Практична робота №1

Система допусків та посадок гладких з'єднань. Розрахунок параметрів посадок

Мета: закріпити знання та практичні навички з використання стандартів Єдиної системи допусків та посадок гладких з'єднань для розрахунків посадок різного призначення.

Завдання:

1. Для заданих посадок зобразити схеми розташування полів допусків отвору та вала, вказати на схемах граничні відхилення.

2. Розрахувати найбільші та найменші розміри отворів та валів, найбільші та найменші зазори або натяги, а також допуск посадки.

3. Виконати робочі креслення окремих деталей та складальне креслення, вказавши розміри з умовними позначеннями полів допусків та числовими значеннями граничних відхилень.

4. Дати характеристики заданих посадок, вказати, чи є вони посадками переважного використання.

1.1. Короткі теоретичні відомості

Основні терміни та визначення з'єднань та їх елементів наведено за ДСТУ 2500-94 [16]. На цих термінах базуються поняття про допуски та посадки не тільки гладких елементів (циліндричних і обмежених паралельними площинами), а і будь-яких інших (конічних, різьбових тощо).

Розрізняють **номінальний, дійсний** та **граничний** розміри деталей.

Номінальний розмір – це розмір, відносно якого визначаються граничні розміри. Він проставляється на кресленні деталі і є спільним для спряжуваних деталей.

Два гранично допустимі розміри, між якими повинен знаходитись або яким має дорівнювати дійсний розмір придатної деталі, називають **граничними**.

Для спрощення складання креслень деталей на них поряд з номінальним розміром проставляють граничні відхилення від номіналу зі знаком + або –.

Умовні позначення номінальних та граничних розмірів, граничних відхилень, допусків отворів та валів наведені на рис. 1.1.

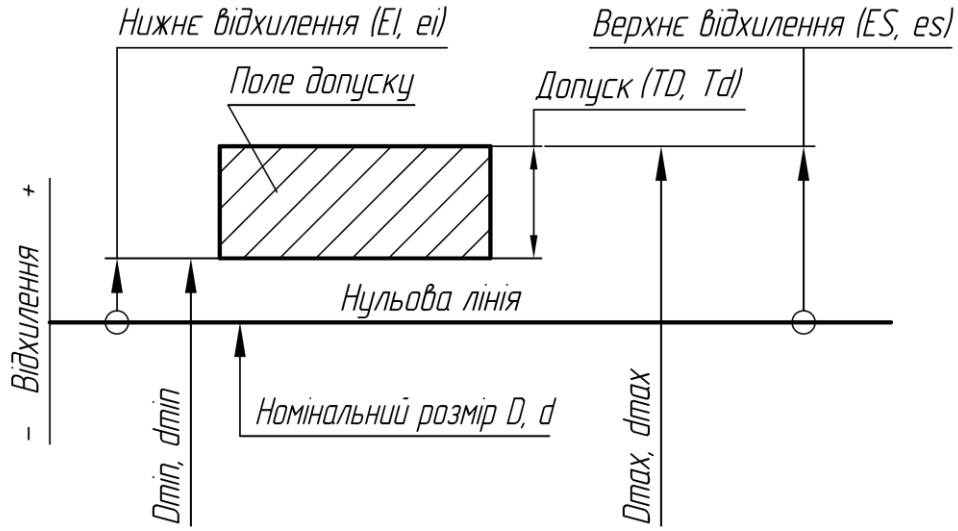


Рис. 1.1. Умовні позначення номінальних та граничних розмірів, граничних відхилень, допусків отворів та валів

На рис. 1.1 позначено:

D, d – номінальний діаметр з'єднання;

$\mathbf{D_{max}}$**,** $\mathbf{d_{max}}$ – найбільший граничний розмір відповідно отвору та вала;

$\mathbf{D_{min}}$**,** $\mathbf{d_{min}}$ – найменший граничний розмір відповідно отвору та вала;

ES, es – верхнє граничне відхилення відповідно отвору та вала;

EI, ei – нижнє граничне відхилення відповідно отвору та вала;

$\mathbf{T_D}$**,** $\mathbf{T_d}$ – допуск відповідно отвору та вала.

Точність розмірів в ЄСДП нормують умовними рівнями точності, які називаються **квалітетами**. Для гладких з'єднань встановлено **19** квалітетів, що

позначаються порядковими номерами із зменшенням точності (01; 0; 1; 2;...; 17). Допуск будь якого з квалітетів позначають латинськими літерами **IT** та номером квалітету. Наприклад, IT7 означає допуск 7- го квалітету.

Існує 28 варіантів основних відхилень для валів та отворів. Кожне відхилення позначають латинською літерою: малою, якщо відхилення відноситься до вала, та великою якщо до отвору (рис. 1.2).

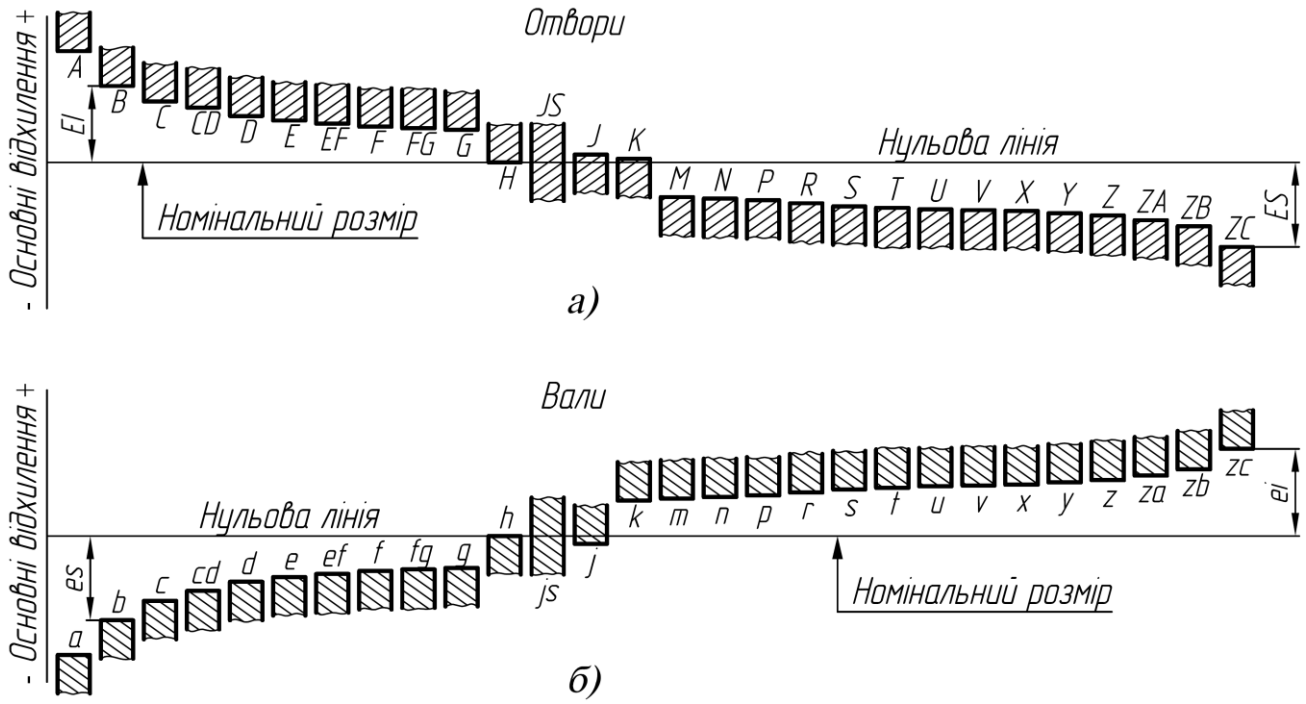


Рис. 1.2. Положення полів допусків (Основні відхилення):

а – отворів, б – валів

Основне відхилення – одне з двох відхилень (верхнє або нижнє), що використовується для визначення положення поля допуску відносно нульової лінії (розташоване ближче до нульової лінії).

Отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю, називають **основним** та позначають «**H**».

Вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю, називають основним та позначають «**h**».

Згідно з рис. 1.2 відхилення:

– **(A…H) a…h** призначені для утворення полів допусків в посадках із зазором;

– **(Js…N) js…n** – перехідних;

– **(P…ZC) p…zc** – з натягом.

Основні відхилення отворів, як правило (за деяким винятком), рівні за числовим значенням та протилежні за знаком до основних відхилень валів, що позначаються тією ж літерою. Тобто для отворів:

$$\mathbf{A…H} \qquad \boldsymbol{EI = -es}$$

$$\mathbf{K…ZC} \qquad \boldsymbol{ES = -ei}$$

Поле допуску в ЄСДП утворюється сполученням одного із основних відхилень з допуском за одним із квалітетів, наприклад:

h6, d11, H6, F7.

Зв'язок між наведеними параметрами виражається наступними формулами:

$$\boldsymbol{D_{max} = D + ES}; \qquad \boldsymbol{d_{max} = d + es}; \qquad (1.1)$$

$$\boldsymbol{D_{min} = D + EI}; \qquad \boldsymbol{d_{min} = d + ei}; \qquad (1.2)$$

$$\boldsymbol{T_D = D_{max} - D_{min}}; \qquad \boldsymbol{T_d = d_{max} - d_{min}}; \qquad (1.3)$$

$$\boldsymbol{T_D = ES - EI}; \qquad \boldsymbol{T_d = es - ei}; \qquad (1.4)$$

Посадкою називають характер спряження двох деталей, що визначається величинами, які отримують при складанні зазорів або натягів.

Розрізняють посадки із зазором, натягом та перехідні (рис. 1.3).

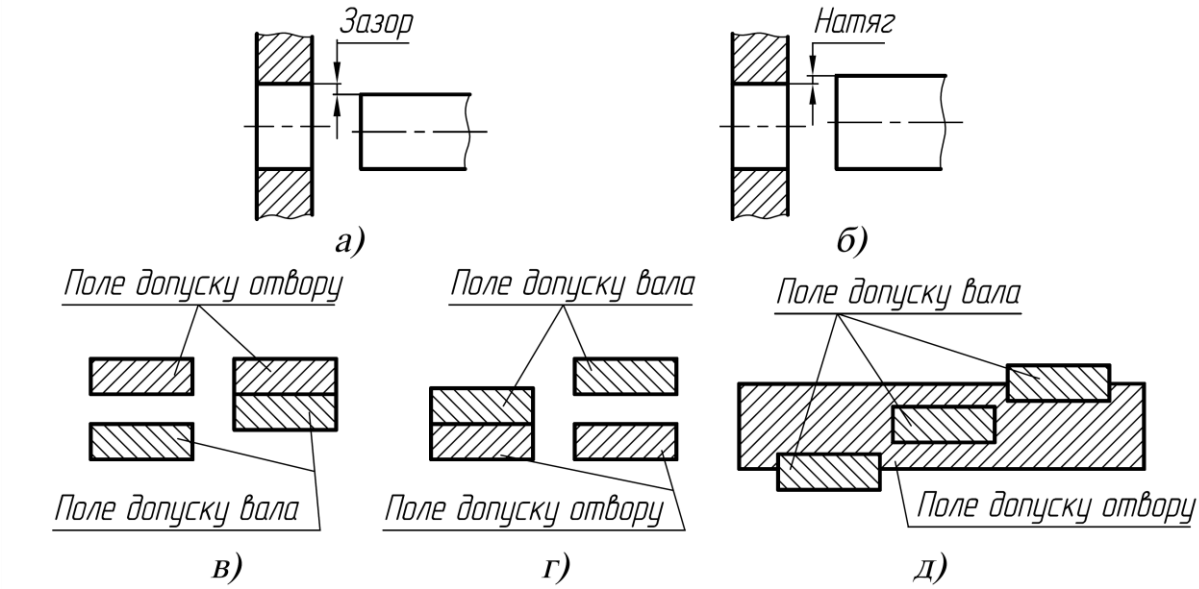


Рис. 1.3. Ескізи та схеми полів допусків посадок: із зазором (а, в), з натягом (б, г), перехідних (д)

Зазори та натяги для посадок розраховують за формулами:

– найбільший S_{max} та найменший S_{min} зазори:

$$S_{max} = ES - ei = D_{max} - d_{min}; \quad (1.5)$$

$$S_{min} = EI - es = D_{min} - d_{max}; \quad (1.6)$$

– найбільший N_{max} та найменший N_{min} натяги:

$$N_{max} = es - EI = d_{max} - D_{min}; \quad (1.7)$$

$$N_{min} = ei - ES = d_{min} - D_{max}; \quad (1.8)$$

Допуск посадки **T** дорівнює сумі допусків отвору та вала, що складають з'єднання:

$$T = T_D + T_d = T_S = T_N; \quad (1.9)$$

де: $T_S = S_{max} - S_{min}$ – допуск зазору;

$T_N = N_{max} - N_{min}$ – допуск натягу.

Посадки встановлюють поєднанням полів допусків отвору та вала. Наприклад, **H7/g6, N7/h6**, де в чисельнику вказане поле допуску отвору, а в знаменнику – вала.

Посадки в системі отвору – це посадки, в яких різні зазори та натяги отримуються з'єднанням різних валів з основним отвором.

Посадки в системі вала – це посадки, в яких різні зазори та натяги отримуються з'єднанням різних отворів з основним валом.

Правила позначення полів допусків граничних відхилень та посадок в технічних документах регламентуються **ДСТУ ISO 129-1:2007** [17] та **ДСТУ ГОСТ 2.307:2013** [18].

1.2. Короткі характеристики деяких типів посадок

1.2.1. Посадки із зазором

1.2.1.1. Посадки H/h. Найменший гарантований зазор в цих посадках дорівнює нулю. Вони встановлені у всьому діапазоні точностей спряжуваних розмірів (4...12 квалітетів). Дані посадки часто використовуються для нерухомих з'єднань з додатковим кріпленням при необхідності їх частого розбирання (змінні деталі). В квалітетах 8...12 ковзні посадки можуть частково замінити відсутні в них перехідні посадки. Ковзні посадки використовують для центрування нерухомо з'єднуваних деталей при відсутній необхідності в більш точному центруванні.

В рухомих з'єднаннях ковзні посадки слугують:

– для повільних переміщень, як правило, в поздовжньому напрямку;

– для точних прямувань при зворотно-поступальному русі;

– для з'єднань, деталі яких повинні легко переміщуватись або повертатись одна відносно другої при настроюванні, регулюванні або затягуванні в робоче положення тощо.

Оскільки отримання з'єднань з нульовим зазором практично малоймовірне, ковзні посадки в деяких випадках використовуються і для рухомих обертальних

з'єднань при невеликих швидкостях обертання, а в деяких відповідальних випадках – з використанням сортування та підбору деталей.

Посадки високої точності H6/h4, H6/h5 використовуються в нерухомих з'єднаннях при їх частому розбиранні або для змінних деталей з особливо високими вимогами до їх центрування.

Приклади використання даних посадок:

– вимірювальні зубчасті колеса на шпинделях зубовимірювальних приладів;

– втулка під шевер на валу шевінгувального верстату та шевер на цій втулці;

– шпиндель в корпусі зубодовбального верстату;

– піноль в корпусі задньої бабки токарного верстату.

В окремих випадках ці посадки використовуються для рухомих з'єднань при поздовжньому переміщенні деталей з невисокою швидкістю та особливими вимогами до точності центрування та напрямку, наприклад, шпиндель в корпусі задньої бабки верстату. В цілому використання посадок високої точності носить обмежений характер в зв'язку із значною складністю виготовлення деталей.

Посадка H7/h6 широко розповсюджена, переважного використання. Вона використовується:

– в рухомих з'єднаннях за високих вимог до точності центрування деталей, що часто розбираються:

– змінні шестерні на валах металооброблюваних верстатів;

– фрикційні муфти та установчі кільця на валах; фрези на оправках;

– центрувальні корпуси під підшипники кочення в верстатах, автомобілях та інших машинах;

– центрувальні фланці клапанів; центрувальні виступи в гніздах тощо;

– для деталей, що повинні легко переміщуватись одна в іншій при настроюванні та регулюванні:

– шпиндельні головки станин шевінгувальних верстатів;

– напрямні фаски мікрогвинтів мікрометрів в розточках ноніусних барабанів;

– нерозрізні кулачки на валах (положення кулачків на валу регулюються та фіксуються штифтами).

В рухомих з'єднаннях посадка використовується при зворотно поступальних переміщеннях та високих вимогах до точності напрямку:

– поршневі штоки в напрямних;

– поршні в циліндрах пневматичних свердлувальних машин;

– полозки поперечини радіально-свердлувальних машин;

– шпинделі в корпусах свердлувальних верстатів;

– хвостовики пружинних клапанів в напрямних.

Для таких з'єднань в окремих випадках може стати у потребі сортування чи підбір деталей. За цих умов посадку можуть замінити посадки **H6/g5** або **H7/g6**.

Посадка H8/h7 мас приблизно те ж призначення, що й посадка **H7/h6**, але їй властиві ширші допуски, що полегшує виготовлення деталей. Вона с посадкою переважного використання згідно з ДСТУ ISO 286-2:2022 [20] і використовується при більшій довжині з'єднання та у випадку, коли вимоги до точності центрування або напрямку можуть бути дещо знижені порівняно з умовами використання посадки **H7/h6**, наприклад:

– з'єднання змінних вимірювальних кінцевиків із стержнями приладів;

– нерухомі з'єднання зубчастих коліс відносно невисокої точності з довгими гладкими валами (посадка **H7/h8**).

Посадки H8/h8, H8/h9, H9/h8, H9/h9, що відносяться до посадок переважного використання, досить широко вживаються для рухомих та нерухомих з'єднань. Вони використовуються:

– в нерухомих з'єднаннях з невисокими вимогами до співвісності для встановлення на вали деталей, що передають крутні моменти через шпонки, штифти тощо за невеликих та спокійних навантажень;

– для нерухомих осей та пальців в опорах;

– для компенсаційних втулок, що закріплюються в корпусах;

– для центрувальних циліндричних виступів та заточок у фланцевих з'єднаннях:

– для центрованих частин машин, що використовуються як корпуси підшипників;

– для з'єднання деталей, які повинні легко рухатись при настроюваннях та регулюваннях з подальшим затягуванням в робочому положенні тощо:

– в рухомих кронштейнах на колонах приладів, що закріплюються гвинтовими зажимами;

– в змінних шестернях на валах сільськогосподарських машин;

– в шківах на кінцях валів барабану молотарки;

– в ексцентриках на валах ексцентричних пресів;

– в ексцентриках ексцентрикових валів насосів;

– для нерухомих осей приводів в опорах змішувачів для хімічного виробництва:

– для центрування фланців картерів коробок передач і картерів маховиків автомобілів;

– для центрування плит для опок струшувальних механізмів формувальних машин;

– для болтів в головках шатунів;

– для лопастних гвинтів мішалок на валах;

– для запобіжникових муфт на валах скребкових конвеєрів;

– для вкладишів в корпусах роз'ємних підшипників ковзання.

Для рухомих з'єднань ці посадки використовуються за невисоких вимог до точності:

– повзуни на призматичних шпонках механізмів для відключення;

– напрямні стрижні в опоках;

– з'єднувальні муфти на валах;

– поршні та поршневі золотники в циліндрах;

– шпинделі клапанів в напрямних деяких двигунів внутрішнього згорання;

– шатуни між буртами вкладишів шатунних головок компресорів;

– шестерні, зубчасті торцеві муфти та інші подібні деталі на валах при повільних або періодичних поступальних та обертальних рухах тощо.

Посадка H10/h10 не є посадкою переважного використання. Вона є заміною посадки **H9/h9**, якщо умови економічного виготовлення вимагають деякого розширення допусків, а умови роботи з'єднання допускають деяке зниження точності.

Посадки низької точності H11/h11 та **H12/h12** призначені для нерухомих та рухомих з'єднань малої точності. Згідно з ДСТУ ISO 286-2:2022 [20] посадкою переважного використання є посадка **H11/h11**.

Використовуються в нерухомих з'єднаннях:

– для центрувальних фланців кришок та корпусів арматури;

– для з'єднань, деталі яких повинні бути зварювані або паяні тощо;

– для кришок сальників в корпусах;

– для нерухомих з'єднань деталей електричної арматури, друкарських машинок;

– для зірочок тягових ланцюгів на валах;

– для спряження розпірних втулок, частин колонок, що розклепуються, жолобчастих штифтів тощо.

В рухомих з'єднаннях ці посадки використовуються:

– для невідповідальних шарнірів та роликів, що обертаються на валах;

– для з'єднань, в яких одна деталь повинна вільно ковзати відносно іншої при регулюванні, затягуванні тощо;

– для рухомих з'єднань деталей електроарматури;

– для шарнірів шпренгелів вагонних рам з башмаками;

– для шарнірів соломовідрізів молотарок;

– для фланцевих з'єднань корпусу арматури за внутрішнім діаметром тощо.

Поля допусків **H11, h11** та **H12, h12** часто використовуються для елементів, між якими в вузлах передбачаються конструктивні зазори, наприклад:

– висота шпонок;

– нецентрувальні діаметри шліцьових валів та втулок;

– діаметри перехідних отворів під кріпильні деталі при високій точності складання тощо.

1.2.1.2. Посадки H/g, G/h. Використовуються тільки при відносно високих точностях виготовлення деталей (вали 4…6 квалітетів, отвори 5...7 квалітетів) і в діапазоні цих точностей характеризуються мінімальними порівняно з іншими посадками, гарантованими зазорами.

Використовуються в основному для особливо точних та точних рухомих з'єднань, в яких потрібно забезпечити плавність та точність переміщень (переважно зворотно-поступальних) та обмежити зазор, щоб уникнути порушення співвісності, виникнення ударів (при реверсивних рухах або для збереження герметичності). При обертальному русі деталей ці посадки, як правило, не використовуються, за винятком підшипників особливо точних механізмів при малих навантаженнях на вал та незначних відхиленнях робочої температури від нормальної.

В рухомих з'єднаннях дані посадки використовуються для забезпечення легкої установки деталей (наприклад, змінних) при досить точній фіксації розташування.

Посадка H7/g6 є в даній групі посадкою переважного використання. В системі вала їй відповідає посадка **G7/h6**.

Деякі приклади використання:

– шпинделі точних верстатів та ділильних головок в напрямних;

– повзуни в напрямних довбальних верстатів;

– поршні в циліндрах індикаторів;

– клапанні шпинделі в напрямних втулках;

– клапанні коромисла на осях в механізмі розподілення двигунів;

– пересувні шестерні на валах коробок передач;

– шпинделі в напрямних втулках приладів Роквелла;

– золотники у втулках пневматичних свердлувальних машинах;

– шатунні головки з шийками колінчастих валів тракторів;

– наперстkові клапани компресорів в коробках;

– штоки запобіжних клапанів у втулках та опорні кришки в клапанних коробках;

– змінні втулки при установці в кондукторах та ін.

Посадки високої точності H6/g5, G6/h5 та H5/g4, G5/h4 використовуються в особливо точних механізмах, наприклад:

– плунжерні та золотникові пари;

– втулки валів в підшипниках шевінгувальних верстатів;

– шпинделі ділильних головок;

– підшипники точних шатунних механізмів.

1.2.1.3. Посадки H/f, F/h. Характеризуються помірним гарантованим зазором, достатнім для забезпечення вільного обертання в підшипниках ковзання при консистентних та рідинних мастилах при легких та середніх режимах роботи (помірні швидкості – до 150 рад/с, навантаження, невеликі температурні деформації). Лапі посадки використовуються також і в опорах поступального переміщення, які не потребують такої високої точності центрування, як в точних посадках руху або ковзання.

В нерухомих з'єднаннях використовуються для забезпечення легкого складання та розбирання за невисоких вимог до точності центрування деталей.

Посадки H7/f7 та **F8/h6** є посадками переважного використання згідно з ДСТУ ISO 286-2:2022 [20] для даного типу посадок і переважно використовуються в точних з'єднаннях.

До цієї групи посадок можуть бути віднесені посадки **H8/f7, F7/h7** та **F8/h7**.

Приклади використання даних посадок:

– підшипники валів в коробках передач, головних валів токарних, фрезерних та свердлувальних верстатів;

– ковзуни в напрямних;

– трансмісійні вали в підшипниках;

– вали в підшипниках малих та середніх електромашин, відцентрових насосів та інших ротативних машин;

– пальці кривошипів в головках шатунів;

– цапфи в підшипниках ексцентриків, ролики в напрямних;

– шатунні шийки валів в підшипниках автомобілів;

– поршні в циліндрах гідропресів;

– поршні в циліндрах компресорів;

– поршні в гальмівних циліндрах автомобілів;

– зубчасті колеса та шківи, що вільно обертаються на валах;

– рухомі вздовж валів зубчасті колеса та муфти тощо.

Посадки високої точності H6/f6, f7/h5, F7/h6 використовуються при підвищених вимогах до точності центрування в механізмах високої точності.

Приклади використання цих посадок:

– корінні шийки колінчастих валів та шийок розподільних валів в підшипниках автомобільних двигунів підвищеної точності;

– посадкові місця (поле допуску **f6**) під підшипники кочення при місцевому навантаженні внутрішнього кільця.

Посадки пониженої точності H8/f8, F8/h8, H9/f9, F9/h8 та **F9/h9**, призначені для з'єднань з гарантованим зазором за невисоких вимог до точності. Вони широко використовуються:

– для підшипників ковзання при значних швидкостях обертання двоопорних валів;

– для крупних валів в підшипниках важкого машинобудування;

– для валів в довгих підшипниках;

– для валів в далеко рознесених опорах і при декількох опорах;

– для поршнів в циліндрах машин з додатковим напрямком штоків;

– для напрямку поршневих і золотникових штоків та плунжерних скалок в сальниках;

– для зубчастих коліс, які вільно обертаються на валах, та інших деталей, що включаються зчепними муфтами;

– для зчепних муфт на валах;

– для центрування кришок циліндрів та інших деталей за невисоких вимог до їх співвісності;

– для з'єднань із значним зазором при невеликих робочих ходах, регулюванні, затягуванні тощо.

Приклади:

– вали в підшипниках відцентрових насосів;

– ексцентрикові вали пресів в опорах;

– поршні в циліндрі циркуляційного насосу високого тиску;

– вали барабанів молотарок в опорах;

– плунжери в циліндрах гідропідйомників та домкратів;

– кришки золотникових коробок в корпусах парових машин;

– дроселі у втулках клапанів пароповітряних молотів;

– з'єднання у вертикальних домкратах породопрохідних машин;

– холості шківи на валах тощо.

1.2.1.4. Посадки H/e, E/h. Характеризуються значним гарантованим зазором (вдвічі більшим, ніж для ходових посадок), що забезпечує вільний обертальний рух при підвищених режимах робіт (значні навантаження, високі швидкості обертання понад 150 рад/с, невеликі температурні зміни зазору) або ускладнених умовах монтажу (рознесені опори, багато-опорні вали, підвищена довжина з'єднання).

Використовуються в нерухомих з'єднаннях для деталей, що потребують значних зазорів при установках та регулюванні.

Посадки H7/e8, H8/e8 та **E9/h8** є посадками переважного використання згідно з ДСТУ ISO 286-2:2022 [20] для даного типу посадок. До цієї ж групи середньої точності відносяться посадки **E8/h8** та **E8/h7**.

Приклади використання даних посадок:

– підшипники рідинного тертя для валів турбогенераторів, великих елетромашин, відцентрових насосів;

– приводний вал в підшипниках круглошліфувальних верстатів;

– корінні шийки колінчастих валів та шийки розподільних валів в підшипниках двигунів внутрішнього згорання;

– впускні клапани в напрямних автомобільного двигуна;

– блоки зубчастих коліс заднього ходу на осях в вантажних автомобілях;

– ходові гвинти супортів тощо.

Посадки високої точності H7/e6, H7/e7 та **E8/h6** призначені головним чином для підшипників рідинного тертя в машинах підвищеної точності та довговічності і використовуються, наприклад:

– в корінних підшипниках колінчастих валів;

– в розподільних валах відповідальних двигунів внутрішнього згорання.

Посадки зниженої точності H8/e9, H9/e9, E9/h9 використовуються майже в тих випадках, що й посадки **H9/f9, F9/h9**. Застосовуються в менш відповідальних підшипниках ковзання для обертального або поступального переміщення та в нерухомих з'єднаннях при відносно невисокій точності центрування, якщо вимагається збільшити гарантований зазор для компенсації відхилень розташування поверхонь, які спряжуються, температурних деформацій тощо.

1.2.1.5. Посадки H/d, D/h. Характеризуються великим гарантованим зазором, який дозволяє компенсувати значні відхилення розташування поверхонь, які

спряжуються, і температурні деформації та забезпечити вільне переміщення деталей або їхнє регулювання та складання.

Посадки H7/d8, H8/d8 (D8/h6, D8/h7) відносяться до посадок підвищеної точності та призначені в основному для точних рухомих з'єднань при важких режимах роботи та великих температурних деформаціях.

Приклади використання даних посадок:

– підшипники рідинного тертя в турбінах для валків прокатних станів та в іншому металургійному обладнанні;

– вали в підшипниках швидкохідних трансмісій;

– впускні та випускні клапани в напрямних двигунів внутрішнього згорання;

– поршневі кільця в канавках поршня (по ширині);

– швидкохідні холості шківи та зубчасті колеса;

– шатунні шийки парових машин.

Посадки H8/d9, H9/d9, H8/d10, H9/d10 та **D9/h8, D9/h9, D10/h9** призначені для з'єднань з невисокими вимогами до точності. Бажане використання у них посадок з полем допуску **d9**.

Приклади:

– трансмісійні вали в підшипниках;

– холості шківи на валах;

– сальники, поршні в циліндрах компресорів;

– клапанні коробки в корпусах компресорів, для зручності розбирання яких при утворенні нагару та високій температурі необхідний значний зазор.

Посадки низької точності H11/d11, D11/h11 призначені для рухомих з'єднань, що не потребують точності переміщень, та для нерухомих грубоцентрованих з'єднань. В грубих квалітетах (11, 12) – це посадки переважного використанням з мінімальним гарантованим зазором, необхідним для компенсації відхилень розташування поверхонь, які спряжуються, захисних покриттів, що

наносяться на поверхні, або забезпечення рухомості з'єднань в умовах запилення та забруднення.

Приклади використання:

– шарніри та ролики на осях;

– грубі напрямні прямолінійного руху;

– кришки підшипників та розпірні втулки в корпусах;

– вали в підшипниках, шестерні та муфти, що вільно сидять на валах грубих механізмів;

– шарнірні з'єднання тяг, важелів тощо;

– маслоскидні поршневі кільця в канавках по ширині.

1.2.1.6. Посадки H/a, H/b, H/c та A/h, B/h, C/h. З великими зазорами. Характеризуються гарантованими зазорами в межах:

– $(0{,}006…0{,}020)\cdot d_н$, при розмірах до 30 мм;

– $(0{,}002...0{,}005)\cdot d_н$, при розмірах від 30 до 80 мм;

– $(0{,}001...0{,}0035)\cdot d_н$, при розмірах понад 120 мм.

де $d_н$ – номінальний діаметр.

Використовуються в основному в грубих квалітетах (11, 12) для конструкцій малої точності, де великі зазори необхідні для компенсації відхилень розташування поверхонь, які спряжуються, (відхилення віл співвісності, симетричності, перпендикулярності тощо), для компенсації розмірних змін деталей в процесі експлуатації під дією температури, водо- та маслопоглипання (в посадках із пластмас), для забезпечення вільного обертання або поступального переміщення в умовах запилення та забруднення тощо. В окремих випадках, що обґрунтовані розрахунком, посадки з великими зазорами використовуються і в більш точних рухомих з'єднаннях (8, 9 квалітетів), що працюють при особливо важких навантаженнях або при високих температурах, коли робочий зазор може значно

зменшитись через нерівномірні температурні деформації деталей. З цих посадок в основні включена теплова ходова посадка **H8./c8**.

Приклади використання посадки **H8/c8**:

– поршні в циліндрах та випускні клапани в напрямних втулках двигунів внутрішнього згорання та інших машин, що сильно розігріваються;

– підшипники рідинного тертя швидкохідних важко навантажених валів в прокатних станах, крупних турбінах, насосах, компресорах.

Нижче наведені приклади використання грубих посадок з великими зазорами.

Посадки H11/c11, H11/b11, C11/h11, B11/h11:

– кришки підшипників;

– фланцеві з'єднання;

– лінзи в оправах (з'єднання деталей з подальшим центруванням);

– вали в підшипниках сільськогосподарських машин;

– буферні тарілки, собачки пускових важелів, вали гальмівних тяг та інші деталі на осях;

– центрувальні фланці золотникових циліндрів в корпусах парових машин;

– з'єднання деталей під припій.

Посадки H12/b12, B12/h12:

– грубооброблені або необроблені вали в підшипниках сільськогосподарських та інших машин;

– з'єднання колискових вагонних підвісок з осями;

– з'єднання шарнірних невідповідальних болтів;

– деталі електроапаратури;

– центрувальні фланці кришок та корпусів грубої арматури;

– змінні важелі та рукоятки;

– сальники арматурні тощо.

Посадки H11/a11, A11/h11:

– з'єднання ресорних та гальмівних підвісок, шарнірних невідповідальних болтів, підшипників гальмівних валів тощо.

Перераховані посадки не є посадками переважного використання і при можливості для грубих з'єднань з великими зазорами слід використовувати посадку переважного використання **H11/d11**.

1.2.2. Перехідні посадки

1.2.2.1. Посадки H/js, Js/h. Для цих посадок переважно ймовірне отримання зазору, але можливі і невеликі натяги (до половини допуску вала). Тому при складанні та розбиранні необхідно передбачити використання зусиль (як правило, достатньо використання дерев'яного молотка). Ці посадки використовуються у випадку:

– якщо при центруванні деталей допускаються невеликі зазори або потрібно забезпечити легке складання;

– при необхідності в частих складаннях та розбираннях, наприклад, для змінних деталей;

– при відносно великій довжині з'єднання (більше трьох-чотирьох діаметрів);

– коли складання та розбирання утруднені компоновкою вузла, масою та розмірами деталей.

Складальні одиниці, що утворені з'єднаннями деталей за цією посадкою, є або нерухомими, або переміщуються з малою швидкістю при невеликій масі деталей. В окремих випадках ці посадки використовують для щільних рухомих з'єднань, коли деталі повинні переміщуватись одна відносно іншої без відчутного качання (при цьому необхідний підбір деталей за розміром, що виключає натяг).

Посадки H7/js6, Js7/h6 відносяться до посадок переважного використання:

– гільзи в корпусах шпиндельних головок розточувальних верстатів;

– зубчасті колеса шпиндельних головок шліфувальних верстатів;

– невеликі шківи та ручні маховички на кінцях валів;

– змінні муфти на кінцях валів малих електромашин;

– стакани підшипників в корпусах (верстатобудування).

Посадки підвищеної точності H6/js6, Js6/h5:

– підшипникові щити в станинах електричних машин високої точності;

– конусні втулки в підшипниках передніх бабок токарних верстатів;

– рухомі пінолі задніх бабок токарних верстатів.

Посадки зниженої точності H8/js7, Js8/h7:

– центрування передніх кришок електромашин в корпусі:

– центрувальні елементи напівмуфт.

1.2.2.2. Посадки H/k, K/h. Це найбільш характерний для використання тип перехідних посадок. Імовірності отримання натягів та зазорів в з'єднанні приблизно однакові, але за рахунок впливів відхилення форми, особливо при великій довжині з'єднання (більшої за два-три діаметри), зазори в більшості випадків не відчуваються. Складання та розбирання виконується без значних зусиль, наприклад, за допомогою ручних молотків. Невеликого натягу, який утворюється в більшості з'єднань, достатньо для центрування деталей та запобігання їхніх вібрацій в рухомих вузлах при обертанні з середніми швидкостями.

Посадки H7/k6, K7/h6 – посадки переважного використання:

– зубчасті колеса на валах редукторів верстатів та інших машин;

– шківи, маховики, важелі та нероз'ємні ексцентрики на валах;

– знімні муфти на валах середніх електромашин;

– втулки в головках шатунів тракторних двигунів;

– підшипникові щитки в корпусах кранових електродвигунів;

– втулки, що закріплюються в маточинах, які обертаються на валах зубчастих коліс.

Посадки підвищеної точності H7/k6, K6/h5:

– поршневі пальці в бобишках поршнів;

– шестерні на валах відрахункових пристроїв у верстатах.

Посадки зниженої точності H8/k7, K8/h7 використовуються при знижених вимогах до точності, зокрема, в тракторному, шляховому, хімічному, сільськогосподарському машинобудуванні:

– крейцкопфні вали у отворах шатунів компресорів;

– поршні на штоках циркуляційних насосів тощо.

1.2.2.3. Посадки H/m, M/h. Дані посадки забезпечують переважно натяг. Ймовірність отримання в них зазорів (невеликих) відносно мала. Ці зазори, як правило, не відчуваються за рахунок відхилень форми, особливо при збільшених довжинах з'єднання. Такі посадки використовуються для нерухомих з'єднань деталей на швидкообертових валах з додатковим кріпленням або без нього (при малих навантаженнях та великих довжинах з'єднання). Використовуються також замість більш міцних посадок (типу **H/n**) при збільшених довжинах з'єднання (більших за 1,5...2 діаметри) або коли недопустимі великі деформації деталей.

Посадки H7/m6, M7/h6:

– зубчасті колеса на валах редукторів;

– посадки штифтів;

– посадки деталей на кінці валів електромашин;

– підшипникові щитки в корпусах електромашин;

– тонкостінні втулки, втулки в корпусах із кольорових сплавів;

– центрування кулачків на розподільних валів тощо.

Поля допусків **m6** та **M7** не відносяться до числа переважного використання і за можливістю повинні замінюватись найближчими полями переважного використання. Зокрема, до посадки **H7/m6** близькі за характером посадки **H8/k6** (менш точна) та **H6/k6** (більш точна), що утворені полями допусків переважного використання.

Посадки підвищеної точності H6/m6, M6/h5, приклади використання:

– поршневі пальці в бобишках поршнів компресорів;

– втулка фіксатора в корпусах верстатних пристосувань (без додаткового кріплення).

Посадки зниженої точності H8/m7, M8/h7:

– з'єднання барабанчиків із зубчастими колесами та втулками із корпусами в оптикомеханічних приладах;

– клапанні коробки в циліндрах парових машин тощо.

1.2.2.4. Посадки H/n, N/h. Найбільш міцні із перехідних посадок. Зазори при складанні практично не виникають. Для складання та розбирання деталей потрібно значне зусилля: використовуються преси, розпресовувальні пристосування, іноді термічні методи складання. Розбирання з'єднань виконується рідко, як правило, тільки при капітальному ремонті. Дані посадки використовуються для центрування деталей в нерухомих з'єднаннях, що передають великі зусилля, при наявності вібрацій та ударів (з додатковим кріпленням). При невеликих навантаженнях, наприклад, в приладобудуванні, вони забезпечують нерухомість з'єднання без додаткового кріплення.

Посадки H7/n6, N7/h6 – посадки переважного використання:

– важконавантажені зубчасті колеса;

– муфти, кривошипи та інші деталі на валах;

– зубчасті колеса на валах кувальних машин;

– зубчасті колеса на валах струшувальних механізмів та каменедробарок;

– черв'ячні колеса на валах;

– бронзові вінця черв'ячних коліс на чавунних маточинах;

– кулачкові напівмуфти на валах;

– знімні напівмуфти на валах великих електромашин;

– втулки в циліндрах циркуляційних насосів високого тиску;

– обойми комутаторів на валах;

– постійні кондукторні втулки в корпусах кондукторів;

– маточини вентиляторів на валах;

– установчі пальці та контрольні муфти верстатних пристосувань та кондукторів;

– втулки в корпусах підшипників ковзання;

– втулки штовхачів в блоках циліндрів тракторних двигунів;

– установчі кільця на валах тощо.

Посадки підвищеної точності H6/n5, N6/h5:

– поршневі пальці в бобишках поршнів тракторних двигунів.

Посадки зниженої точності H8/n7, N8/h7:

– грунд-букси в корпусах сальників;

– циліндрові стакани золотників в корпусах парових машин;

– гільзи дросельних клапанів пароповітряних молотів.

1.2.3. Посадки з натягом

1.2.3.1. Посадки H/p, P/h. Вони характеризуються мінімальним гарантованим натягом і встановлені в найбільш точних квалітетах (вали 4...5, отвори 5...7 квалітетів).

Використовуються:

– у випадках, коли крутні моменти чи осьові сили малі або випадкове відносне зміщення з'єднувальних деталей несуттєве для їхньої службової ролі;

– для з'єднання тонкостінних деталей, що не допускають великих деформацій;

– для центрування важконавантажених або швидкообертових крупногабаритних деталей (з додатковим кріпленням).

Для деталей із кольорових металів та легких сплавів ці посадки за своїм призначенням аналогічні посадкам **H/n, N/h** в з'єднаннях деталей із чорних металів.

Вали з полями допусків **P6** та **P7** використовуються також для посадкових місць під підшипники кочення.

Посадки H7/p6 та **P7/h6** є посадками переважного використання для даного типу посадок. Приклади:

– клапанні сідла в гніздах при роботі в умовах вібрацій;

– втулки та кільця в корпусах;

– втулки та шестерні передньої бабки токарних верстатів;

– установчі кільця на валах електродвигунів;

– ущільнювальні кільця на валах для фіксації положення внутрішніх кілець підшипників кочення;

– зубчасті колеса на валах редукторів канатних барабанів та інших валах з додатковим кріпленням шпонкою.

Посадки підвищеної точності H6/p5 та **P6/h5** використовуються в з'єднаннях високої точності, коли недопустимі значні коливання натягів, наприклад, для з'єднань тонкостінних втулок, що легко псуються при відносно великих довжинах.

1.2.3.2. Посадки H/r, H/s, H/t та R/h, S/h, T/h. Характеризуються помірними гарантованими натягами в межах $(0{,}0002...0{,}0006)\cdot d_н$, що забезпечує передачу навантажень середньої величини без додаткового кріплення. В деяких випадках, коли використання посадок з великими натягами недопустиме за умовами міцності деталей, посадки даної групи використовуються і в з'єднаннях, що сприймають важкі навантаження з додатковим кріпленням. Посадки **H/r** та **R/h** використовуються для деталей із кольорових матеріалів та легких сплавів, а при розмірах понад 80 мм і для деталей із чорних металів, ці посадки за призначенням аналогічні посадкам **H/p, P/h**. Посадки з натягами середньої величини характеризуються, як правило, наявністю пружних деформацій з'єднуваних деталей. Встановлені для відносно високих точностей деталей (вали 5…7, отвори 6...7 квалітетів), вони, як правило, не вимагають попереднього сортування деталей за розмірами перед складанням. Складання

з'єднань можливе як під пресом, так і способом термічних деформацій. В посадках цієї групи допуск отвору приймають, як правило, на один квалітет грубішим, ніж вала.

Посадки середньої точності H7/r6, H7/s6, H8/s7, H7/t6, R7/h6, S7/h6. T7/h6. В цій групі найчастіше використовуються посадки **H7/r6** та **H7/t6**. Приклади:

– втулки підшипників ковзання в гніздах при важких та ударних навантаженях;

– кришки корпусів пневматичних машин для свердлування;

– головки шатунів компресорів;

– зубчасті колеса на валах коробок швидкостей токарних верстатів;

– постійні кондукторні втулки, фіксатори та упори в пристосуваннях;

– вентилятори на валах кранових електродвигунів;

– гільзи циліндрів поршневих насосів;

– циліндрові гільзи в корпусах золотникових пристроїв;

– зубчасті колеса на проміжних валах в коробках передач вантажних автомобілів з додатковим кріпленням шпонкою;

– шестерні на валах масляних насосів тракторів з додатковим кріпленням шпонкою;

– черв'ячні колеса на валах редукторів (кріплення шпонкою);

– бронзові зубчасті вінці черв'ячних коліс на чавунних центрах з додатковим кріпленням гвинтами.

Посадки підвищеної точності H6/r5, H6/s5 використовуються для точних з'єднань, що потребують достатньої міцності без додаткового кріплення при недопустимості значних коливань натягів, наприклад:

– для втулок на валах електромашин;

– для упорних дисків на роторах турбін тощо.

1.2.3.3. Посадки H/u, H/x, H/z та **U/h**. Характеризуються великими гарантованими натягами $(0{,}001...0{,}002)\cdot d_н$. Призначені для з'єднань, на які діють

важкі, в тому числі і динамічні навантаження. Використовуються, як правило, без додаткового кріплення з'єднуваних деталей. При таких великих натягах виникають в основному пружно- пластичні та пластичні деформації. Деталі повинні бути перевірені на міцність. Рекомендується дослідна перевірка вибраних посадок, особливо в масовому виробництві. Складання в основному реалізується методами термічних деформацій, але використовується й поздовжнє запресовування. В окремих випадках деталі перед складанням сортуються та відбираються за розмірами. Для посадок з великими натягами передбачені відносно широкі допуски деталей (8-го, іноді 7-го квалітету). В окремих випадках з метою отримання більшої міцності з'єднання та підвищення гарантованого натягу допуск основного отвору або основного вала може бути більш точним на один квалітет. **Посадки H7/u7, H8/u8, U8/h7** отримали найбільше використання серед важких пресових посадок, особливо посадка **H8/u8**. Приклади:

– дискові та тарілчасті незнімні муфти на кінцях валів;

– зубчасті бронзові вінці на стальних центрах; вагонні колеса на валах;

– бурти на валах;

– стальні бандажі на роз'ємних центрах;

– установчі штифти в верстатних приладах;

– втулки поворотних кулаків тракторів;

– короткі втулки в маточинах зубчастих коліс;

– пальці ексцентриків кривошипно-шатунного апарату збиральних машин;

– втулки важелів очищення зернозбиральних комбайнів;

– металокерамічні втулки підшипників у сільськогосподарському машинобудуванні;

– з'єднання пальців кривошипів з дисками та кривошипних дисків із валами сільськогосподарських машин;

– кривошипні диски лебідок;

– елементи з'єднання ходової частини породовантажних машин;

– осі підіймальних пристроїв комбайнів для тонких пластів тощо.

Посадки H8/x8 та H8/z8 застосовуються в з'єднаннях, що зазнають змінних навантажень, ударів та вібрацій, та для деталей, що допускають великі напруження матеріалу. Приклади:

– контактні кільця на ізоляції в малих та середніх електричних машинах;

– кривошипні пальці в дисках кривошипів парових лебідок;

– втулки на валах ексцентрикових пресів;

– металокерамічні втулки в корпусах зчеплення тракторів;

– з'єднання безребордних кранових коліс з валами та тяг з кільцями універсального реверсу в вантажопідйомних машинах:

– з'єднання стальних деталей з деталями із легких сплавів та пластмас.

1.3. Вихідні дані

У таблиці 1.1. для кожного варіанту наведені по дві посадки для яких необхідно зобразити схеми розташування полів допусків отвору та вала, вказавши на схемах граничні відхилення. Розрахуйте найбільші та найменші розміри отворів та валів, найбільші та найменші зазори або натяги, а також допуск посадки. Опишіть характеристики заданих посадок, і вкажіть, чи с вони посадками переважного використання.

Таблиця 1.1

Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	Спряження		Варіант	Спряження	
	Завдання 1	Завдання 2		Завдання 1	Завдання 2
1	$\emptyset\ 30\ H7/e8$	$\emptyset\ 85\ H7/n6$	16	$\emptyset\ 50\ H6/f6$	$\emptyset\ 60\ K7/h8$
2	$\emptyset\ 50\ H6/h5$	$\emptyset\ 100\ H7/p6$	17	$\emptyset\ 12\ H8/d9$	$\emptyset\ 100\ N8/h7$
3	$\emptyset\ 18\ H8/u8$	$\emptyset\ 50\ M7/h6$	18	$\emptyset\ 24\ H9/d9$	$\emptyset\ 100\ U8/h7$
4	$\emptyset\ 63\ H9/d9$	$\emptyset\ 80\ H7/f6$	19	$\emptyset\ 36\ H10/h9$	$\emptyset\ 85\ P6/h5$
5	$\emptyset\ 42\ E9/h8$	$\emptyset\ 24\ H6/h5$	20	$\emptyset\ 72\ H11/h11$	$\emptyset\ 86\ Js5/h4$

6	$\emptyset\ 55\ F9/h8$	$\emptyset\ 12\ H6/r5$	21	$\emptyset\ 25\ H7/g6$	$\emptyset\ 64\ H7/k6$
7	$\emptyset\ 100\ D11/h11$	$\emptyset\ 36\ H7/s6$	22	$\emptyset\ 50\ K7/h6$	$\emptyset\ 44\ Js7/h6$
8	$\emptyset\ 60\ F8/h6$	$\emptyset\ 50\ H7/t6$	23	$\emptyset\ 74\ H8/js7$	$\emptyset\ 26\ G7/h6$
9	$\emptyset\ 60\ K7/h6$	$\emptyset\ 25\ H8/u8$	24	$\emptyset\ 24\ H7/m6$	$\emptyset\ 44\ S7/h6$
10	$\emptyset\ 40\ G6/h5$	$\emptyset\ 100\ H8/x8$	25	$\emptyset\ 42\ G5/h4$	$\emptyset\ 12\ H6/js6$
11	$\emptyset\ 100\ H8/z8$	$\emptyset\ 20\ R8/h6$	26	$\emptyset\ 66\ M7/h6$	$\emptyset\ 40\ F8/h7$
12	$\emptyset\ 80\ M8/h7$	$\emptyset\ 80\ H11/c11$	27	$\emptyset\ 120\ H8/n7$	$\emptyset\ 18\ G5/h4$
13	$\emptyset\ 65\ H7/e8$	$\emptyset\ 78\ K6/h5$	28	$\emptyset\ 64\ H7/f7$	$\emptyset\ 38\ H8/m7$
14	$\emptyset\ 22\ Js6/h7$	$\emptyset\ 75\ H11/d11$	29	$\emptyset\ 85\ E9/h9$	$\emptyset\ 34\ N6/h5$
15	$\emptyset\ 40\ H7/g6$	$\emptyset\ 80\ P7/h6$	30	$\emptyset\ 76\ T7/h6$	$\emptyset\ 48\ H7/e7$

1.4. Приклад виконання роботи

Визначити граничні розміри отвору та вала, найбільший та найменший зазори (натяги), а також допуск для посадки $\emptyset\mathbf{45}\ \boldsymbol{H8/d9}$.

Розв'язок.

За ДСТУ ISO 286-2:2022 [20] або табл. Д.3.1 – Д.3.10; табл. Д.4.1 – Д.4.11 знаходимо граничні відхилення для:

– отвору $\emptyset\mathbf{45}\ \boldsymbol{H7}$: $ES = 39$ мкм, $EI = 0$ мкм.

– вала $\emptyset\mathbf{45}\ \boldsymbol{f7}$: $es = -80$ мкм, $ei = -142$ мкм.

Номінальний розмір з'єднання $D = d = 45$ мм. Граничні розміри отвору та валу визначаємо за формулами (1.1) та (1.2):

$$D_{max} = D + ES = 45 + 0{,}039 = 45{,}039 \text{ мм};$$

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

$$d_{max} = d + es = 45 + (-0{,}080) = 44{,}920 \text{ мм};$$

$$d_{min} = d + ei = 45 + (-0{,}142) = 44{,}858 \text{ мм}.$$

Допуски отвору та вала – за формулою (1.3):

$$T_D = D_{max} - D_{min} = 45{,}039 - 45 = 0{,}039 \text{ мм} = 39 \text{ мкм};$$

$$T_d = d_{max} - d_{min} = 44{,}920 - 44{,}858 = 0{,}062 \text{ мм} = 62 \text{ мкм}.$$

Граничні зазори посадки знаходимо за формулами (1.5) та (1.6):

$$S_{max} = ES - ei = 39 - (-142) = 181 \text{ мкм} = 0{,}181 \text{ мм};$$

$$S_{min} = EI - es = 0 - (-80) = 80 \text{ мкм} = 0{,}080 \text{ мм}.$$

Так як посадка з зазором, то граничних натягів не виникає і їх можна не обраховувати.

Допуск посадки за (1.9):

$$T = T_S = S_{max} - S_{min} = 181 - 80 = 101 \text{ мкм}.$$

Або:

$$T = T_D + T_d = 39 + 62 = 101 \text{ мкм}.$$

Опис характеристик заданої посадки $\emptyset 45\ H8/d9$

Посадки H/d та D/h характеризуються великим гарантованим зазором, який дозволяє компенсувати значні відхилення розташування поверхонь, які спряжуються, і температурні деформації та забезпечити вільне переміщення деталей або їхнє регулювання та складання. Посадка H8/d9**,** призначена для з'єднань з невисокими вимогами до точності. Приклади: трансмісійні вали в підшипниках; холості шківи на валах; сальники, поршні в циліндрах компресорів.

Посадка H8/d9 виконана в системі отвору і є посадкою переважного використання ДСТУ ISO 286-2:2022 [20].

Схема полів допусків посадки $\boldsymbol{\emptyset 45\ H8/d9}$ зображена на рис. 1.4.

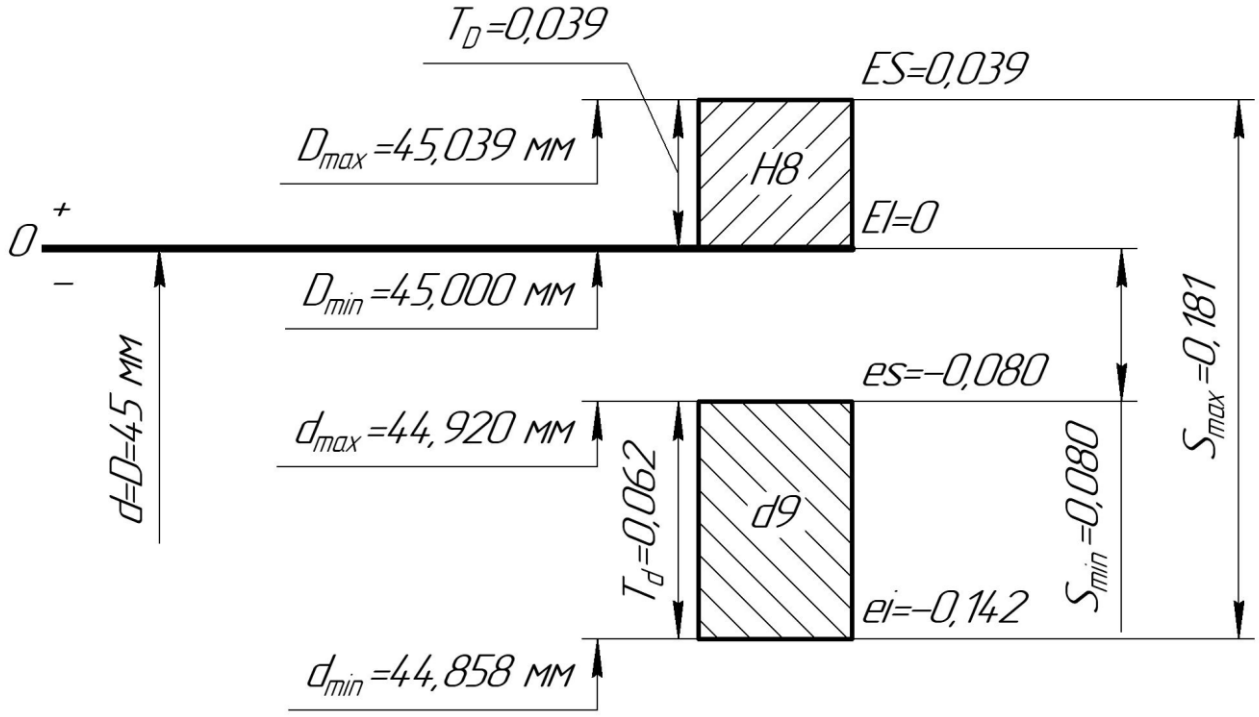


Рис. 1.4. Схема полів допусків посадки $\emptyset 45\ H8/d9$

1.5. Контрольні запитання

1. Зміст понять: розмір номінальний, дійсний, граничний.

2. Що називають допуском? Формули для обчислення допуску. Поле допуску.

3. Що називають відхиленням розміру? Види відхилень. Основні відхилення в ЄСДП.

4. Визначення посадки. Види посадок та їх параметри.

5. Що називають квалітетом і як визначають допуски для різних квалітетів?

6. Утворення посадок в ЄСДП. Система отвору та вала.

7. Графічне зображення схем полів допусків посадок.

8. Позначення полів допусків, відхилень та посадок на кресленнях.