

МОДУЛЬ 1

СТАНДАРТИЗАЦІЯ, УНІФІКАЦІЯ ТА ОСНОВИ ДОПУСКІВ І ПОСАДОК

ТЕМА. СУТНІСТЬ І ЗНАЧЕННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

ПОНЯТІЙНИЙ АПАРАТ:

стандартизація; стандарт; нормативний документ; об'єкт стандартизації; національний стандарт; міжнародний стандарт; технічні умови; взаємозамінність; якість продукції; сумісність; безпечність продукції.

Стандартизація — це діяльність зі встановлення положень, правил, норм і вимог для багаторазового застосування з метою впорядкування виробництва, підвищення якості продукції, безпечності, сумісності та взаємозамінності.

Простими словами:

Стандартизація потрібна для того, щоб деталі, машини, кресленики, різьби, інструменти та вимірювальні засоби були зрозумілими й сумісними незалежно від підприємства, яке їх виготовляє.

ПРИКЛАД

Позначення різьби:

M10

означає метричну різьбу номінальним діаметром

10 мм.

Якщо болт має різьбу M10, то до нього повинна

підійти стандартна гайка M10. Це можливо завдяки стандартизації.

Основна мета стандартизації — створити єдині вимоги до продукції, процесів і послуг.

Стандартизація забезпечує:

- безпечність продукції;
- якість виробів;
- сумісність деталей;
- взаємозамінність складових;
- зменшення кількості типорозмірів;
- економію матеріалів;
- спрощення виробництва;
- можливість ремонту;
- точність вимірювань;
- однакове оформлення технічної документації.

СХЕМА ЗНАЧЕННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Стандартизація

Єдині правила і вимоги

Сумісність деталей і виробів

Взаємозамінність

Швидке складання та ремонт

Вища якість і нижча собівартість

Об'єкт стандартизації — це продукція, процес, послуга або метод, для якого встановлюють вимоги.

У машинобудуванні стандартизують:

Об'єкт	Приклад
Деталі	Болти, гайки, шпонки, підшипники
Матеріали	Сталь 45, сталь 40X, чавун СЧ20
Різьби	Метрична різьба M12×1,75
Допуски і посадки	H7/h6, H7/g6, H7/p6
Шорсткість	Ra 0,8; Ra 3,2
Кресленики	Формати аркушів, лінії, шрифти, основний напис
Технологічні процеси	Типові маршрути обробки валів, втулок, корпусів
Засоби вимірювання	Штангенциркулі, мікрометри, калібри
Верстати й інструменти	Конуси Морзе, різальні пластини, оправки
Правила безпеки	Вимоги до роботи на верстатах

Основні позначення

ISO — міжнародний стандарт

EN — європейський стандарт

ДСТУ — національний стандарт України

Рівень	Характеристика	Приклад
Міжнародний	Застосовується у багатьох країнах	ISO
Європейський	Застосовується в країнах Європи	EN
Національний	Діє в межах держави	ДСТУ
Галузевий	Застосовується в окремій галузі	Стандарти підприємств машинобудування
Підприємства	Діє на конкретному підприємстві	Стандарт підприємства, технологічна інструкція

Нормативний документ — документ, що містить правила, вимоги або характеристики для певної продукції, процесу чи послуги.

До нормативних документів належать:

Документ	Призначення
ДСТУ	Встановлює національні вимоги
ISO	Встановлює міжнародні правила
EN	Установлює європейські вимоги
Технічні умови (ТУ)	Уточнюють вимоги до конкретної продукції
Технічне завдання (ТЗ)	Визначає вимоги до розроблення виробу
Робоче креслення	Визначає форму, розміри, матеріал, точність
Технологічна карта	Визначає послідовність виготовлення
Паспорт обладнання	Містить технічні характеристики верстата

ЗВ'ЯЗОК СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ

Стандартизація створює умови для взаємозамінності.

Стандартні розміри

+

Стандартні допуски

+

Стандартні посадки

+

Стандартні різьби

↓

Взаємозамінність деталей

СТАНДАРТНІ ВУЗЛИ + УНІФІКОВАНІ ЕЛЕМЕНТИ

↓

НОВЕ ПРИСТОСУВАННЯ АБО МАШИНА

ПРИКЛАД

Якщо підшипник має стандартизований внутрішній діаметр 25 мм, то вал під нього виготовляють за встановленою посадкою. Це дозволяє замінити підшипник без перероблення вала.

ЗНАЧЕННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ДЛЯ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ

Фахівець із прикладної механіки повинен розуміти стандарти, тому що у своїй роботі він:

- читає кресленики;
- аналізує допуски;
- підбирає підшипники;
- вибирає шпонки;
- застосовує різьбові з'єднання;
- контролює розміри;
- складає технологічну документацію;
- добирає інструмент;
- бере участь у ремонті машин;
- забезпечує безпечну експлуатацію обладнання.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке стандартизація?
2. Яка мета стандартизації в машинобудуванні?
3. Що може бути об'єктом стандартизації?
4. Які рівні стандартизації ви знаєте?
5. Що означають позначення ISO, EN і ДСТУ?
6. Що таке нормативний документ?
7. Що називають уніфікацією?
8. Що таке типізація?
9. У чому полягає агрегування?
10. Як стандартизація пов'язана із взаємозамінністю?
11. Чому стандартизація важлива під час ремонту машин?
12. Які переваги уніфікації для підприємства?

ТЕСТОВЕ ОПИТУВАННЯ

Що називають стандартизацією?

- А. Процес індивідуального припасування кожної деталі.
- Б. Діяльність зі встановлення правил, норм і вимог для багаторазового застосування.
- В. Процес фарбування готових деталей.

Яке позначення має національний стандарт України?

- А. ISO.
- Б. EN.
- В. ДСТУ.

Які об'єкти можуть стандартизуватися в машинобудуванні? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. Різьби та кріпильні деталі.
- Б. Допуски і посадки.
- В. Матеріали та їх маркування.
- Г. Лише колір обладнання.

Які твердження щодо уніфікації є правильними? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. Уніфікація зменшує кількість типорозмірів деталей.
- Б. Уніфікація ускладнює ремонт машин.
- В. Уніфікація полегшує виготовлення та складування деталей.
- Г. Уніфікація може зменшити собівартість продукції.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сірий І. С. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2009. Опис підручника та тематичне спрямування доступні на [сайті ТДАТУ.tsatu.edu](http://сайтіТДАТУ.tsatu.edu)
2. Стрельчук Р. М. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: навчальний посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2024. [Репозитарій НТУ «ХПІ».repository.kpi.kharkov](http://РепозитарійНТУ«ХПІ».repository.kpi.kharkov)
3. Цвіркун Л. О., Омельченко О. В. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: навчальний посібник. Кривий Ріг, 2022. [Електронний посібник.elibrary.donnue](http://Електроннийпосібник.elibrary.donnue)
4. Савуляк В. В., Семічаснова Н. С. **Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Курсове проєктування**. Вінниця: ВНТУ, 2018. [Електронний посібник.pdf.lib.vntu](http://Електроннийпосібник.pdf.lib.vntu)
5. ISO. **ISO 286 — Geometrical product specifications: ISO system of limits and fits**. Офіційна сторінка стандарту: [ISO 286](http://ISO286).

ЛЕКЦІЯ 2

ТЕМА. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

ПОНЯТІЙНИЙ АПАРАТ:

метод стандартизації; уніфікація; типізація; агрегування; параметрична стандартизація; параметричний ряд; ряд переважних чисел; номінальний ряд; типорозмір; стандартизована деталь; уніфікована деталь; запозичена деталь; оригінальна деталь; коефіцієнт застосовності; коефіцієнт повторюваності; коефіцієнт уніфікації.

Методи стандартизації — це способи, за допомогою яких зменшують різноманітність виробів, уніфікують технічні рішення та встановлюють доцільні вимоги до продукції.

У машинобудуванні застосовують:

- уніфікацію;
- типізацію;
- агрегування;
- параметричну стандартизацію;
- комплексну стандартизацію;
- випереджувальну стандартизацію.

Стандартизація → Зменшення різноманітності → Повторне використання рішень → Зниження витрат → Підвищення якості та взаємозамінності

Уніфікація — раціональне скорочення кількості типорозмірів, конструкцій, марок матеріалів, деталей і вузлів шляхом використання однакових або подібних елементів.

ПРИКЛАД

Для виготовлення десяти машин можна застосувати:

10 видів болтів → невигідно

або:

M6, M8, M10 → уніфікований набір

ПЕРЕВАГИ УНІФІКАЦІЇ

- зменшення номенклатури деталей;
- зменшення кількості креслеників;
- спрощення закупівель;
- зменшення складських запасів;
- полегшення ремонту;
- зниження собівартості;
- збільшення повторюваності деталей.

ВИДИ УНІФІКАЦІЇ

Вид	Приклад
Внутрішньорозмірна	Однакові кріпильні деталі в межах одного виробу
Внутрішньогалузева	Однакові вузли в машинах однієї галузі
Міжгалузева	Стандартні підшипники, болти, електродвигуни для різних галузей
Заводська	Єдиний набір деталей на одному підприємстві
Міжнародна	Використання ISO-стандартів

Типізація — розроблення типових конструкцій, технологічних процесів, операцій, методів контролю або організаційних рішень для групи подібних об'єктів.

Агрегативання — створення різних машин, механізмів або пристроїв із уніфікованих складальних одиниць, агрегатів і модулів.

ПРИКЛАД

Технологічний пристрій може складатися з:

Базова плита + Уніфіковані опори + Пневмоциліндр + Затискач + Напрямні елементи =
Спеціальний пристрій

ПРИКЛАДИ АГРЕГАТУВАННЯ

- модульні верстати;
- складальні пристрої;
- універсально-складальні пристрої;
- автоматизовані виробничі системи;
- технологічні лінії;
- модульні конвеєри;
- роботизовані комплекси.

Параметрична стандартизація — встановлення раціональних рядів числових значень параметрів виробів.

Параметри можуть бути:

- діаметри валів;
- потужності електродвигунів;
- вантажопідйомність;
- частоти обертання;
- габарити верстатів;
- розміри підшипників;
- розміри кріпильних деталей;
- номінальні тиски.

ПРИКЛАД

Недоцільно виготовляти електродвигуни з потужністю:

1,13 кВт; 1,37 кВт; 1,58 кВт; 1,74 кВт

Доцільно застосовувати стандартний ряд:

0,75; 1,1; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0 кВт

Ряди переважних чисел — геометричні прогресії чисел, які застосовують для вибору параметрів стандартизованих виробів.

Найчастіше використовують ряди:

Ряд	Кількість чисел у десятичному інтервалі	
R5	5	1,00 → 1,60 → 2,50 → 4,00 → 6,30 → 10,00
R10	10	1,00 → 1,25 → 1,60 → 2,00 → 2,50 → 3,15 → 4,00 → 5,00 → 6,30 → 8,00 → 10,00
R20	20	
R40	40	
R80	80	

ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ

Якщо стандартний діаметр деталі може бути 20, 25, 32, 40, 50 мм, не потрібно вводити нестандартний діаметр 37 мм без технічної необхідності.

Комплексна стандартизація — встановлення узгоджених вимог не до одного елемента, а до всього комплексу взаємопов'язаних об'єктів.

ПРИКЛАД

Для виготовлення деталі «Вал» стандартизують:

Матеріал → Заготовку → Допуски → Шорсткість → Інструмент → Засоби вимірювання → Технологічну документацію

Випереджувальна стандартизація — установлення вимог, що перевищують поточний рівень розвитку техніки та орієнтовані на майбутнє.

ПРИКЛАД

Якщо сучасний верстат забезпечує точність $\pm 0,05$ мм, а новий стандарт встановлює вимогу $\pm 0,02$ мм, підприємства повинні вдосконалювати обладнання, інструмент та контроль.

ПОКАЗНИКИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ

КОЕФІЦІЄНТ ЗАСТОСОВНОСТІ

де:

$$K_z = \frac{n_c + n_y + n_{\text{зп}}}{n} \cdot 100\%$$

- n_c — кількість стандартних типорозмірів;
- n_y — кількість уніфікованих типорозмірів;
- $n_{\text{зп}}$ — кількість запозичених типорозмірів;
- n — загальна кількість типорозмірів.

КОЕФІЦІЄНТ ПОВТОРЮВАНOSTІ

де:

$$K_n = \frac{N}{n}$$

- N — загальна кількість деталей
- n — кількість типорозмірів.

КОЕФІЦІЄНТ УНІФІКАЦІЇ

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{n} \cdot 100\%$$

Чим більше значення коефіцієнтів застосовності й уніфікації, тим вищий рівень стандартизації виробу.

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Метод	Основна ідея	Приклад
Уніфікація	Зменшення кількості різновидів	Болти М6, М8, М10
Типізація	Створення типових рішень	Типовий процес виготовлення вала
Агрегативання	Створення виробів із модулів	Пристрій із базової плити та затискачів
Параметрична стандартизація	Встановлення рядів параметрів	Ряди діаметрів, потужностей
Комплексна стандартизація	Узгодження вимог до всіх елементів	Матеріал + інструмент + контроль
Випереджувальна стандартизація	Вимоги на перспективу	Підвищені вимоги до точності

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що називають методом стандартизації?
2. У чому полягає уніфікація?
3. Які переваги дає уніфікація машинобудівному підприємству?
4. Що таке типізація?
5. Наведіть приклад типового технологічного процесу.
6. Що називають агрегативанням?
7. Що таке параметрична стандартизація?
8. Для чого застосовують ряди переважних чисел?
9. Що таке комплексна стандартизація?
10. Чим випереджувальна стандартизація відрізняється від звичайної?
11. Як визначають коефіцієнт повторюваності?
12. Що показує коефіцієнт застосовності?

ТЕСТОВЕ ОПИТУВАННЯ

Що називають уніфікацією?

- А. Збільшення кількості різновидів деталей.
- Б. Скорочення кількості типорозмірів деталей і вузлів.
- В. Вимірювання розмірів готового виробу.

Який метод стандартизації передбачає створення виробів із типових вузлів і модулів?

- А. Агрегативання.
- Б. Типізація.
- В. Контроль якості.

Які приклади належать до параметричної стандартизації? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. Стандартні ряди діаметрів валів.
- Б. Стандартні ряди потужностей електродвигунів.
- В. Ряди частот обертання шпинделів.
- Г. Виготовлення кожного болта за індивідуальним розміром.

Які твердження щодо типізації є правильними? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. Типізація передбачає розроблення типових технологічних процесів.
- Б. Типізація застосовується лише до вимірювальних приладів.
- В. Типізація дає змогу скоротити час розроблення технології.
- Г. Типізація може застосовуватися для групи подібних деталей.

ЛЕКЦІЯ 3

ТЕМА. СТАНДАРТИЗАЦІЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ТА ЄДНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ

ПОНЯТІЙНИЙ АПАРАТ:

якість продукції; показник якості; одиничний показник якості; комплексний показник якості; технічний рівень; надійність; довговічність; ремонтпридатність; технічний контроль; метрологія; вимірювання; єдність вимірювань; засіб вимірювальної техніки; похибка вимірювання; повірка; калібрування; метрологічна простежуваність.

ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

Якість продукції — сукупність властивостей виробу, що визначають його здатність задовольняти встановлені потреби відповідно до призначення.

Для машинобудівної продукції якість визначається не одним показником, а сукупністю характеристик.

Якість деталі

↓
Точність розмірів
+ Точність форми
+ Шорсткість
+ Матеріал
+ Міцність
+ Надійність
+ Довговічність
+ Безпечність
+ Ремонтпридатність

ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ

Група показників	Що характеризує	Приклад
Призначення	Виконання основної функції	Потужність, продуктивність
Надійності	Здатність працювати без відмов	Напрацювання до відмови
Довговічності	Тривалість роботи до граничного стану	Ресурс, строк служби
Ремонтпридатності	Зручність ремонту	Час заміни підшипника
Технологічності	Зручність виготовлення	Кількість операцій
Стандартизації	Рівень використання стандартних елементів	Коефіцієнт уніфікації
Ергономічні	Зручність і безпечність роботи людини	Зручність органів керування
Екологічні	Вплив на довкілля	Рівень викидів, відходів
Економічні	Витрати на виготовлення та експлуатацію	Собівартість

Технічний рівень продукції — відносна характеристика якості, що ґрунтується на порівнянні показників оцінюваного виробу з базовими значеннями.

ПРИКЛАД

Якщо новий верстат:

- точніший;
- продуктивніший;
- споживає менше енергії;
- має меншу масу;
- дешевший в обслуговуванні,

то його технічний рівень вищий за базовий.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ

Технічний контроль — перевірка відповідності продукції встановленим вимогам.

Контроль виконують:

- під час надходження матеріалів;
- після окремих операцій;
- після завершення виготовлення;
- перед складанням;
- після складання;
- під час експлуатації або ремонту.

Вид контролю	Коли виконується	Приклад
Вхідний	Під час надходження матеріалів	Перевірка прокату
Операційний	Після операції	Контроль діаметра після точіння
Приймальний	Після виготовлення	Контроль готової деталі
Суцільний	Перевіряють усі деталі	Контроль відповідальних деталей
Вибірковий	Перевіряють частину партії	Контроль кріпильних деталей
Руйнівний	Деталь руйнують під час випробувань	Випробування зразка на міцність
Неруйнівний	Деталь не руйнують	Ультразвуковий контроль

Метрологія — наука про вимірювання, методи та засоби забезпечення їх єдності й потрібної точності.

Метрологія потрібна для того, щоб вимірювання на різних підприємствах давали порівнювані та достовірні результати.

ПРИКЛАД

Якщо мікрометр на одному підприємстві показує 25,00 мм, а на іншому — 25,08 мм для тієї самої деталі, виникає проблема. Єдність вимірювань потрібна для того, щоб результат 25,00 мм означав одне й те саме всюди.

Єдність вимірювань — стан вимірювань, за якого їх результати виражені в установлених одиницях, а похибки вимірювань відомі з заданою ймовірністю.

Єдина одиниця вимірювання + Справний вимірювальний прилад + Відома похибка + Правильна методика = Достовірний результат

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Засіб	Призначення	Орієнтовна точність
Лінійка	Грубі лінійні вимірювання	1 мм
Штангенциркуль	Зовнішні, внутрішні розміри, глибина	0,1; 0,05; 0,02 мм
Мікрометр	Точні зовнішні розміри	0,01 мм
Нутромір	Вимірювання отворів	0,01 мм
Індикатор годинникового типу	Вимірювання малих переміщень, биття	0,01 мм
Калібр-скоба	Контроль зовнішнього діаметра	Придатна/непридатна
Калібр-пробка	Контроль отвору	Придатний/непридатний
Кутомір	Вимірювання кутів	Залежить від типу
Шаблон	Контроль профілю або радіуса	Якісний контроль

8. ПОХИБКА ВИМІРЮВАННЯ

Похибка вимірювання — відхилення результату вимірювання від істинного або прийнятого за істинний значення.

$$\nabla = X_{\text{вим}} - X_{\text{дійсн}}$$

де:

- $X_{\text{вим}}$ — результат вимірювання;
- $X_{\text{дійсн}}$ — дійсний розмір;
- ∇ — похибка.

ДЖЕРЕЛА ПОХИБОК

Джерело	Приклад
Засіб вимірювання	Зношені губки штангенциркуля
Метод вимірювання	Неправильне встановлення деталі
Оператор	Надмірне зусилля під час вимірювання
Температура	Нагріта після обробки деталей
Поверхня деталі	Задирки, шорсткість, забруднення
Зовнішні умови	Вібрація, пил, волога

Повірка — підтвердження відповідності засобу вимірювання встановленим метрологічним вимогам.

Калібрування — визначення співвідношення між показами вимірювального засобу та відомими значеннями еталона.

Простими словами:

- повірка відповідає на питання: «**Чи можна цим приладом користуватися?**»;
- калібрування відповідає на питання: «**Наскільки покази приладу відрізняються від еталона?**»

ЗВ'ЯЗОК СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Стандарти → Єдині одиниці та методики → Повірені засоби вимірювання → Достовірні результати → Правильний технічний контроль → Якісна продукція

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке якість продукції?
2. Які показники якості застосовують у машинобудуванні?
3. Що характеризує надійність?
4. Що характеризує ремонтпридатність?
5. Що називають технічним контролем?
6. Які види технічного контролю ви знаєте?
7. Що таке метрологія?
8. Що означає єдність вимірювань?
9. Що таке похибка вимірювання?
10. Які чинники можуть спричинити похибку вимірювання?
11. Чим повірка відрізняється від калібрування?
12. Чому деталь не можна вимірювати відразу після інтенсивної механічної обробки?

ТЕСТОВЕ ОПИТУВАННЯ

Що називають технічним контролем?

- А. Перевірку відповідності продукції встановленим вимогам.
- Б. Процес фарбування готової продукції.
- В. Зберігання деталей на складі.

Який засіб вимірювання найдоцільніше застосувати для контролю зовнішнього діаметра вала з точністю до 0,01 мм?

- А. Мікрометр.
- Б. Лінійка.
- В. Рулетка.

Які фактори можуть спричинити похибку вимірювання? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. Нагрівання деталі.
- Б. Зношування вимірювального приладу.
- В. Наявність задирок на поверхні.
- Г. Правильне встановлення деталі.

Які твердження щодо єдності вимірювань є правильними? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. Результати мають бути виражені у встановлених одиницях.
- Б. Похибка вимірювання повинна бути відомою або оціненою.
- В. Для єдності вимірювань не потрібні справні прилади.
- Г. Єдність вимірювань забезпечує порівнюваність результатів..

ЛЕКЦІЯ 4

ТЕМА. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО РОЗМІРИ, З'ЄДНАННЯ, ДОПУСКИ ТА ПОСАДКИ

ПОНЯТІЙНИЙ АПАРАТ:

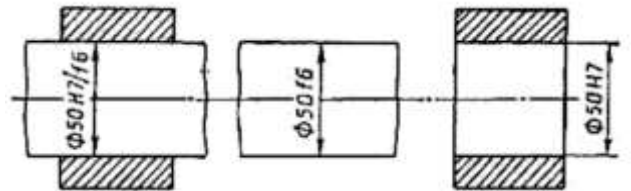
номінальний розмір; дійсний розмір; граничний розмір; найбільший граничний розмір; найменший граничний розмір; верхнє відхилення; нижнє відхилення; допуск; поле допуску; нульова лінія; квалітет; отвір; вал; з'єднання; зазор; натяг; посадка; посадка із зазором; перехідна посадка; посадка з натягом.

Номінальний розмір — розмір, указаний на кресленику, від якого визначають відхилення.

ПРИКЛАД
Ø50

Номінальний діаметр отвору або вала дорівнює:

$$D = d = \text{Ø}50 \text{ мм}$$

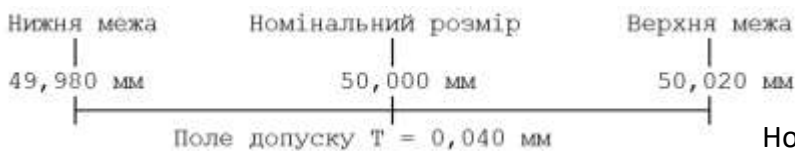


Дійсний розмір — розмір, установлений вимірюванням деталі.

Наприклад, після вимірювання мікрометром вал має діаметр:

49,984 мм - це і є дійсний розмір вала.

Граничні розміри — найбільший і найменший допустимі розміри деталі.



Номінальний розмір: Ø50 мм
Допустимий розмір: Ø50 ± 0,02 мм
Фактичний розмір: Ø49,990 мм

Поняття	Позначення
Найбільший граничний розмір отвору	$D_{\max}$
Найменший граничний розмір отвору	$D_{\min}$
Найбільший граничний розмір вала	$d_{\max}$
Найменший граничний розмір вала	$d_{\min}$

Для придатної деталі виконується:

Найменший граничний розмір $\leq$ дійсний розмір $\leq$ найбільший граничний розмір

Відхилення — алгебраїчна різниця між граничним або дійсним розміром і номінальним розміром.

ДЛЯ ОТВОРУ	ДЛЯ ВАЛА
$ES = D_{\max} - D$	$es = d_{\max} - d$
$EI = D_{\min} - D$	$ei = d_{\min} - d$
де:	де:
ES — верхнє відхилення отвору; EI — нижнє відхилення отвору.	es — верхнє відхилення вала; ei — нижнє відхилення вала.

Допуск — різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами.

Для отвору:

$$T_D = D_{\max} - D_{\min}$$

або:

$$T_D = ES - EI$$

Для вала:

$$T_d = d_{\max} - d_{\min}$$

або:

$$T_d = es - ei$$

ПРИКЛАД

Отвір:

$$\begin{aligned} \varnothing 30 \text{ } +0,021 / 0 \text{ мм} \\ D_{\max} = 30,021 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$D_{\min} = 30,000 \text{ мм}$$

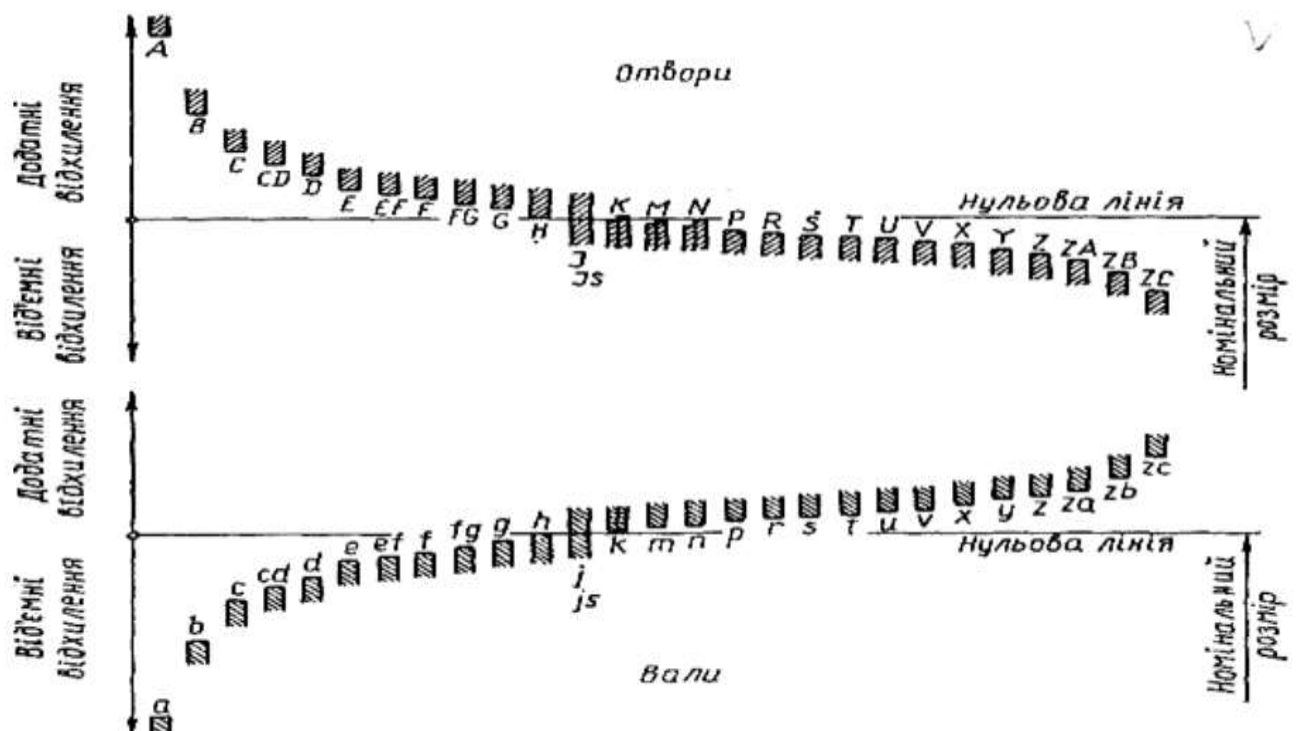
$$T_D = 30,021 - 30,000 = 0,021 \text{ мм}$$

Способи визначення значень відхилень:

1. За класичними таблицями допусків і посадок (ДСТУ ISO 286);
2. За мобільними додатками **калькулятори допусків** (на кшталт Tolerance, ISO Limits and Fits тощо)

Нульова лінія — лінія, що відповідає номінальному розміру.

Від нульової лінії відкладають верхні та нижні відхилення.



Поле допуску — зона між верхнім і нижнім відхиленнями.

Верхнє відхилення

Поле допуску .

Нижнє відхилення

Положення поля допуску відносно нульової лінії визначається основним відхиленням.

Квалітет — ступінь точності, що характеризується встановленою величиною допуску. Позначається ІТ. Цифра — це **квалітет**, тобто **ступінь точності**.

В системі допусків і посадок передбачено **20** квалітетів

Квалітети позначають: **ІТ01, ІТ0, ІТ1 — ІТ18** (або просто 01, 0, 1, ..., 18).

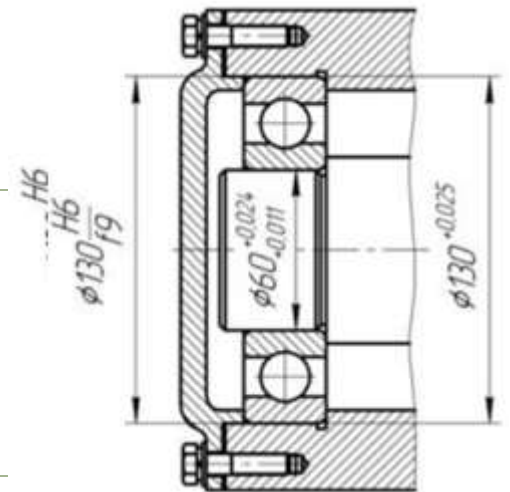
- **ІТ01 – ІТ4** —ультраточна доводка
 - **ІТ5 – ІТ7** — фінішна обробка
 - **ІТ8 – ІТ10** — чистова обробка
 - **ІТ13 – ІТ18** — чорнова обробка
- Чим менший номер квалітету, тим менший допуск і вища точність.

Чим менша цифра квалітету — тим вища точність.

ОТВІР І ВАЛ

У системі допусків терміни «отвір» і «вал» мають ширше значення, ніж звичайні отвори та вали.

Термін	Пояснення
Отвір	Внутрішній елемент деталі або з'єднання
Вал	Зовнішній елемент деталі або з'єднання



ПРИКЛАДИ

Отвір:

- отвір у корпусі;
- внутрішній діаметр втулки;
- внутрішня поверхня маточини шків.

Вал:

- зовнішня шийка вала;
- зовнішня поверхня пальця;
- зовнішній діаметр втулки.

ЗАЗОР

Зазор — додатна різниця між розміром отвору і розміром вала.

$$S = D - d$$

Якщо:

$$D > d$$

то утворюється зазор.

НАТЯГ

Натяг — додатна різниця між розміром вала і розміром отвору до складання.

$$N = d - D$$

Якщо:

$$d > D$$

то утворюється натяг.

ПРИКЛАД

Отвір: 30,020 мм

Вал: 29,990 мм

$$S = 30,020 - 29,990 = 0,030 \text{ мм}$$

ПРИКЛАД

Вал: 30,020 мм

Отвір: 30,000 мм

$$N = 30,020 - 30,000 = 0,020 \text{ мм}$$

ПОСАДКА ІЗ ЗАЗОРОМ

$$D_{\min} > d_{\max}$$

ПОСАДКА З НАТЯГОМ

$$d_{\min} > D_{\max}$$

ПОСАДКИ

Посадка — характер з'єднання отвору й вала, який визначається різницею їхніх розмірів.

Вид посадки	Характеристика
Із зазором	Отвір завжди більший за вал
Перехідна	Може бути малий зазор або малий натяг
З натягом	Вал завжди більший за отвір

ПЕРЕХІДНА ПОСАДКА

Поля допусків отвору та вала частково перекриваються.

ПОЗНАЧЕННЯ ПОСАДКИ

Ø40 H7/h6

де:

- Ø40 — номінальний розмір;
- H7 — поле допуску отвору;
- h6 — поле допуску вала;
- велика літера — отвір;
- мала літера — вал;
- цифра — квалітет.

ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОСАДОК

З'єднання	Характер посадки	Приклад
Вал у втулці ковзання	Із зазором	Рухомий вал
Палець у важелі	Із зазором	Шарнір
Шків на валу зі шпонкою	Перехідна	Точне центрування
Зубчасте колесо на валу	Перехідна або натяг	Передавання моменту
Втулка в корпусі	З натягом	Нерухоме з'єднання
Підшипник на валу	Натяг або перехідна	Залежить від умов роботи

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що називають номінальним розміром?
2. Що таке дійсний розмір?
3. Які розміри називають граничними?
4. Що таке верхнє та нижнє відхилення?
5. Як визначають допуск?
6. Що називають полем допуску?
7. Що таке нульова лінія?
8. Що характеризує квалітет?
9. Що називають отвором і валом у системі допусків?
10. Що таке зазор?
11. Що таке натяг?
12. Які існують види посадок?
13. Як читається позначення Ø40 H7/h6?

ТЕСТОВЕ ОПИТУВАННЯ

Що називають допуском розміру?

- А. Різницю між найбільшим і найменшим граничними розмірами.
- Б. Різницю між номінальним розміром і масою деталі.
- В. Будь-яку похибку вимірювання.

Яке твердження є правильним для посадки із зазором?

- А. Вал завжди більший за отвір.
- Б. Отвір завжди більший за вал.
- В. Отвір і вал завжди мають однаковий дійсний розмір.

Які твердження щодо квалітетів є правильними? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. Квалітет визначає ступінь точності розміру.
- Б. IT6 є точнішим за IT10.
- В. Чим більший номер квалітету, тим вища точність.
- Г. IT12–IT18 застосовують для грубих поверхонь.

Які твердження щодо граничних розмірів є правильними? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. Дійсний розмір придатної деталі повинен перебувати між граничними розмірами.
- Б. Граничні розміри визначають допустимий інтервал розміру.
- В. Дійсний розмір завжди має дорівнювати номінальному.
- Г. Деталь, розмір якої вийшов за межі граничних розмірів, вважають браком.

ЛЕКЦІЯ 5

ТЕМА. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ

ПОНЯТІЙНИЙ АПАРАТ:

система допусків і посадок; система отвору; система вала; основний отвір; основний вал; основне відхилення; фундаментальне відхилення; квалітет; посадка із зазором; перехідна посадка; посадка з натягом; максимальний зазор; мінімальний зазор; максимальний натяг; мінімальний натяг; схема полів допусків; умовне позначення посадки.

СИСТЕМА ДОПУСКІВ І ПОСАДОК

Система допусків і посадок — сукупність стандартних полів допусків отворів і валів, призначених для утворення посадок різного характеру.

Вона дає змогу не розраховувати кожне з'єднання «з нуля», а вибирати готові стандартизовані посадки.

Номинальний діаметр + Квалітет отвору + Квалітет вала + Основні відхилення =
Посадка

ПРИКЛАД
Ø30 H7/g6

означає з'єднання номінальним діаметром 30 мм, отвір H7 і вал g6.

Основне відхилення — одне з двох граничних відхилень, що визначає положення поля допуску відносно нульової лінії.

Позначають літерами:

Отвори: A, B, C ... H, JS, K ... ZC
Вали: a, b, c ... h, js, k ... zc

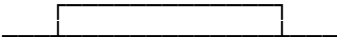
Великі літери належать отворам, малі — валам.

Система отвору — система посадок, у якій для різних з'єднань використовують основний отвір із полем допуску H.

Для отвору H:

$EI = 0$

Нижня межа поля допуску отвору збігається з нульовою лінією.

Отвір H
 Нульова лінія

Характер посадки змінюють вибором вала.

ПЕРЕВАГИ СИСТЕМИ ОТВОРУ

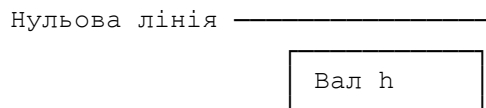
- отвори обробляють стандартними свердлами, зенкерами, розвертками, протяжками;
- простіше змінювати розмір вала точінням або шліфуванням;
- зменшується номенклатура різального інструмента;
- система широко застосовується у машинобудуванні.

Система вала — система посадок, у якій основним є вал із полем допуску h .

Для вала h :

$$es = 0$$

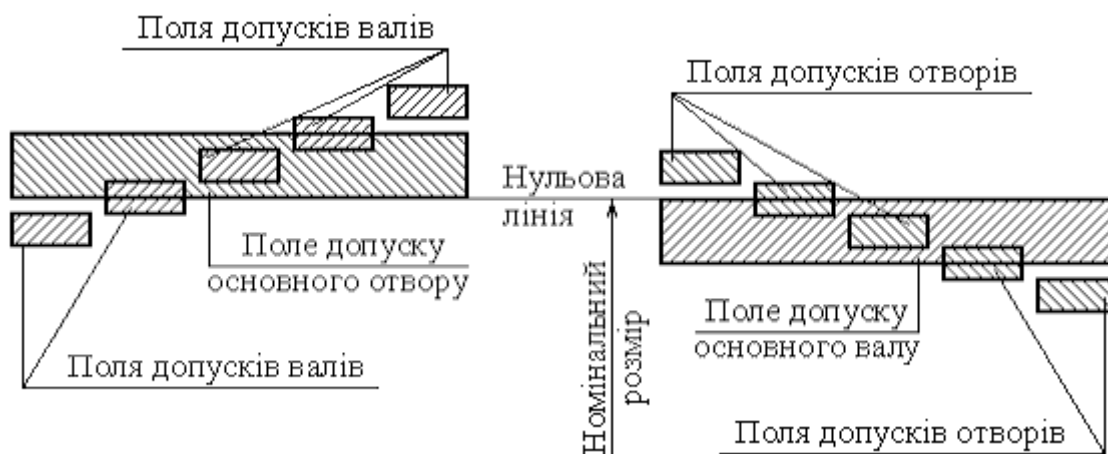
Верхня межа поля допуску вала збігається з нульовою лінією.



Характер посадки змінюють вибором отвору.

КОЛИ ЗАСТОСОВУЮТЬ СИСТЕМУ ВАЛА

- на одному валу встановлюють кілька деталей із різними посадками;
- вал має стандартний готовий розмір;
- застосовують калібрований прокат;
- економічно доцільно обробляти отвори, а не вал.



ВИДИ ПОСАДОК

Вид посадки	Умова	Характеристика
Із зазором	$d_{min} > d_{max}$	Отвір завжди більший за вал
Перехідна	Поля допусків частково перекриваються	Можливий зазор або натяг
З натягом	$d > D_{max}$	Вал завжди більший за отвір

Основні відхилення

ВАЛИ																											
верхнє відхилення es (–)											нижнє відхилення ei (+)																
a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
← посадки з зазором											перехідні посадки					посадки з зазором →											
A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
нижнє відхилення EI (+)											верхнє відхилення ES (–)																
ОТВОРИ																											

ПОСАДКИ ІЗ ЗАЗОРОМ

Посадка із зазором забезпечує відносне переміщення деталей.

Застосовують для:

- валів у підшипниках ковзання;
- напрямних;
- шарнірів;
- рухомих пальців;
- механізмів, що повинні обертатися або переміщуватися.

ПРИКЛАДИ

Посадка **Орієнтовне застосування**

H8/f7 Легкохідні з'єднання

H7/g6 Точні рухомі з'єднання

H7/h6 Точні посадки з малим зазором

H9/d9 Вільні рухомі з'єднання

ФОРМУЛИ ЗАЗОРІВ

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$$

ПЕРЕХІДНІ ПОСАДКИ

Перехідні посадки забезпечують точне центрування деталей. Під час складання може утворитися невеликий зазор або невеликий натяг.

Застосовують для:

- шківів;
- зубчастих коліс;
- муфт;
- фланців;
- втулок;
- маточин;
- деталей, які потрібно точно центрувати.

ПРИКЛАДИ

Посадка **Орієнтовне застосування**

H7/js6 Точне центрування

Посадка Орієнтовне застосування

H7/k6 Шків, муфти, втулки

H7/m6 Точні з'єднання з малим натягом

H7/n6 Щільні перехідні з'єднання

ФОРМУЛИ

Найбільший можливий зазор:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$$

Найбільший можливий натяг:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$$

ПОСАДКИ З НАТЯГОМ

Посадки з натягом забезпечують нерухоме з'єднання деталей без додаткового кріплення або разом із ним.

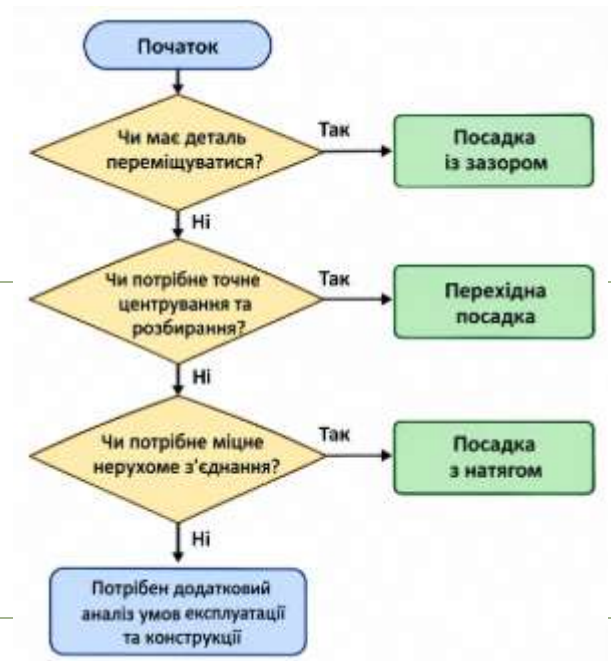
Застосовують для:

- втулок у корпусах;
- зубчастих коліс на валах;
- підшипників на валах;
- маточин;
- деталей, що передають значний крутний момент;
- деталей, які не повинні зміщуватися.

ПРИКЛАДИ

Посадка	Орієнтовне застосування
H7/p6	Нерухомі з'єднання
H7/r6	Щільні з'єднання
H7/s6	Пресові з'єднання
H7/u6	Особливо міцні з'єднання

Алгоритм вибору посадки



ФОРМУЛИ НАТЯГІВ

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$$

ВИБІР ПОСАДКИ ЗАЛЕЖНО ВІД ПРИЗНАЧЕННЯ

З'єднання	Характер посадки	Орієнтовний варіант
Вал у втулці ковзання	Із зазором	H7/g6
Палець у шарнірі	Із зазором	H8/f7
Шків на валу зі шпонкою	Перехідна	H7/k6
Муфта на валу	Перехідна	H7/k6 або H7/m6
Зубчасте колесо на валу	Перехідна/натяг	H7/m6 або H7/p6
Втулка в корпусі	Натяг	H7/p6
Підшипник на валу	Натяг/перехідна	Залежить від навантаження і режиму роботи

РОЗРАХУНОК ПОСАДКИ

Для виконання розрахунку потрібно:

1. визначити номінальний розмір;
2. вибрати посадку;
3. знайти в таблиці відхилення отвору;
4. знайти в таблиці відхилення вала;
5. розрахувати граничні розміри;
6. визначити зазор або натяг;
7. побудувати схему полів допусків;
8. зробити висновок.

ПРИКЛАД

Посадка:

Ø40 H7/k6

Далі за таблицями стандарту визначають:

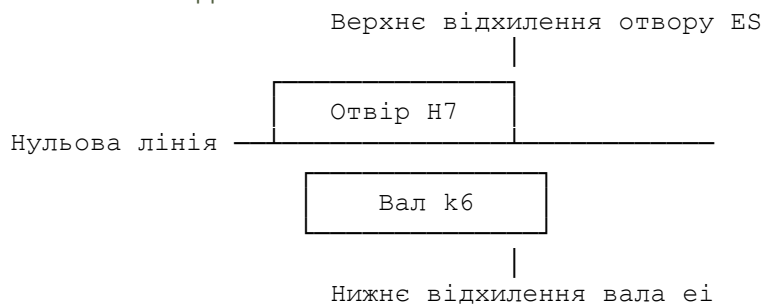
- ES, EI для H7;
- es, ei для k6.

Після цього обчислюють:

D_{max} , D_{min} , d_{max} , d_{min}

і визначають характер з'єднання.

СХЕМА ПОЛІВ ДОПУСКІВ



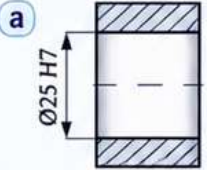
Якщо поля перекриваються — посадка перехідна.

Якщо поле вала нижче поля отвору — посадка із зазором.

Якщо поле вала вище поля отвору — посадка з натягом.

Отвір

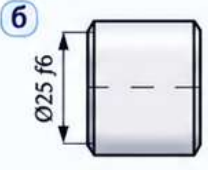
а



Верхнє відхилення: $ES = +21$ мкм
Нижнє відхилення: $EI = 0$
Допуск: $T_D = ES - EI = +21 - 0 = 21$ мкм

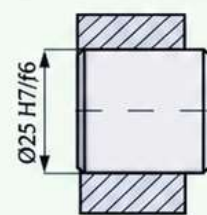
Вал

б



Верхнє відхилення: $es = -20$ мкм
Нижнє відхилення: $ei = -33$ мкм
Допуск: $T_d = es - ei = -20 - (-33) = 13$ мкм

В Посадка із зазором



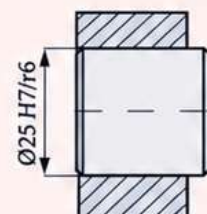
Параметри отвору:
 $ES = +21$ мкм
 $EI = 0$
 $T_D = 21$ мкм

Параметри вала:
 $es = -20$ мкм
 $ei = -33$ мкм
 $T_d = 13$ мкм

Найбільший і найменший зазори:
 $S_{\max} = ES - ei = +21 - (-33) = 54$ мкм
 $S_{\min} = EI - es = 0 - (-20) = 20$ мкм

Допуск посадки:
 $TS = S_{\max} - S_{\min} = 54 - 20 = 34$ мкм
або $TS = ES - ei - EI + es = T_D + T_d = 21 + 13 = 34$ мкм

Г Посадка з натягом



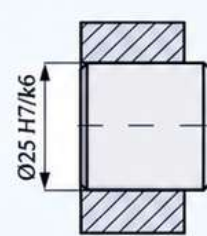
Параметри отвору:
 $ES = +21$ мкм
 $EI = 0$
 $T_D = 21$ мкм

Параметри вала:
 $es = +41$ мкм
 $ei = +28$ мкм
 $T_d = 13$ мкм

Найбільший і найменший натяги:
 $N_{\max} = es - EI = +41 - 0 = 41$ мкм
 $N_{\min} = ei - ES = +28 - 21 = 7$ мкм

Допуск посадки:
 $TN = N_{\max} - N_{\min} = 41 - 7 = 34$ мкм
або $TN = es - EI - ei + ES = T_D + T_d = 21 + 13 = 34$ мкм

Д Посадка перехідна



Параметри отвору:
 $ES = +21$ мкм
 $EI = 0$
 $T_D = 21$ мкм

Параметри вала:
 $es = +15$ мкм
 $ei = +2$ мкм
 $T_d = 13$ мкм

Найбільший і найменший натяги:
 $N_{\max} = es - EI = +15 - 0 = 15$ мкм
 $N_{\min} = ei - ES = +2 - 21 = -19$ мкм

Оскільки $N_{\min} = -19$ мкм, це означає, що замість натягу може виникнути зазор:
 $-N_{\min} = S_{\max} = 19$ мкм

Допуск посадки:
 $TN = N_{\max} - N_{\min} = 15 - (-19) = 34$ мкм
або $TN = es - EI - ei + ES = T_D + T_d = 21 + 13 = 34$ мкм

Підсумок: види посадок і умови їх вибору

Вид посадки	Умова	Результат	Позначення прикладу
Із зазором	$S_{\min} > 0$	Вал завжди менший за отвір	H7/f6
Перехідна	Можливі S або N	Може бути зазор або натяг	H7/k6
З натягом	$N_{\min} > 0$	Вал завжди більший за отвір	H7/r6

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке система допусків і посадок?
2. Що називають основним відхиленням?
3. У чому полягає система отвору?
4. У чому полягає система вала?
5. Чому система отвору застосовується частіше?
6. Які посадки називають посадками із зазором?
7. У яких випадках застосовують перехідні посадки?
8. Для чого застосовують посадки з натягом?
9. Як обчислюють найбільший і найменший зазори?
10. Як обчислюють найбільший і найменший натяги?
11. Як читається позначення $\varnothing 40 \text{ H7/k6}$?
12. Яку посадку доцільно застосувати для втулки в корпусі?
13. Яку посадку доцільно застосувати для вала у втулці ковзання?

ТЕСТОВЕ ОПИТУВАННЯ

Яка умова характерна для системи отвору?

- А. Верхнє відхилення вала $e_s = 0$.
- Б. Нижнє відхилення отвору $E_I = 0$.
- В. Верхнє відхилення отвору $E_S = 0$.

Який вид посадки доцільно застосувати для нерухомого встановлення втулки в корпусі?

- А. Посадку із зазором.
- Б. Перехідну посадку.
- В. Посадку з натягом.

Які посадки зазвичай належать до посадок із зазором? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. H7/g6.
- Б. H8/f7.
- В. H7/h6.
- Г. H7/p6.

Які твердження щодо посадок з натягом є правильними? Оберіть усі правильні відповіді.

- А. У посадці з натягом вал завжди більший за отвір.
- Б. Посадки з натягом застосовують для нерухомого з'єднання деталей.
- В. У посадці з натягом завжди забезпечується вільне обертання вала.
- Г. Посадки з натягом можуть застосовуватися для встановлення втулки в корпусі.