівномірного розподілу припуску на оброблюваних поверхнях.

1. Базові поверхні мають бути простими за формою і мати достатню протяжність, оскільки в цьому випадку відхилення форми менше впливають на положення деталі. Правильна геометрична форма базових поверхонь забезпечує її стійкість і жорсткість під час чорнового оброблення зі значними силами різання і разом з тим дозволяє максимально спростити конструкцію використовуваного пристрою. Заготовка повинна займати в пристрої відповідне їй місце під дією власної ваги, а не в результаті прикладання затискних зусиль.

2. Для деталей, у яких оброблюється лише частина поверхонь, на чорнову базу вказує розмір, який у певному координатному напрямі поєднує два типи розмірних ланцюгів, що встановлюють зв'язки між оброблюваними та необроблюваними поверхнями¹.

3. Для деталей, у яких оброблюються всі поверхні, чорновою базою вибирають поверхню з мінімальними припуском для механічного оброблення. У цьому випадку забезпечується правильний розподіл припуску².

4. Чорнова база повинна бути характерною для деталі. Положення чорнової бази повинно визначати точність розташування необроблюваних поверхонь деталі відносно оброблюваних. Чорнова база вибирається так, щоб вже на першій операції механічного оброблення була можливість оброблення тієї поверхні, стосовно якої скоординовано найбільшу кількість решти поверхонь оброблюваної деталі. Іншими словами бажано, щоб перша оброблена поверхня використовувалася надалі як встановлювальна база, будучи одночасно і конструкторською.

5. Базові поверхні повинні бути без явних дефектів для забезпечення однозначності базування. Неприпустимо використовувати поверхні зі слідами роз'єму штампів, ливарних форм, залишками ливникової системи тощо. Поверхні, які знаходились під час відливання внизу, потрібно вважати переважальними порівняно з тими, що знаходились вгорі, оскільки в останніх більша ймовірність наявності рифлень, раковин та інших дефектів.

6. З точки зору експлуатації деталі за чорнові бази слід вибирати найбільш відповідальні поверхні заготовки, відносно яких забезпечується рівномірність припусків та стабільна якість оброблюваних поверхонь.

7. З метою забезпечення правильного взаємного розташування оброблюваних поверхонь відносно необроблюваних, базами для першої операції обирають ті поверхні, які в готовій деталі повинні залишатись необробленими. Лише у цьому випадку оброблені поверхні будуть мати мінімальні зміщення відносно необроблених³.

8. Чорнову базу можна використовувати лише один раз внаслідок її відносно невисокої точності. Повторне використання чорнових баз є неприпустимим. Тим самим вибір чорнової бази визначає поверхню, з якої починається виготовлення деталі. Єдиним винятком з цього правила є обґрунтована необхідність використання принципу спадковості баз.

5.5. Похибка базування. Визначення похибки базування при механічному обробленні.

Одночасно реалізувати перелічені у п. 5.4 рекомендації практично неможливо. Тому перед технологом завжди стоїть завдання відшукати найбільш сприйнятливий варіант, що досягається аналізом переваг та недоліків кожного з можливих варіантів.

Існує також математичний спосіб визначення найвигіднішого варіанта базування на основі використання технологічних розмірних ланцюгів. Однак і в цьому разі логічне осмислення ситуації повинно переважати над математичним. Це зайвий раз підтверджує необхідність розуміння технологом суті того, що відбувається на першій операції. А ця суть розкривається лише на наступних операціях. Тому, вирішуючи питання про вибір баз на першій операції, технолог повинен бачити, до чого надалі приведе те чи інше його рішення.

¹ Приклад: для забезпечення співвісності зовнішньої необроблюваної та внутрішньої оброблюваної циліндричних поверхонь чорновою базою вибирають вісь зовнішньої поверхні.

² Приклад: лита заготовка для втулки. Коли припуск на внутрішній поверхні є відносно невеликим, то саме таку поверхню слід використовувати як чорнову базу. В іншому випадку та при несиметрично розміщеному припуску по зовнішній поверхні після оброблення (розточування) отвору на внутрішній поверхні може залишитися необроблена ділянка.

³ Приклад: поршень автомобільного двигуна, в якому чорновою базою найчастіше приймають внутрішню порожнину поршня. Такий вибір бази забезпечує рівностінність.

Виконання основних принципів вибору технологічних баз, наведених у п. 5.4, визначає можливість отримання комплексу показників якості, заданих кресленням та технічними умовами на деталь. Для об'єктивного ж встановлення оптимального варіанту схеми базування заготовки на технологічній операції слід застосовувати розрахунковий метод, який може бути реалізовано двома способами - *проектним* або *перевірковим*.

Застосування цих способів ґрунтується на розрахунковому оцінюванні *точності базування* за рахунок визначення *похибки базування*.

Точність базування – це ступінь відповідності положення заготовки, деталі чи складальної одиниці, яке досягнуте базуванням, необхідному положенню.

Похибка базування – відхилення фактично досягнутого положення заготовки при її базуванні від потрібного.

Похибка базування виникає тоді, коли технологічна база вибрана у такий спосіб, що зі зміною розмірів заготовки (в межах поля допуску) змінюється у певних межах і витримуваний розмір. Похибка базування еквівалентна похибці розташування вимірювальної бази відносно технологічної бази в певному координатному напрямку для прийнятої схеми базування і розраховується для певного отриманого розміру (лінійного або кутового,) якщо оцінюється відносно розташування вимірювальної та базової поверхонь. Для визначення величини похибки базування у кожному конкретному випадку треба виразити віддаль між конструкторською та технологічною базою як функцію розмірів відповідних елементів деталі та пристрою. Спроектвавши цю віддаль на напрям витриманого розміру, отримують математичний вираз, який показує, які параметри і яким саме чином впливають на точність базування.

Зменшення похибки базування може здійснюватися за рахунок зменшення зазорів, які завжди існують між базовими елементами пристрою та відповідними базовими елементами заготовки деталі; суміщення технологічної та вимірної бази; використання налагоджувальних баз.

Відомо, що сумарна похибка, яка виникає в процесі оброблення заготовки, повинна бути меншою за величини допусків розмірів, які витримуються на операції. Ця похибка є геометричною сумою елементарних похибок: встановлення $\varepsilon_{вст}$, оброблення $\varepsilon_{обр}$ та налагодження $\varepsilon_{нлг}$. Відповідно до практичних рекомендацій [2], похибка встановлення заготовки $\varepsilon_{вст}$ не повинна перевищувати третини допуску на витримуваний розмір у пристрої під час оброблення на налагодженому верстаті.

Похибка встановлення заготовки визначається за виразом:

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\varepsilon}^2 + \varepsilon_{np}^2} \quad (5.4)$$

де ε_{δ} – похибка базування; $\varepsilon_{\varepsilon}$ – похибка закріплення заготовки у пристрої; ε_{np} – похибка положення пристрою на верстаті.

Похибка закріплення $\varepsilon_{\varepsilon}$ виникає лише у випадку співпадіння напрямку дії сили затиску з напрямком витриманого розміру. Здебільшого верстатні пристрої проектується таким чином, що напрямок дії сили затиску перпендикулярний напрямку витриманого розміру, тобто $\varepsilon_{\varepsilon} = 0$. Технологічні можливості сучасного інструментального виробництва забезпечують значення похибки ε_{np} у межах 10-15 мкм [8 (т. 1)]. Тому можна вважати, що вказана похибка є систематичною похибкою, яка компенсується налагодженням інструменту перед обробленням, і є величиною фактично сталою. Відповідно можна прийняти, що

$$\varepsilon_{вст} = \varepsilon_{\delta} \quad (5.5)$$

При виборі схеми базування допускається похибку базування ε_{δ} порівнювати з третиною допуску на витримуваний розмір, тобто виконувати перевірку нерівності:

$$\varepsilon_{\delta} \leq \frac{1}{3} TA, \quad (5.6)$$

де TA – допуск розміру A деталі, який контролюється відносно вимірювальної бази.

Таким чином, шляхом порівняння похибки базування ε_{δ} з допуском витримуваного розміру здійснюють вибір схеми базування та пов'язаний з ним вибір послідовності оброблення поверхонь.

Практичне правило розрахунку похибки базування:

похибка базування, при витримуванні певного розміру деталі в процесі її виготовлення, чисельно рівна допуску розміру, який з'єднує технологічну та вимірювальну бази.

Похибку базування доцільно розраховувати для способу отримування розмірів на налагоджених металорізальних верстатах. При отримуванні розмірів способом пробних ходів розрахунок похибки базування непотрібний.

Нижче розглянуто приклади визначення похибок базування.

Похибка базування при встановленні заготовок на плоскі поверхні.

Нехай для деталі, яка показана на рис. 5.17, необхідно отримати розмір B з допуском. Приймаючи за технологічну базу поверхню I і відповідно встановивши фрезу, похибка базування при виготовленні партії деталей зведеться до нуля (рис. 5.17, а).

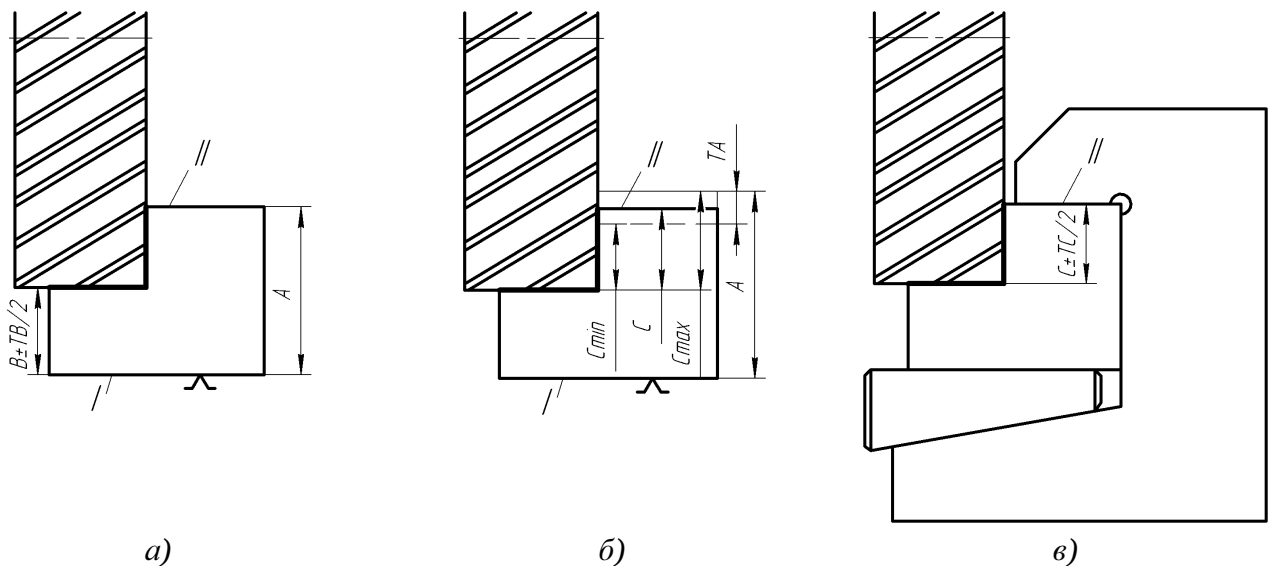


Рис. 5.17. Визначення похибки базування при встановленні заготовки на плоскі поверхні
 (а – при суміщенні конструкторської і технологічної баз;
 б – при несуміщенні конструкторської і технологічної баз;
 в – варіант базування заготовки по поверхні II).

Якщо для цієї ж деталі необхідно витримати з допуском розмір C , то, встановивши деталь, як і у першому випадку, поверхнею I , вносимо у витримуваний розмір похибку базування, величина якої залежатиме від допуску на розмір A (TA). Конструкторською базою, від якої задано розмір, у цьому випадку є поверхня II . Розмір A може змінюватися в межах поля допуску TA . Відповідно, похибкою базування буде величина цього поля допуску:

$$\varepsilon_{\delta} = TA \quad (5.7)$$

і, відповідно, величина отриманого розміру C при цьому буде коливатися в межах TA – від C_{min} до C_{max} (рис. 5.17, б).

Визначивши похибку базування, необхідно знайти такі методи проведення оброблення, щоб величина цієї похибки була меншою за допуск на витримуваний розмір TC :

$$\varepsilon_{\bar{o}} < TC \quad \text{або} \quad \varepsilon_{\bar{o}} \leq TC - \Delta_{\Sigma}, \quad (5.8)$$

де Δ_{Σ} – сумарне значення всіх інших похибок механічного оброблення.

Для наведеного прикладу цю задачу можна вирішити двома способами:

1) зменшенням допуску на розмір A так, щоб цей допуск був значно меншим за допуск на розмір C , тобто задовольняв вимогу $TA \leq TC - \Delta_{\Sigma}$;

2) зміною способу базування заготовки, прийнявши за технологічну базу поверхню II (пристрій для оброблення в розмір C мав би принциповий вигляд, як показано на рис. 5.17, в).

Другий спосіб кращий, оскільки похибка базування рівна нулю, але при цьому дещо ускладнюється конструкція пристрою.

Похибка базування при встановленні заготовок на циліндричні поверхні у призмах.

Типовим прикладом базування заготовок на циліндричні поверхні є встановлення валика у призмі. Приймаючи, що при такому встановленні необхідно зняти лиску з циліндричної поверхні валика, можна виділити три можливі випадки визначення положення лиски залежно від того, який з розмірів (l , h чи H) необхідно отримати з допуском (рис. 5.18).

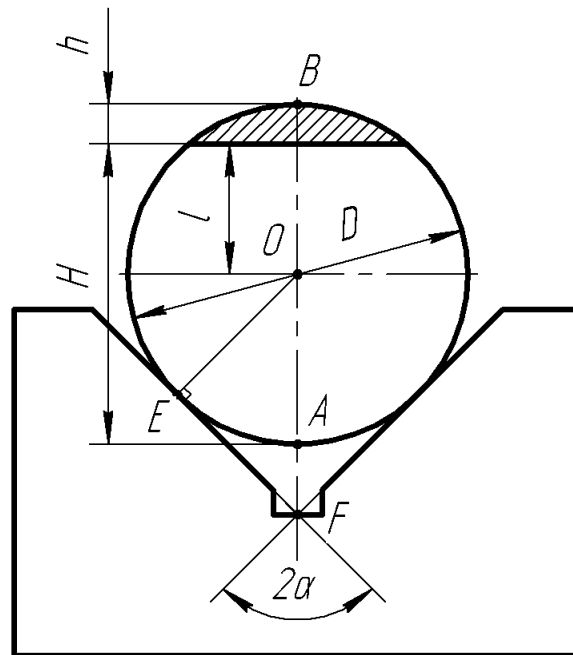


Рис. 5.18. Визначення похибки базування валика при встановленні у призмі.

Для випадку, коли з допуском витримується розмір l , конструкторською базою буде центр валика O , а розміром, який визначає положення конструкторської бази відносно опорної поверхні призми – розмір $|OF|$:

$$|OF| = \frac{|OE|}{\sin \alpha} = \frac{D}{2 \sin \alpha} \quad (5.9)$$

Якщо перейти від D до TD , то похибка базування для розміру l буде рівна:

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{TD}{2 \sin \alpha} \quad (5.10)$$

За необхідності витримання розмірів **H** чи **h**, конструкторськими базами стануть відповідно точки **A** або **B**, а розмірами, які визначають положення цих точок відносно призми – відрізки $|AF|$ і $|BF|$. З рис. 5.18:

$$|AF| = |OF| - \frac{D}{2} = \frac{D}{2} \left[\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right] \quad (5.11)$$

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{TD}{2} \left[\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right]$$

$$|BF| = |OF| + \frac{D}{2} = \frac{D}{2} \left[\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right] \quad (7.12)$$

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{TD}{2} \left[\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right]$$

Аналіз формул (5.6) – (5.9) показує, що похибка базування валика при встановленні його у призму буде тим меншою, чим меншим є допуск на діаметр валика **TD** та чим більшим є кут призми **2α**. Похибка базування може дорівнювати нулю, лише при витримуванні розміру **H**, коли кут призми дорівнюватиме 180°, тобто при встановленні валика на плоску поверхню.

Похибка базування при встановленні заготовок на циліндричні і конічні отвори.

При встановленні заготовок по отворах можуть виникати похибки базування двох родів:

1) в радіальному напрямі, за рахунок зазору **Δ** між внутрішньою поверхнею базового отвору та зовнішньою поверхнею оправки;

2) в осьовому напрямі, за рахунок неспівпадиння конструкторської та технологічної баз.

Схема встановлення деталей класу втулок на жорсткій оправці показана на рис. 5.19.

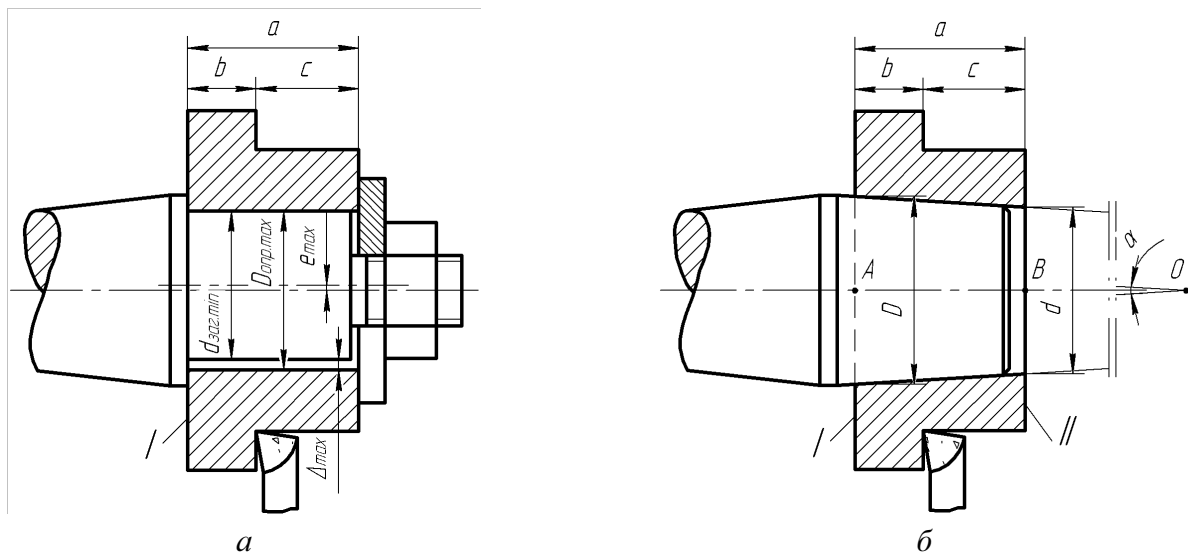


Рис. 5.19. Визначення похибки базування при встановленні деталі по циліндричному (а) і конічному (б) отворах.

Найбільше зміщення (ексцентриситет) e_{max} центра технологічної бази відносно центра конструкторської бази, якою є центр отвору заготовки, рівне половині максимального зазору Δ_{max} між заготовкою та оправкою:

$$e_{max} = \frac{\Delta_{max}}{2} = \frac{D_{onp.max} - d_{zag.min}}{2} = \frac{\Delta_{min} + TD + Td}{2}, \quad (5.13)$$

де Δ_{min} – мінімальний технологічний зазор; TD і Td – відповідно допуски отвору оправки та заготовки.

Максимальне радіальне биття зовнішньої і внутрішньої циліндричних поверхонь обробленої деталі буде рівним Δ_{max} .

Похибки розмірів b і c (конструкторська база – торець I) рівні:

$$\varepsilon_b = 0; \quad \varepsilon_c = Ta, \quad (5.14)$$

де Ta – допуск на розмір a .

Коли встановлення заготовки відбувається по кінчному отвору, то похибки в радіальному напрямі (ексцентриситет і радіальне биття) рівні нулю, а похибки розмірів b і c залежать від коливань відстаней конструкторських баз I і II від встановлювального елемента (технологічної бази) оправки (точка O).

Відстань конструкторської бази I (і точки A) від точки O виразиться як (див. рис. 5.19):

$$|AO| = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \alpha/2 = \frac{D}{2} \cdot \frac{a}{\frac{D-d}{2}} = \frac{Da}{D-d} = \frac{D}{k}, \quad (5.15)$$

де D і d – крайні діаметри кінчного отвору деталі; $k = \frac{D-d}{2}$ – конусність отвору.

У цьому разі, похибка отримання розміру b рівна:

$$\varepsilon_b = \frac{\delta_D}{k} \quad (5.16)$$

Похибка отримання розміру c залежить від положення конструкторської бази II :

$$|BO| = |AO| - a = \frac{D}{k} - a, \quad (5.17)$$

тобто залежить від допусків на діаметр D і розмір a , а також від конусності k :

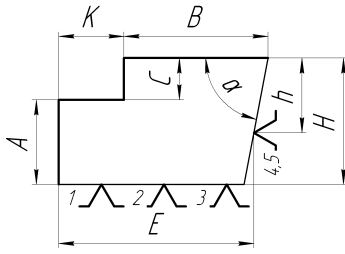
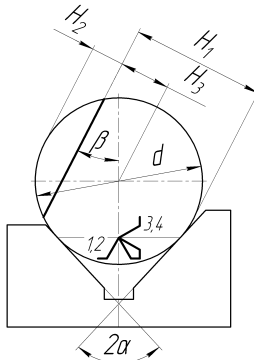
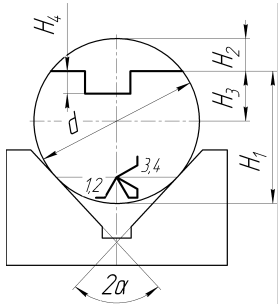
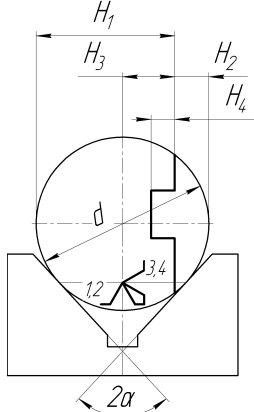
$$\varepsilon_c = \sqrt{\left(\frac{\delta_D}{k}\right)^2 + \delta_a^2} \quad (5.18)$$

Похибки базування ε_ϕ доцільно визначати за розмірними ланцюгами у яких замикальна ланка є розміром, який з'єднує вимірювальну та технологічну бази. Розмір між вказаними базами на кресленні деталі може бути відсутнім.

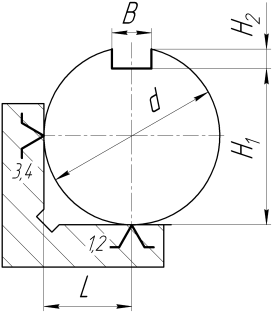
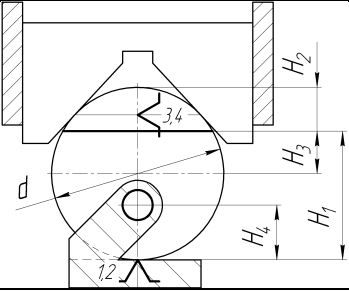
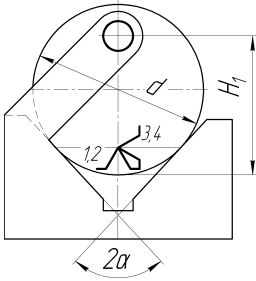
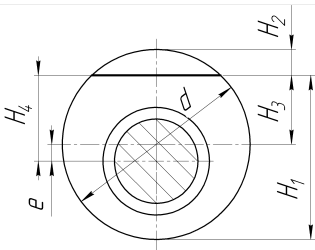
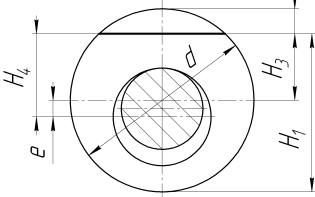
У табл. 5.1 наведено вибіркові залежності для визначення похибки базування заготовок під час їх механічного оброблення.

Таблиця 5.1.

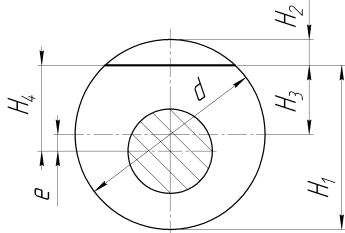
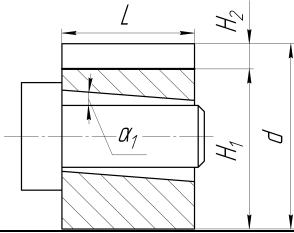
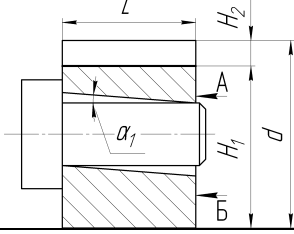
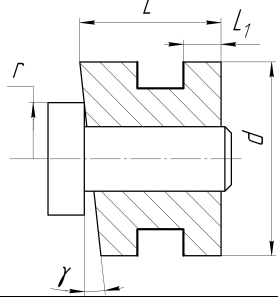
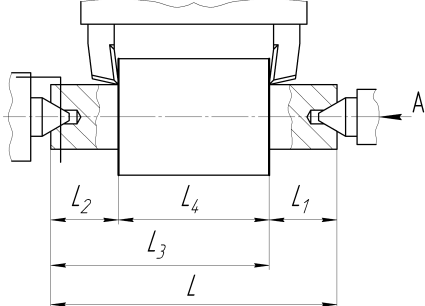
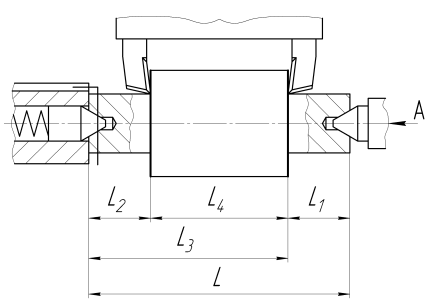
Залежності для визначення похибки базування заготовок під час їх механічного оброблення (вибірково)

Базування, оброблювані поверхні	Схема встановлення	Роз-мір	Похибка базування ε_b
1. На дві площинні поверхні. Оброблення уступа		A	0
		B	$Th \cdot \operatorname{tg} \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$
			0 при $\alpha = 90^\circ$
		C	TH
		K	TE
2. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі. Оброблення площинної поверхні, паза		H1	$0,5 Td \cdot \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}\right)$ при $\beta = 0 \div \alpha$
			$0,5 Td \cdot \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - 1\right)$ при $\beta = \alpha \div 90^\circ$
		H2	$0,5 Td \cdot \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + 1\right)$
		H3	$0,5 Td \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$
3. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі. Оброблення площинної поверхні, паза		H1	$0,5 Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1\right)$
		H2	$0,5 Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1\right)$
		H3	$0,5 Td \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$
		H4	0
4. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі. Оброблення площинної поверхні, паза		H1	$0,5 \cdot Td$
		H2	$0,5 \cdot Td$
		H3	0
		H4	0

Продовження табл. 5.1.

Базування, оброблювані поверхні	Схема встановлення	Роз- мір	Похибка базування ε_{δ}
5. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі. Оброблення паза		H ₁	0
		H ₂	0
		L	0,5 Td
		B	0
6. Затиск призмою. Оброблення площинної поверхні, паза, отвора		H ₁	0
		H ₂	Td
		H ₃	0,5 Td
		H ₄	0,5 Td
7. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі. Оброблення отвора з кондуктором.		H ₁	$0,5 Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$, при H ₁ > 0,5 d
			$0,5 Td \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$, при H ₁ = 0,5 d
			$0,5 Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$, при H ₁ < 0,5 d
8. Отвором на палець з зазором. Оброблення площинної поверхні, паза		H ₁ H ₂	0,5 Td + 2e + Td ₃ + + TD ₃ + 2S _{3min}
		H ₃	2e + Td ₃ + TD ₃ + + 2S _{3min}
		H ₄	Td ₃ + TD ₃ + 2S _{3min}
9. Отвором на палець з однобічним притисканням. Оброблення площинної поверхні, паза		H ₁ H ₂	0,5 Td + 2e + 0,5 Td ₃
		H ₃	2e + 0,5 Td ₃ + 0,5 TD ₃
		H ₄	0,5 Td ₃ + 0,5 TD ₃

Продовження табл. 5.1.

10. Отвором на палець з натягом. Оброблення площинної поверхні, паза		H ₁ H ₂	$0,5 Td + 2e$
		H ₃	$2e$
		H ₄	0
11. Отвором на палець з зазором; торець не перпендикулярний до осі отвору. Оброблення паза		H ₁ H ₂	$0,5 Td + 2e + Td_3 +$ $+ TD_3 + 2S_{3min} -$ $- 2L \cdot \operatorname{tg} \alpha$
12. Отвором на палець з зазором; торець не перпендикулярний до осі отвору. Оброблення паза		H ₁ H ₂	$0,5 Td + 2e + 0,5 Td_3 +$ $+ L \cdot \operatorname{tg} \alpha$
13. Отвором на палець без зазора, торець не перпендикулярний до осі отвору. Оброблення канавки		L ₁	$TL + 2r \cdot \operatorname{tg} \gamma$
14. На центрові отвори; передній центр нерухомий. Оброблення торців		L ₁	$TL + TL_5$
		L ₂ L ₃	$TL_5 = \frac{Td_5}{\operatorname{tg} \alpha_5}$
		L ₄	0
15. На центрові отвори; передній центр плаваючий. Оброблення торців		L ₁	TL
		L ₂ L ₃ L ₄	0

Закінчення табл. 5.1.

16. На два отвори (по циліндричному і зрізаному пальцях). Оброблення отвору, площинних поверхонь		H ₁	$\frac{L_1 \cdot (S_{1max} + S_{2max})}{2 \cdot L_0}$	
		H ₂	$0,5 \cdot (S_{1max} + S_{2max})$	
		H ₃	S_{1max}	
		H ₄	S_{1max}	
		H ₅	$S_{1max} + TL_0$	
Примітки: 1. На схемах 1 - 13: Th , TH , TL – допуски на відповідні розміри; Td – допуск зовнішнього діаметра заготовки; Td_3 – допуск діаметра пальця (оправки); TD_3 – допуск діаметра отвору; α – половина кута призми; S_{3min} – мінімальний зазор між отвором і циліндричним пальцем (оправкою) ($S_{3min} = D_{3min} - d_{3max}$); e – ексцентриситет зовнішньої циліндричної поверхні відносно отвору; H_3 – розмір від поверхні, що обробляється до осі зовнішньої поверхні; H_4 – розмір від оброблюваної поверхні до осі отвору. 2. На схемах 14 - 15: Td_5 – допуск діаметра конічного центрового отвору; TL – допуск загальної довжини валу; TL_0 – допуск віддалі між осями отворів; TL_5 – допуск довжини конічного центрового отвору; α_5 – половина кута конічного центрового отвору; S_{1max} – найбільший зазор між отвором і циліндричним пальцем ($S_{1max} = D_{1max} - d_{1min}$); S_{2max} – найбільший зазор між отвором і зрізаним пальцем ($S_{2max} = D_{2max} - d_{2min}$). 3. Похибка базування на схемах 8 – 13 містить похибку пристрою. 4. При значенні кута конуса центрового отвору: $2\alpha_5 = 60^\circ$, величину допуску TL_5 приймати рівною:				
Найбільший діаметр центрового отвору, мм	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7,5; 10	12,5; 15
TL_5 , мм	0,11	0,14	0,18	0,21

5.6. Практичні рекомендації щодо вибору оптимальних схем базування.

5.6.1. Проектний спосіб вибору схем базування.

Проектний спосіб вибору варіанту схеми базування є доволі працездатним. Його виконання є доцільним за умови, що поточний склад технологічного устаткування на ділянці механічного оброблення заданої деталі є незмінним у процесі виконання програми випуску. У цьому випадку відомими є технологічні можливості верстатів, очікувані похибки технологічних систем при витримуванні розмірів оброблюваних заготовок. Проектний спосіб може бути раціонально реалізований із застосуванням положень теорії розмірних ланцюгів. При цьому необхідно також враховувати вибрану кількість переходів та можливих методів оброблення поверхонь.

Розроблення схеми базування здійснюється за дотримання загальних рекомендацій з вибору технологічних баз і з врахуванням таких правил.

1. Основною необхідною вимогою є виконання принципу суміщення баз. Вказаний принцип може не виконуватися за умови, що конструктивні особливості заготовки, яка підлягає обробленню, потребують розроблення складних пристроїв. За відсутності суміщення технологічних і вимірювальних баз виникає похибка базування для витриманого розміру.

2. Висновок про вибір певної схеми базування приймається після порівняння похибки базування витриманого розміру з допуском цього розміру відповідно до (5.6). Схема базування приймається вихідною для подальших розрахунків, якщо нерівність (5.6) виконується.

3. Невиконання нерівності (5.6) свідчить про низьку точність розміру, який для даної схеми базування поєднує технологічну та вимірювальну бази. У цьому випадку необхідно:

- ввести додаткову попередню операцію для забезпечення підвищеної точності розміру, який поєднує вимірювальну та технологічну бази (навіть, якщо пропонована точність розміру кресленням деталі не передбачається, а додаткова операція (установ) з її забезпечення є зайвою);

- використати принцип концентрації оброблюваних поверхонь на одній операції, тобто використати налагоджувальні технологічні бази; у цьому випадку похибка базування розмірів отримуваних від налагоджувальної бази дорівнюватиме нулеві.

4. Схему базування необхідно вибрати спочатку для деталі, потім – для заготовки.

5. Похибки базування доцільно визначати за виразами, які встановлені для відомих схем базування ([8 (т. 1)]; таблиця 5.1 тощо).

5.6.2. Перевірковий спосіб вибору схем базування.

Перевірковий вибір варіанту схеми базування ґрунтується на застосуванні відомих, апробованих схем встановлення заготовок та черговості оброблення поверхонь, які традиційно використовуються при виготовленні деталей різних класів, наприклад, корпусів, станин, валів, дисків, зубчастих коліс тощо. Якщо розміри, які потрібно витримати, відповідно до креслення деталі, відрізняються від розмірів, які витримуються при використанні відомих схем базування, необхідно виконати розрахунок похибки базування відповідного розміру з перевіркою виконання нерівності (5.6). Типові схеми базування заготовок при їх механічному обробленні, а також можливі варіанти реалізації таких схем наведено на рис. 5.3 – 5.12, а також у табл. 5.2. Вибір схем базування для окремих класів деталей здійснюється відповідно до рекомендацій, наведених у [1, 5].

Вибір технологічних баз для оброблення поверхонь корпусних деталей з головним отвором здійснюється за одним з нижченаведених варіантів.

Варіант 1.

1. Для більшості операцій оброблення заготовки – технологічні бази, які утворюють координатний кут (встановлювальна, напрямна та опорна бази).

2. Для оброблення на першій операції – основна (нижня) площина корпусу чи поверхня під кришку (встановлювальна база), поверхня головного отвору (напрямна база), поверхня торця головного отвору (опорна база). Можна також використовувати поверхню головного отвору як подвійну напрямну базу.

Варіант 1.

1. Для оброблення більшості поверхонь заготовки – основна (нижня) площина корпусу (встановлювальна база) та поверхні двох отворів, перпендикулярних до цієї площини (напрямна та опорна бази).

2. Для оброблення на першій операції – поверхні полицок (встановлювальна база), площина симетрії корпусу або площина симетрії основного отвору (напрямна база), площина симетрії корпусу або торець корпусу (опорна база).

Вибір технологічних баз для оброблення поверхонь валів.

1. Для більшості операцій оброблення торцевих та зовнішніх циліндричних, шліцьових, різбових та інших фасонних поверхонь – конічні центрові отвори (подвійна напрямна база) та один з торців (опорна база). Для витримування лінійних розмірів між торцями ступенів валу доцільно використовувати налагоджувальні бази. При обробленні шпонкових пазів технологічними базами є зовнішні циліндричні поверхні валу якими заготовка встановлюється у призми (площина симетрії – напрямна база, площина, яка проходить через точки контакту призми з циліндричною поверхнею валу – напрямна база), а також торець ступені (опорна база).

2. Для оброблення на першій операції - зовнішні циліндричні поверхні заготовки (подвійна напрямна база) та один з габаритних торців (опорна база).

Вибір технологічних баз для оброблення поверхонь фланців.

1. Для більшості операцій оброблення циліндричної поверхні, торця, кріпильних отворів, лисок тощо – торець (встановлювальна база) та циліндрична поверхня пояса, який утворює з'єднання зі спряжуваною деталлю (подвійна опорна база).

2. Для оброблення на першій операції – торець фланця з найбільшими габаритами (встановлювальна база), зовнішня циліндрична поверхня (подвійна опорна база).

Вибір технологічних баз для оброблення поверхонь важелів та вилок.

1. Для більшості операцій оброблення основних конструкторських баз – циліндричний отвір (подвійна напрямна база) та один з його торців (опорна база). Для більшості операцій оброблення допоміжних конструкторських баз – циліндрична поверхня основного отвору (подвійна напрямна база), торець бобишки (опорна база), площини симетрії (опорна база).

2. Для оброблення на першій операції – площина симетрії заготовки (напрямна база), зовнішня поверхня бобишки заготовки (подвійна напрямна або подвійна опорна бази), торцеві поверхні заготовки (відповідно опорна або встановлювальна бази).

5.7. Типові позначення схем базування на операційних ескізах.

При розробленні різних технологічних документів – операційних ескізів, схем базування і закріплення при проектуванні технологічного оснащення тощо – необхідно позначити бази і зазначити форму поверхонь, використаних для базування, кількість ступенів вільності, яких вони позбавляють, точки прикладання сил затиску, зазначити джерело їх виникнення. Для цього використовуються спеціальні умовні позначення відповідно до ГОСТ 3.1107-81 „Обозначения условные графические, применяемые в технологических процессах. Опоры и зажимы”.

На практиці технологічні бази реалізуються у формі опор, на вибір конструктивного виконання яких впливають форма, розміри, шорсткість базових поверхонь заготовки, а також очікувана стійкість і жорсткість її закріплення. Нижче наведено основні види опор та їх характеристики:

- площина – позбавляє заготовку трьох ступенів вільності;
- палець високий циліндричний (оправка) – позбавляє чотирьох ступенів вільності;
- палець низький циліндричний – позбавляє двох ступенів вільності (подвійна опорна база);
- палець низький зрізаний – позбавляє одного ступеня вільності (опорна база);
- призма довга - позбавляє чотирьох ступенів вільності (подвійна напрямна база);
- призма коротка - позбавляє двох ступенів вільності (подвійна опорна база);
- оправка довга конічна - позбавляє п'яти ступенів вільності (практична реалізація – конічний палець);
- центри двосторонні - позбавляють п'яти ступенів вільності (практична реалізація – встановлення валу в центрах на конічні центрові отвори: один отвір - позбавляє заготовку деталі трьох ступенів вільності (опорна база і дві точки подвійної напрямної бази); другий отвір – позбавляє додатково заготовку деталі двох ступенів вільності (дві точки подвійної напрямної бази)).

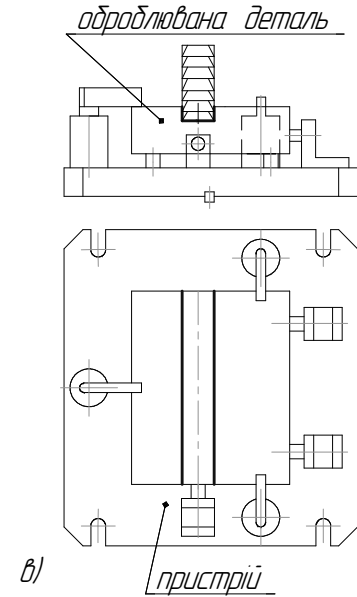
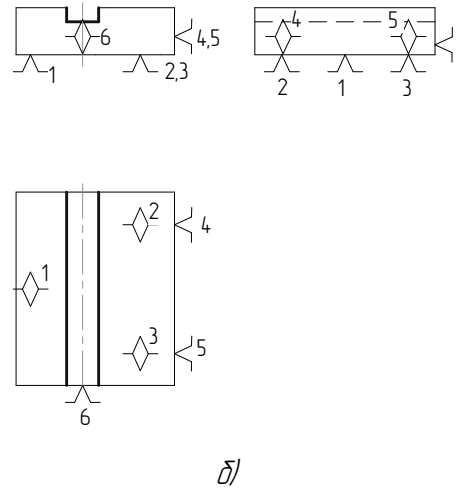
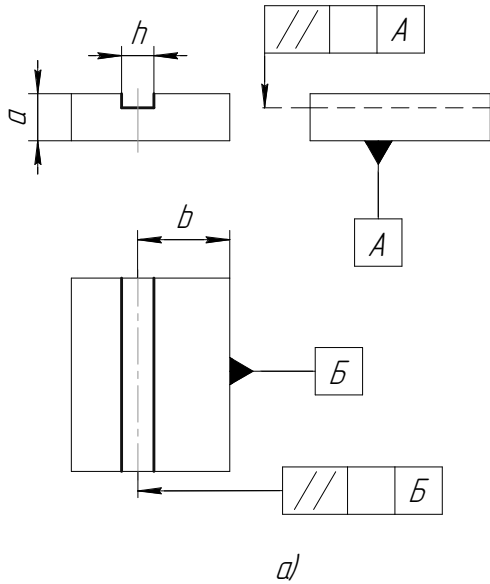
У табл. 5.3 – 5.5. наведено найбільш розповсюджені графічні зображення опор, затискачів і встановлювальних елементів (табл. 5.3), їх робочих поверхонь (табл. 5.4), а також приклади їх використання (табл. 5.5).

Таблиця 5.2.

Приклади розроблення та реалізації схем базування

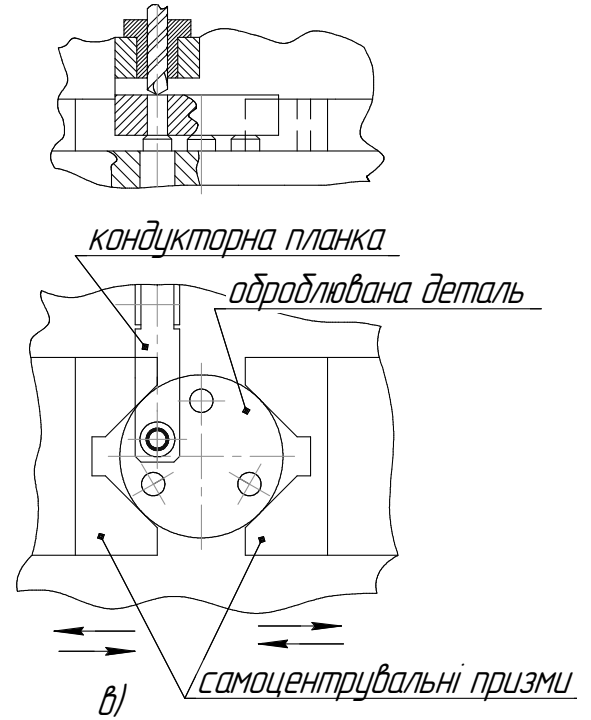
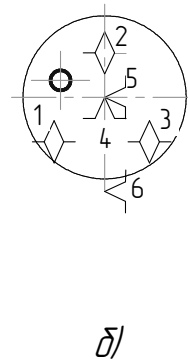
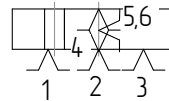
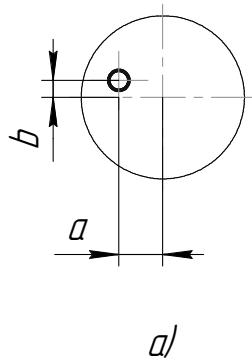
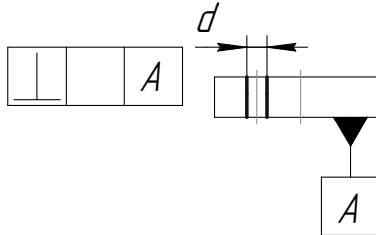
а) ескіз деталі; б) теоретична схема базування; в) приклад реалізації теоретичної схеми базування

Задача 1. При фрезеруванні паза шириною h необхідно витримати розміри a і b та забезпечити паралельність осі паза відносно поверхні B і паралельність дна паза відносно поверхні A



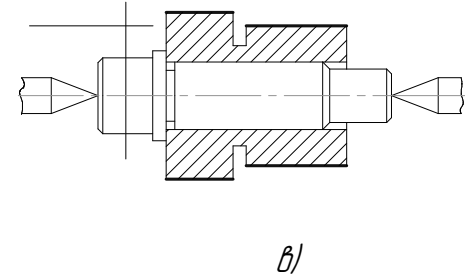
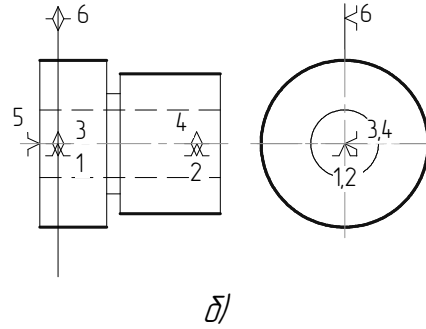
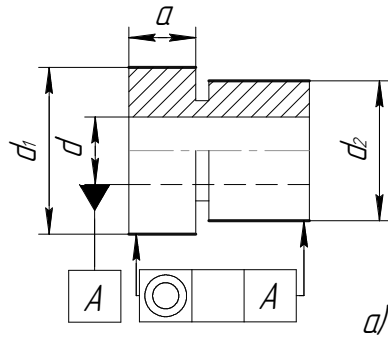
Продовження табл. 5.2.

Задача 2. При обробленні отвору у диску у розмір d необхідно витримати розміри a і b та забезпечити перпендикулярність осі отвору відносно поверхні A



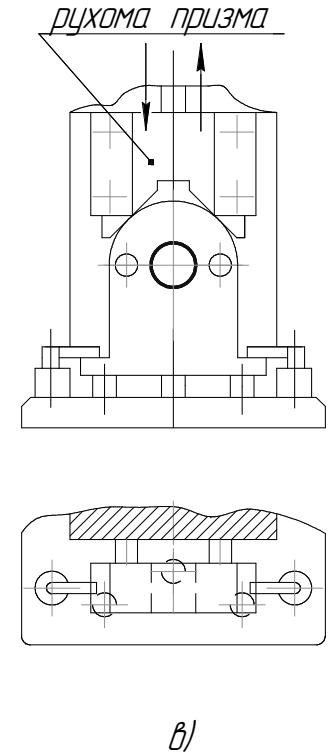
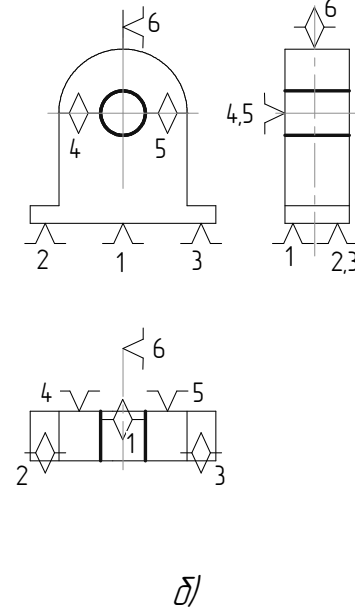
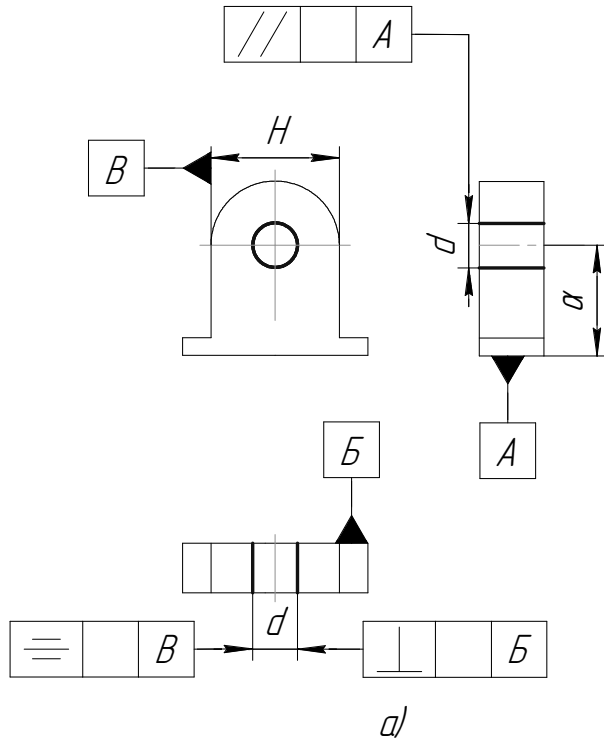
Продовження табл. 5.2.

Задача 3. При обробленні циліндричних поверхонь у розмір d_1 і d_2 необхідно забезпечити їх співвісність з отвором d та витримати розмір a



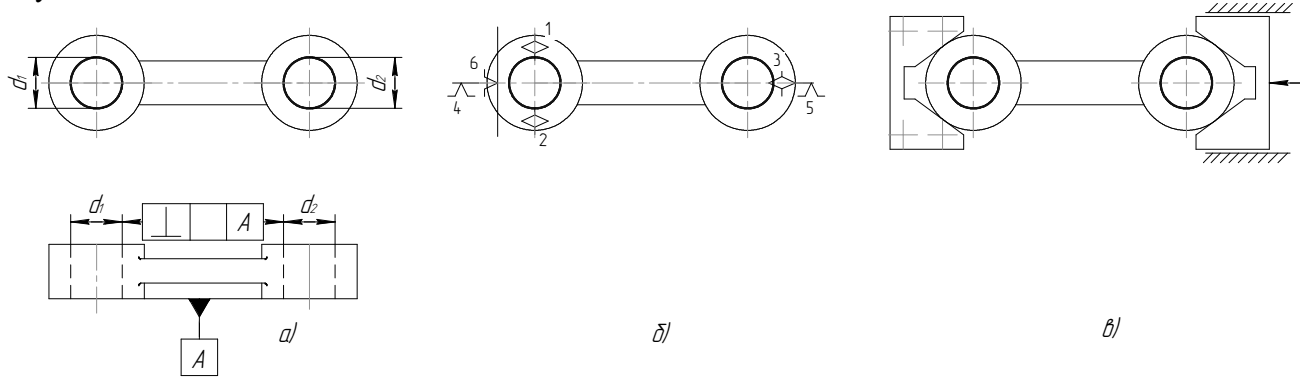
Продовження табл. 5.2.

Задача 4. При розточуванні отвору у розмір d необхідно витримати розмір a та забезпечити паралельність осі отвору до поверхні A , перпендикулярність осі отвору до площини B у перетині $I-I$, симетричність отвору відносно зовнішнього контуру деталі

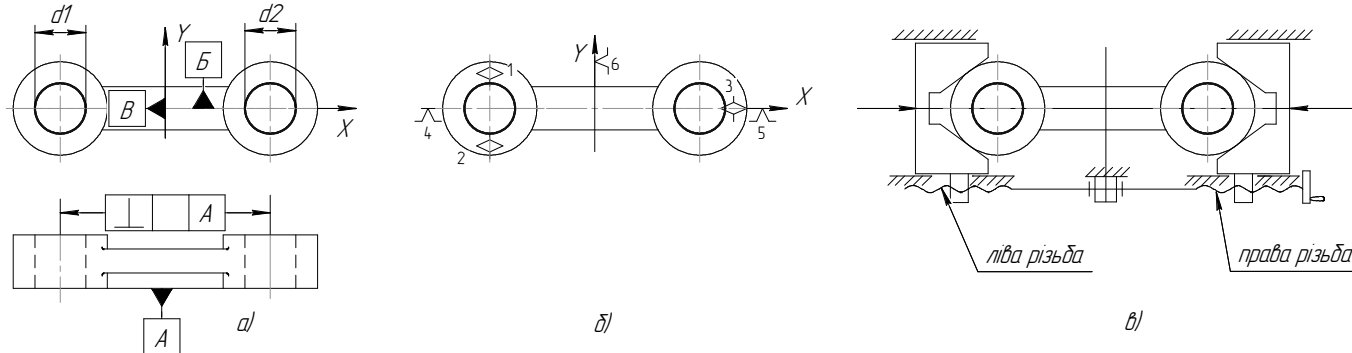


Продовження табл. 5.2.

Задача 5. При обробленні (з використанням кондуктора) отворів у розміри d_1 і d_2 у втулках важеля необхідно забезпечити перпендикулярність осей отворів до поверхні A і симетричність отворів відносно загальної площини симетрії втулок важеля

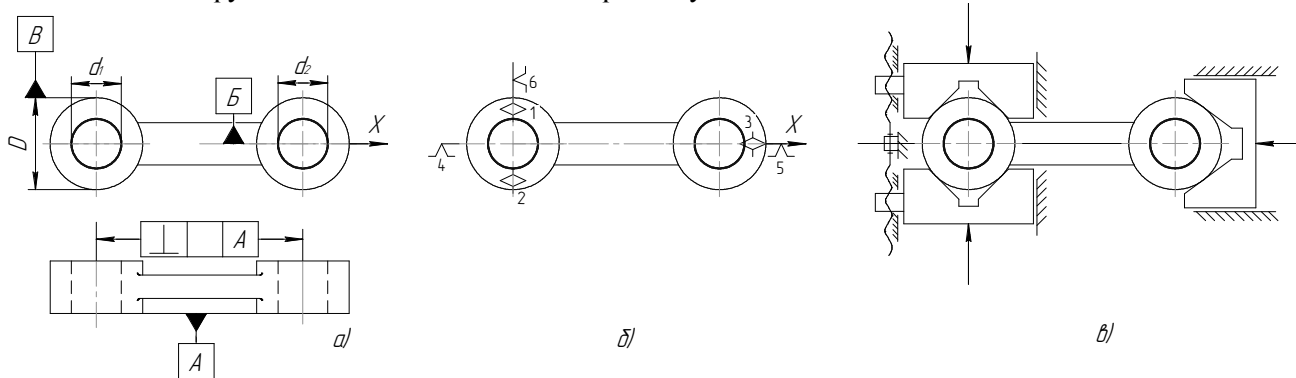


Задача 6. При обробленні (з використанням кондуктора) отворів у розміри d_1 і d_2 у втулках важеля необхідно забезпечити перпендикулярність осей отворів до поверхні A і симетричність отворів відносно площин симетрії втулок X і Y

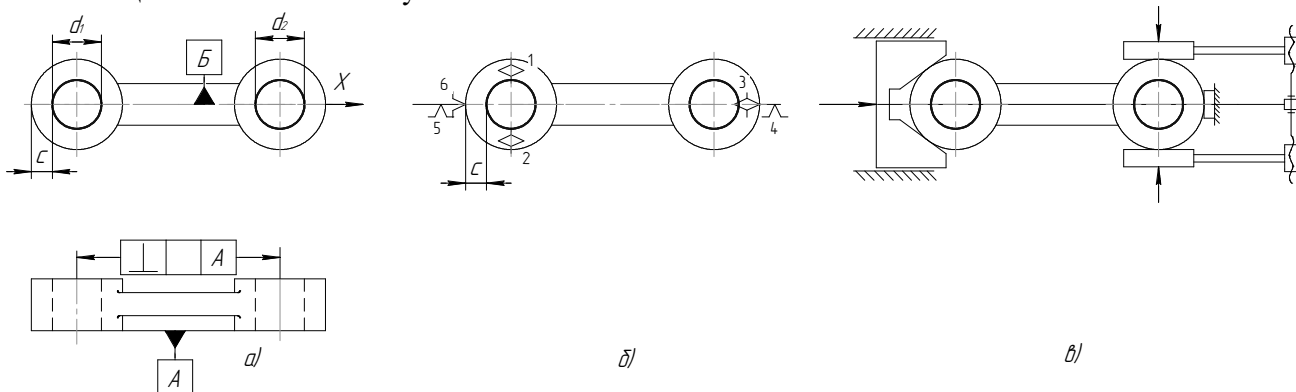


Закінчення табл. 5.2.

Задача 7. При обробленні (з використанням кондуктора) отворів у розміри d_1 і d_2 у втулках важеля необхідно забезпечити перпендикулярність осей отворів до поверхні A , симетричність отворів відносно площин симетрії втулок X і Y , співвісність отвору d_1 відносно зовнішньої поверхні втулки D_1



Задача 8. При обробленні (з використанням кондуктора) отворів у розміри d_1 і d_2 у втулках важеля необхідно забезпечити перпендикулярність осей отворів до поверхні A , симетричність отворів відносно площини симетрії X і постійність товщини C стінки лівої втулки

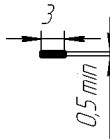
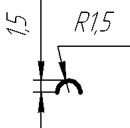
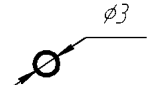
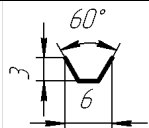
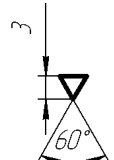
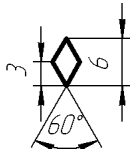
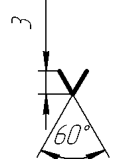
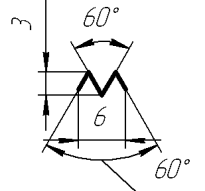


Опори, затискачі та встановлювальні елементи. Графічні зображення (ГОСТ 3.1107-81)

Назва	Позначення на видах		
	спереду, позаду	зверху	знизу
<i>Опори</i>			
Нерухома			
Рухома			
Плаваюча			
Регульована			
<i>Затискачі</i>			
Одинарний			
Подвійний			
<i>Встановлювальні елементи</i>			
Центр нерухомий		Позначення відсутні	
Центр обертовий		Позначення відсутні	
Центр плаваючий		Позначення відсутні	
Оправка циліндрична			
Оправка кулькова (роликова)			
Оправка цангова, гідропластова			
Патрон повідковий			

Таблиця 5.4

Умовні позначення робочих поверхонь встановлювальних і затискних елементів.

Назва	Умовне позначення
Плоската	
Сферична	
Циліндрична (кулькова)	
Призматична	
Конічна	
Ромбовидна	
Тригранна	
Рельєф робочої поверхні (рифлена, різева, шлицьова тощо)	

Таблиця 5.5.

Приклади використання позначень опор, затискних і встановлювальних елементів

Назва	Умовне позначення	Назва	Умовне позначення
Центр нерухомий (гладкий)		Центр рифлений	
Центр плаваючий		Центр обертовий	
Центр зворотний обертовий з рифленою поверхнею		Патрон повідковий	
Льонет нерухомий		Льонет рухомий	
Оправка циліндрична		Оправка конічна, роликів	
Оправка різьба, циліндрична з зовнішньою різьбою		Оправка шліцьова	
Оправка цангова		Опора регульована з сферичною випуклою робочою поверхнею	
Затискач пневматичний з циліндричною рифленою робочою поверхнею		Лещата з призматичними губками та пневматичним затискачем	
У трикулачковому патроні з механічним затиском, з упором в торець, з підтисканням обертовим центром, з кріпленням в рухомому льонеті		В кондукторі з центруванням на циліндричний палець	
На конічний оправці з гідро пластиним затискачем, з упором в торець на рифлену поверхню і з підтисканням обертовим центром			

Примітки до таблиць 5.3 – 5.5.

1. Допускається рухому плаваючу та регульовану опори на видах зверху та знизу позначати як нерухому опору.
2. Встановлювально-затискні пристрої необхідно позначати як комбінацію позначень установчих засобів та затискачів.
3. Для подвійних затискачів довжина плеча встановлюється розробником в залежності від віддалі між точками прикладення сил. Допустимі спрощені позначення.
4. Позначення опор та установчих засобів, крім центрів, можна наносити на виносні лінії до відповідних поверхонь.
5. Позначення зворотних центрів необхідно виконувати у дзеркальному зображенні.
6. Затискні пристрої позначають: пневматичний – Р; гідравлічний – Н; електричний – Е; магнітний – М; електромагнітний – ЕМ; решта – без позначення.;
7. Позначення видів засобів затиску наносять з лівого боку від позначення затискача.
8. Кількість точок прикладення сили записують з правого боку від позначення затискача.
9. На схемах, що мають декілька проекцій, допускається на окремих проекціях не вказувати позначення опор, затискачів тощо.
10. Декілька однойменних опор, допускається позначати їх кількістю з правого боку від позначення опори.
11. Допускаються відхилення від розмірів графічних позначень, вказаних у таблицях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баранчукова И.М., Гусев А.А., Ковальчук Е.Р. и др. Проектирование технологии / Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева. – Москва: Машиностроение, 1990. – 416 с.
2. Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. Станочные приспособления. – Запорожье: Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.
3. Божидарнік В.В, Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. Технологія виготовлення деталей виробів: Навчальний посібник. – Луцьк: Надстир'я, 2006. – 592 с.
4. Григурко І.О., Брендуля М.Ф., Доценко С.М. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник. – Львів: Новий Світ-2000, 2007. – 767 с.
5. Гусев А.А., Ковальчук Е.Р., Колесов И.М. и др. Технология машиностроения (специальная часть). – Москва: Машиностроение, 1986. – 460 с.
6. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения. – Москва: Форум, 2008. – 890 с.
7. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування: Навч. посібник – Харків: Тимченко, 2008. – 256 с.
8. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского А.Г. Косиловой и др. – Москва: Машиностроение, 2003.
9. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навч. посібник / Юрчишин І.І., Литвиняк Я.М., Грицай І.Є. та ін.; За ред. Юрчишина І.І. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2009. – 527 с.